

Белорусский национальный технический университет
Приборостроительный факультет
Кафедра «Конструирование и производство приборов»

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой


М.Г.Киселев

25 февраля 2019 г.

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета


А.И.Свиеступ

25 февраля 2019 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО УЧЕБНОЙ
ДИСЦИПЛИНЕ

«Технологическое оборудование и оснастка в приборостроении»
для специальностей

1-38 01 01 «Механические и электромеханические приборы и
аппараты», 1-38 02 02 «Биотехнические и медицинские аппараты и системы»,
1-52 02 01 «Технология и оборудование ювелирного производства»

Составители: Габец Вячеслав Леопидович, Есьман Геннадий Аркадьевич

Рассмотрено и утверждено на заседании Совета приборостроительного
факультета 25 февраля 2019 года

Протокол № 6

ПЕРЕЧЕНЬ МАТЕРИАЛОВ

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) по учебной дисциплине «Технологическое оборудование и оснастка в приборостроении» состоит из следующих разделов:

I. Теоретический раздел:

- курс лекций.

II. Практический раздел:

- лабораторный практикум;

- методические указания к выполнению курсового проекта.

III. Контроль знаний:

- перечень вопросов, выносимых на экзамен.

IV. Вспомогательный раздел:

- учебная программа для учреждения высшего образования.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели создания ЭУМК:

Целью ЭУМК по дисциплине «Технологическое оборудование и оснастка в приборостроении» является формирование у студентов комплекса знаний по изучаемой учебной дисциплине, соответствующих академическим, социально-личностным и профессиональным компетенциям специалиста в рамках образовательных стандартов для специальностей 1-38 01 01 «Механические и электромеханические приборы и аппараты», 1-38 02 02 «Биотехнические и медицинские аппараты и системы», 1-52 02 01 «Технология и оборудование ювелирного производства».

Особенностями структурирования и подачи учебного материала являются изучение следующих теоретических материалов:

- резания материалов, компоновки металлорежущих станков и конструкции инструментов, применяемой при этом оснастки,
- методики проектирования станочных и контрольных приспособлений, обеспечения необходимой точности обработки и контроля, а также повышения производительности труда.

Практическая часть состоит из методических указаний по выполнению курсового проекта и лабораторных работ. Раздел контроля знаний содержит вопросы к экзамену. Вспомогательный раздел содержит учебную программу по дисциплине «Технологическое оборудование и оснастка в приборостроении».

Рекомендации по организации работы с ЭУМК: Материалы данного электронного учебного-методического комплекса можно использовать при выполнении лабораторных работ, выполнении курсовых проектов и технологических частей дипломных проектов (работ), связанных с технологией изготовления деталей.

Содержание

I. Теоретический раздел.....	6
Раздел 1. Технологическое оборудование и режущий инструмент в приборостроении	6
1.1. Введение. Основные понятия и определения процесса резания и классификация режущих инструментов	6
1.2. Инструментальные материалы	26
1.3. Физические основы процесса резания металлов	33
1.4. Основные сведения о станках. Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые при точении	55
1.5. Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые при обработке отверстий	80
1.6. Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые при фрезеровании	104
1.7. Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые при абразивной обработке	116
1.8. Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые в приборостроении при обработке зубчатых колес.....	144
1.9. Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые в приборостроении при нарезании резьбы	148
1.10. Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые при протягивании	154
1.11. Инструмент и оборудование для нанесения штрихов, линий и знаков.....	159
1.12. Станки с программным управлением и автоматические линии	161
Литература	174
Раздел 2. Проектирование специальных приспособлений в приборостроении	177

2.1. Роль приспособлений в приборо- и машиностроении	177
2.2. Классификация приспособлений.....	180
2.3. Основные направления в проектировании приспособлений.....	186
2.4. Элементы конструкций станочных приспособлений.....	199
2.5. Приспособления для фиксации и крепления режущего инструмента	397
2.6. Приспособления для сверлильных станков.....	407
2.7. Приспособления для токарных и круглошлифовальных станков	412
2.8. Приспособления для фрезерных станков	429
2.9. Приспособления для автоматических линий	437
2.10. Контрольные приспособления.....	439
2.11. Сборочные приспособления	444
2.12. Приспособления для групповой обработки	452
2.13. Приспособления для станков с ЧПУ и роботов.....	456
2.14. Методика конструирования специальных приспособлений ...	486
Литература	490
II. Практический раздел.....	493
Лабораторные работы (практикум).....	493
Часть 1	493
Часть 2	644
Методические указания к выполнению курсового проекта	735
III. Контроль знаний	774
IV. Вспомогательный раздел	781

I. Теоретический раздел

Раздел 1. Технологическое оборудование и режущий инструмент в приборостроении

1.1. Введение. Основные понятия и определения процесса резания и классификация режущих инструментов

подавляющее большинство деталей приборов и машин получают окончательную форму и размеры в результате механической обработки. Важная роль в этом принадлежит обработке материалов резанием, особенно в тех случаях, когда требуется получить детали с высокой точностью размеров и малой высотой микронеровностей обработанных поверхностей.

При резании материалов имеет место процесс сложного пластического деформирования, сопровождающийся выделением большого количества теплоты, трением, изнашиванием, упрочнением, вибрациями и другими физическими явлениями.

При проектировании технологического процесса изготовления деталей приборов и машин необходимо оценить эффективность разработанного процесса, показателями которого являются качество изготовленных деталей, их себестоимость, надежность процесса и его производительность. Последний показатель зависит от установленных режимов резания. Назначение режима резания невозможно без знания основных закономерностей процесса резания и явлений, происходящих в зоне деформирования и на контактных поверхностях инструмента.

Кинематические и геометрические параметры процесса резания.

Обработка резанием – это технологический процесс изготовления деталей, заключающийся в образовании новых поверхностей отделением поверхностных слоев материала с образованием стружки. Резание происходит путем внедрения в обрабатываемую заготовку режущей части

инструмента, движение которого осуществляется под действием сил привода станка. В зоне соприкосновения режущего клина инструмента и срезаемого слоя заготовки происходит сложный процесс пластического деформирования и разрушения металла, приводящий к образованию стружки и отделению ее от заготовки. На рис.1.1. дана классификация методов обработки материалов резанием на металлорежущих станках и вручную.

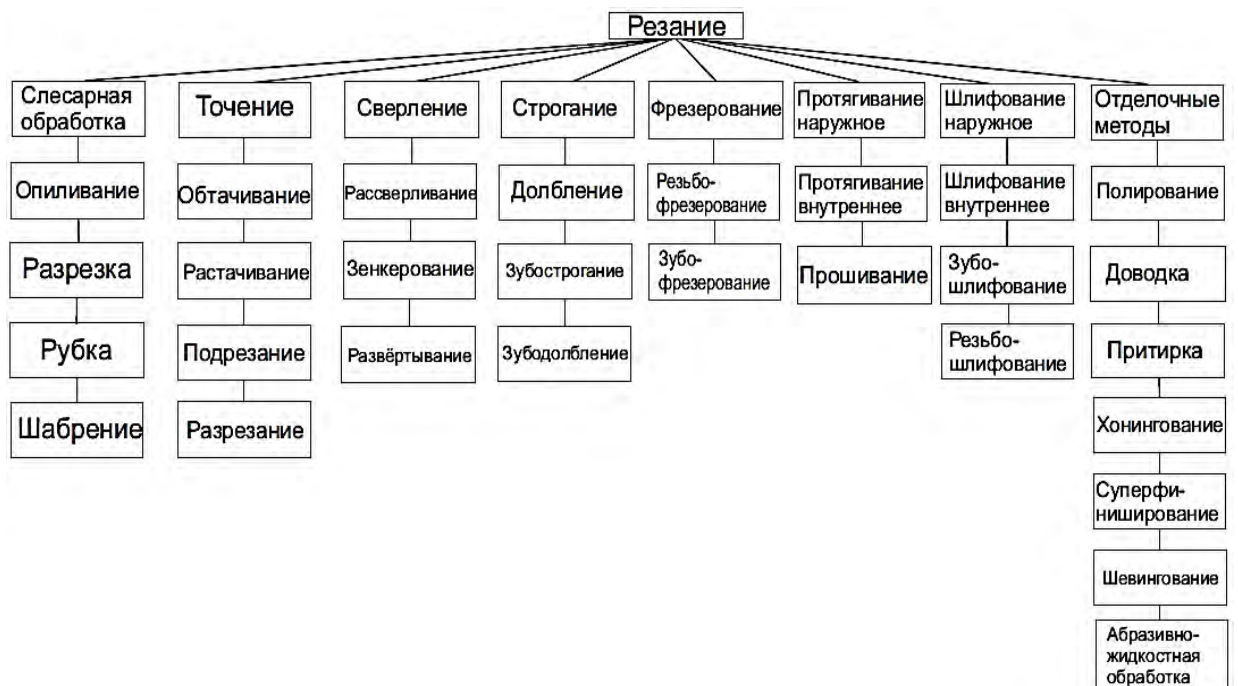


Рис.1.1. Классификация методов обработки деталей резанием

Для осуществления резания необходимо относительное движение между заготовкой и режущим инструментом. Совокупность движений, сообщаемых механизмом станка в процессе резания инструменту и заготовке, представляет кинематическую схему резания. В зависимости от количества и характера сочетаемых элементарных движений Г.И. Грановским кинематические схемы резания были систематизированы по группам:

- одно прямолинейное движение;
- два прямолинейных движения;

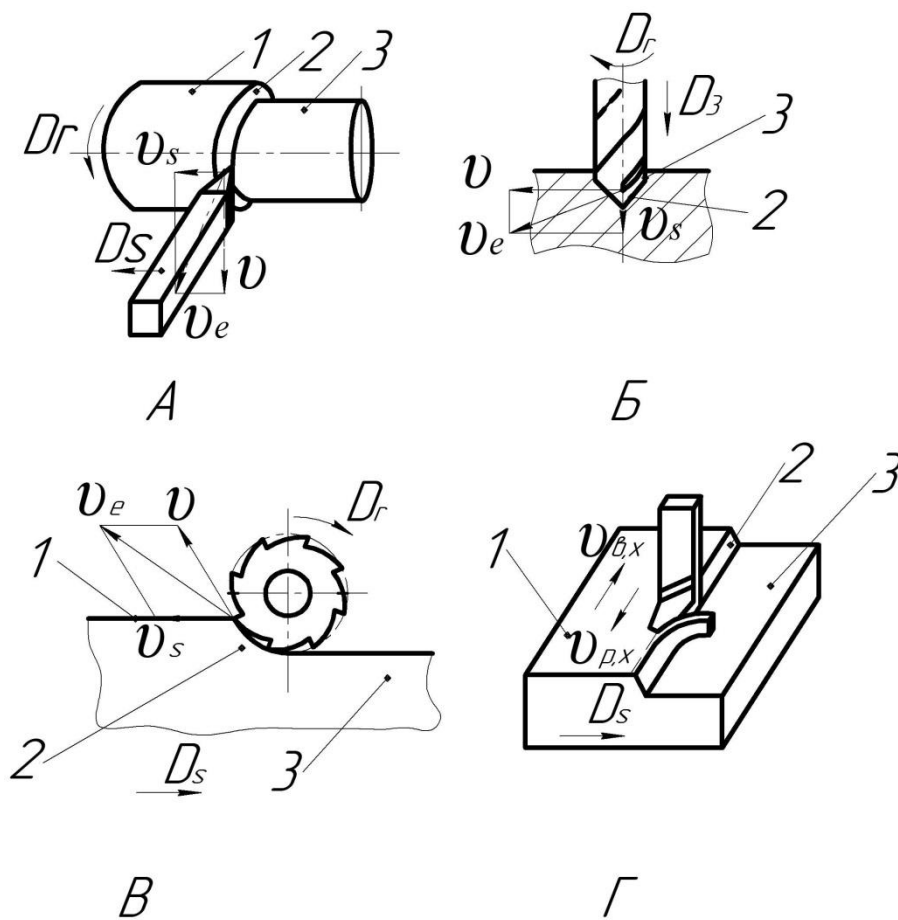
- одно вращательное движение;
- одно вращательное и одно прямолинейное движение;
- два вращательных движения;
- два прямолинейных и одно вращательное движение;
- два вращательных и одно прямолинейное движение;
- три вращательных движения.

Любой реальный процесс резанием входит в одну из групп. Например, строгание, протягивание – в первую группу, точение, сверление, фрезерование плоских поверхностей – в четвертую, фрезерование тел вращения – в пятую, нарезание зубчатых колес методом обкатки – в седьмую и т.д.

При обработке резанием различают главное движение резания и движение подачи. Прямолинейное поступательное или вращательное движение режущего инструмента или заготовки, происходящие с наибольшей скоростью в процессе резания и определяющее скорость снятия материала срезаемого слоя, называют *главным движением резания* D_r (ГОСТ 25762-83). Скорость главного движения резания обозначают буквой v . Прямолинейное поступательное или вращательное движение режущего инструмента или заготовки, скорость которого меньше скорости главного движения резания, предназначенное для того, чтобы распространить отделение слоя материала на всю обрабатываемую поверхность, называют *движением подачи* D_s . Скорость движения подачи обозначают v_s . Сложение величин v и v_s позволяет определить скорость результирующего движения резания v_e : $\bar{v}_e = \bar{v} + \bar{v}_s$.

На рис.1.2, а показана обработка на токарном станке. Главное движение – вращательное движение заготовки, движение подачи сообщается инструменту. У фрезерных станков главным движением является вращательное движение инструмента, а движение подачи сообщается, как правило, заготовке (рис.1.2, в).

У строгальных станков оба движения являются поступательными (рис. 2, *з*). У сверлильных станков оба движения сообщаются инструменту (рис. 1.2, *б*). На обрабатываемой заготовке различают три поверхности: обработанную 3, образованную на заготовке в результате обработки; обрабатываемую 1, подлежащую воздействию в процессе обработки; поверхность резания 2, образуемую режущей кромкой в результирующем движении резания (рис. 1.2, *а - з*). Поверхность резания является переходной между обрабатываемой и обработанной поверхностями.



а - точение; *б* - сверление; *в* - фрезерование; *з* - строгание

Рис. 1.2. Движения резания для различных видов обработки

Элементы режима резания и геометрические параметры срезаемого слоя. Элементами режима резания являются скорость резания, подача и глубина резания. Совокупность их значений принято называть **режимом резания**.

Скорость резания v – это скорость рассматриваемой точки режущей кромки инструмента или заготовки в главном движении резания. Скорость резания измеряют в *м/мин* при всех видах обработки резанием, кроме шлифования, где ее измеряют в *м/с*.

Если главное движение резанием является вращательным, то скорость резания определяют по формуле:

$$v = \frac{\pi D n}{1000}$$

где D – наибольший диаметр заготовки (точение) или инструмента (фрезерование, сверление) в *мм*; n – частота вращения заготовки или инструмента в *мин⁻¹*.

Если главное движение является возвратно-поступательным, например, при строгании, то скорость резания определяется по формуле:

$$v = \frac{L n}{1000} (k + 1)$$

где L – длина рабочего хода резца или заготовки в *минуту*; k – коэффициент, характеризующий отношение скоростей рабочего и вспомогательного ходов

$$(k = v_{\text{р.х.}} / v_{\text{в.х.}})$$

Подача S – это отношение расстояния, пройденного рассматриваемой точкой режущей кромки или заготовки в направлении движения подачи, к соответствующему числу циклов или определенных долей циклов другого движения. Под циклом движения понимают полный оборот, ход или двойной ход режущего инструмента или заготовки. При разных технологических методах обработки подача имеет одну из следующих единиц: *мм/об* – (подача на оборот S_o) – при точении, сверлении, фрезеровании; *мм/ход* – (подача на ход), *мм/зуб* – (подача на зуб S_z) – при фрезеровании; *мм/дв.ход* (подача на двойной ход S_{2x}) – при строгании, долблении и т.д.

Глубина резания t – это размер слоя, удаляемого за один проход, измеренный в направлении, перпендикулярном к обработанной поверхности. Глубина резания всегда перпендикулярна к направлению подачи (рис. 1.3.).

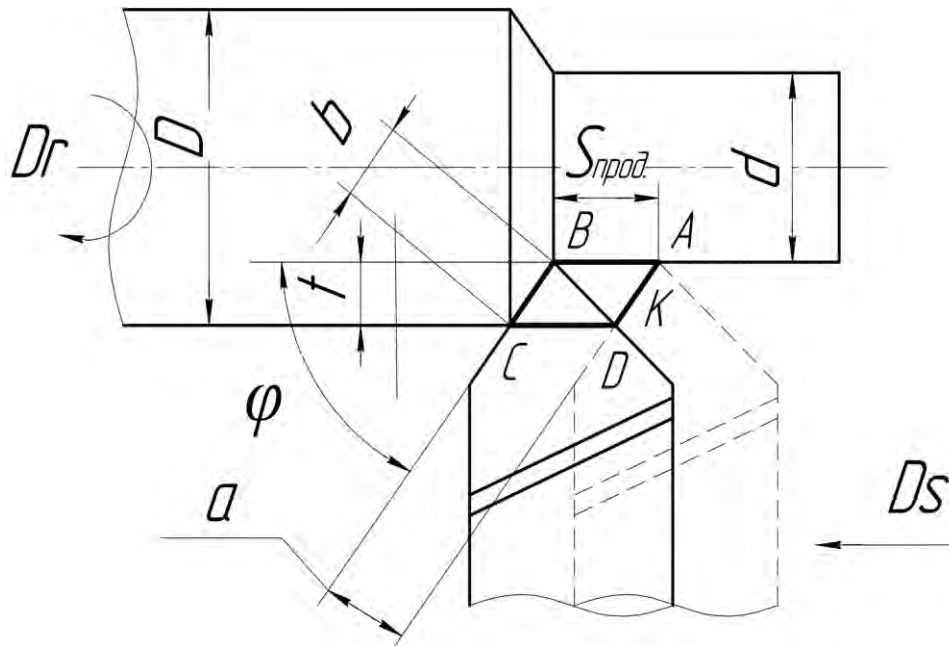


Рис. 1.3. - Элементы режима резания при токарной обработке

При продольном точении глубину резания определяют, как полуразность диаметров до и после обработки:

$$t = \frac{D - d}{2},$$

где D – диаметр заготовки; d – диаметр обработанной поверхности.

При отрезании заготовки глубина резания t равна ширине отрезного резца b . Глубина резания при сверлении в сплошном материале равна половине диаметра сверла. При рассверливании отверстия от диаметра d

до диаметра D глубина резания $t = \frac{D - d}{2}$

При фрезеровании глубина резания определяется видом фрезерования и типом фрезы. В отличие от других видов обработки (точения, сверления и др.) при фрезеровании, кроме глубины резания t , рассматривают *ширину фрезерования B* . У цилиндрических и торцовых фрез ширина фрезерования B совпадает с шириной обрабатываемой заготовки, у дисковых фрез – с шириной паза, у концевых – с глубиной паза, уступа.

Глубина резания, частота вращения детали или инструмента и подача характеризуют процесс резания с технологической стороны: с точки зрения положения и движения инструмента, обеспечивающих процесс резания. Но при одной и той же подаче, и глубине резания в зависимости от формы режущей кромки и ее расположения (углов в плане) изменяются ширина и толщина поперечного сечения срезаемого слоя, от которых зависят процесс упругой и пластической деформации, сопротивление металла деформированию, количество выделившейся теплоты и условий теплоотвода.

Ширина срезаемого слоя или ширина среза b (мм) – это длина стороны сечения срезаемого слоя, образованной поверхностью резания (рис.1.3.).

Толщина срезаемого слоя или толщина среза a (мм) – это длина нормали к поверхности резания, проведенной через рассматриваемую точку режущей кромки, ограниченная сечением срезаемого слоя.

Толщина и ширина среза представляют собой не толщину и ширину стружки, а размеры сечения среза до ее образования. Размеры стружки отличаются от размеров срезаемого слоя из-за усадки, происходящей вследствие деформации металла при резании.

Толщина среза a измеряется в направлении, перпендикулярном к режущей кромке. Ширина среза b измеряется вдоль режущей кромки. Как между толщиной среза и подачей, так и между глубиной резания и

шириной среза существуют определенные соотношения:

$$a = S \cdot \sin \varphi ; b = t / \sin \varphi ,$$

где φ – главный угол в плане.

Из приведенных формул и рис. 1.3. видно, что при постоянной подаче S и глубине резания t с увеличением главного угла в плане φ толщина среза увеличивается, а ширина уменьшается.

К элементам процесса резания относят также основное время t_o , являющееся одной из составляющих штучного времени $t_{шт}$.

Конструктивные и геометрические параметры инструментов.

Все режущие инструменты, исходя из подобия их конструктивной формы и общности технологических процессов изготовления, можно подразделить на три основных класса:

- призматические;
- хвостовые;
- насадные.

Примерами указанных классов инструментов могут служить: сборный проходной резец с Г-образным прихватом, твёрдосплавное сверло с утолщенным хвостовиком и червячная модульная фреза. Указанные инструменты, несмотря на конструктивные отличительные особенности, имеют общие составные части.

Каждый из инструментов имеет рабочую часть, снабженную одним, двумя или несколькими режущими лезвиями. Другая часть инструмента является вспомогательной: у резца - это державка, у сверла – цилиндрический или конический хвостовик, а у червячной фрезы – цилиндрическое отверстие. Указанные поверхности инструментов служат для закрепления их на станке и передачи крутящего момента резания. Закрепление инструментов на станках осуществляется в резцедержателях, с помощью цанговых, сверлильных и быстросменных патронов, переходных втулок и удлинителей, оправок, быстросменных державок и

других устройств.

Цилиндрический и конический хвостовики применяются соответственно в хвостовых мелкогабаритных и обычных инструментах. Хвостовики выполняют две функции: центрирование инструмента и его закрепление на станке. Приняты две системы конусов – *Морзе* и *метрический*. Конус Морзе подразделяется на семь размеров, от **КМ0** до **КМ6** (**КМ7** не рекомендован к применению). Различаются номинальным диаметром (9,045 – 63,348 мм) и конусностью ($2\alpha=2^\circ51'26'' - 3^\circ00'52''$).

По мере развития станкостроения понадобилось расширить диапазон размеров конусов Морзе как в большую, так и в меньшую стороны. При этом, для новых типоразмеров конуса, выбрали конусность ровно 1:20 (угол конуса $2^\circ51'51''$, уклон конуса $1^\circ25'56''$) и назвали их **метрическими конусами**. Типоразмер метрических конусов указывается по наибольшему диаметру конуса в миллиметрах. ГОСТ 25557-2006 также определяет уменьшенные метрические конуса № 4 и № 6 и большие метрические конуса № 80, 100, 120, 160, 200. Конструктивных различий между конусом Морзе и метрическим нет.

Существует несколько исполнений хвостовика конуса: с лапкой, с резьбой и без них. Инструмент с лапкой крепится в шпинделе заклиниванием этой лапки, для чего в рукаве шпинделя есть соответствующий паз. Лапка предназначена для облегчения выбивания конуса из шпинделя и предотвращения проворачивания. Инструмент с внутренней резьбой фиксируется в шпинделе штоком, вворачиваемым в торец конуса. Конусы с резьбой гарантируют не выпадение инструмента и облегчают извлечение заклинившего конуса из шпинделя.

Насадные осевые инструменты (зенкеры, развертки) имеют в качестве основной базовой соединительной поверхности коническое отверстие с конусностью 1:30.

Геометрические параметры инструмента рассмотрим на примере

токарного проходного резца, который состоит из двух частей: рабочей (лезвия) **A** и крепежной (державки) **B** (рис. 1.4).

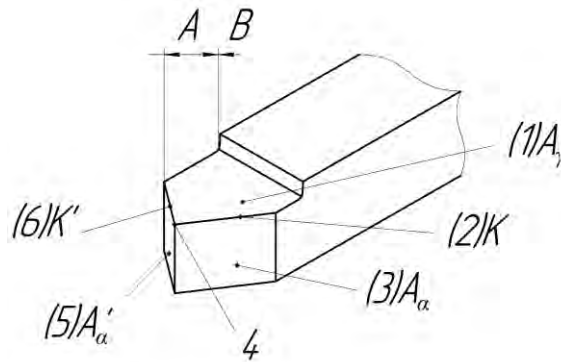


Рис. 1.4. Элементы токарного резца

Рабочая часть осуществляет резание и состоит (ГОСТ 25762-83) из ряда элементов (рис. 2.1).

Передняя поверхность A_γ (1) – это поверхность лезвия, контактирующая в процессе резания со срезаемым слоем и стружкой.

Задняя поверхность - поверхность лезвия инструмента, контактирующая в процессе резания с поверхностями заготовки. Различают главную и вспомогательную задние поверхности.

Главная задняя поверхность A_α (3) – задняя поверхность лезвия инструмента, примыкающая к главной режущей кромке и контактирующая с поверхностью резания.

Вспомогательная задняя поверхность A'_α (5) – задняя поверхность лезвия инструмента, примыкающая к вспомогательной режущей кромке и обращенная к обработанной поверхности.

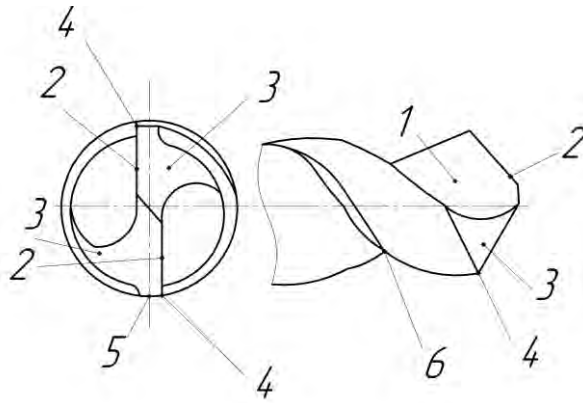
Режущая кромка K – кромка лезвия инструмента, образуемая пересечением передней и задней поверхностей лезвий. Часть режущей кромки, формирующая большую сторону сечения срезаемого слоя, называется **главной режущей кромкой K (2)**. Она образуется пересечением передней и главной задней поверхностей. Часть режущей

кромки, формирующая меньшую сторону сечения срезаемого слоя, называется *вспомогательной режущей кромкой K'* (6). Она образуется пересечением передней и вспомогательной задней поверхностей.

Вершина режущего лезвия (4) – участок режущей кромки в месте пересечения двух задних поверхностей (место сопряжения главной и вспомогательной режущих кромок).

У проходного токарного резца вершиной является участок лезвия в месте пересечения главной и вспомогательной режущих кромок. Вершина лезвия может быть острая, закруглённая или в виде прямой линии.

На рис.1.5. показаны элементы спирального сверла.



1 – передняя поверхность; 2 – главная режущая кромка; 3 – главная задняя поверхность; 4 – вспомогательная режущая кромка; 5 – вспомогательная задняя поверхность

Рис. 1.5. Элементы сверла

Координатные плоскости. Форма лезвия резца определяется конфигурацией и расположением его поверхностей и режущих кромок. Форму лезвия, т.е. взаимное расположение передней и задних поверхностей и режущих кромок в пространстве, определяют углы резца.

Для определения углов резца приняты следующие координатные плоскости (рис.1.6.).

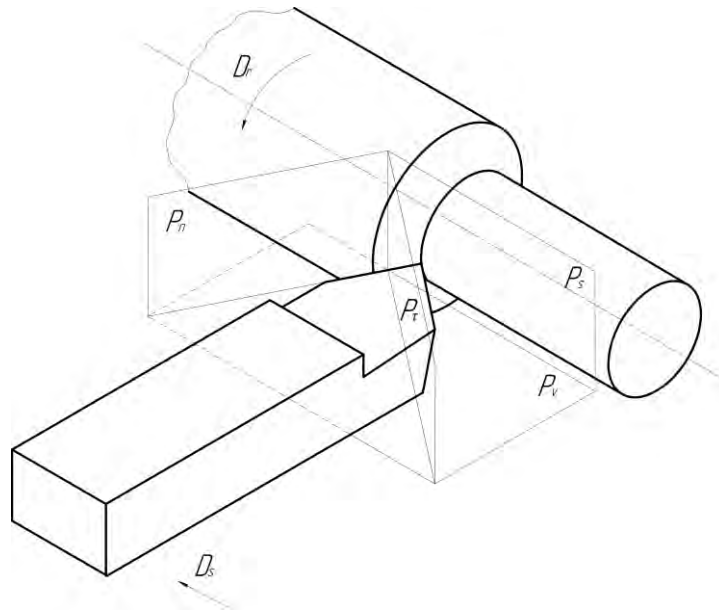


Рис. 1.6. Координатные плоскости

Основная плоскость P_v – координатная плоскость, проведенная через рассматриваемую точку режущей кромки перпендикулярно направлению скорости главного или результирующего движения в этой точке.

Плоскость резания P_n – это координатная плоскость, касательная к режущей кромке в рассматриваемой точке и перпендикулярная к основной плоскости.

Рабочая плоскость P_s – это плоскость, в которой расположены направления скоростей движения резания и движения подачи.

Так как углы резца двугранные, то они определяются в секущих плоскостях. Эти плоскости должны быть перпендикулярны к ребру угла, которым является режущая кромка.

Главной секущей плоскостью P_r называется координатная плоскость, перпендикулярная к линии пересечения основной плоскости и плоскости резания. Т.к. плоскость резания касательна к главной режущей кромке в рассматриваемой точке, то главная секущая плоскость всегда нормальна к её проекции на основную плоскость.

Вспомогательной секущей плоскостью называется плоскость,

перпендикулярная (в рассматриваемой точке) к проекции вспомогательной режущей кромки на основную плоскость (на рис. 1.6 не показана).

Углы, лежащие в координатных плоскостях. По расположению режущих кромок относительно координатных плоскостей определяют геометрию режущего лезвия (углы его заточки). Углы, определяемые в главной секущей плоскости, называются *главными* (они определяют режущий клин, отделяющий от припуска слой металла, превращаемый в стружку), а во вспомогательной секущей плоскости – *вспомогательными*.

В главной секущей плоскости $N-N$ (рис. 1.7) рассматривают главные задний и передний углы, углы заострения и резания.

Главным задним углом α называется угол между главной задней поверхностью резца (или касательной к ней) и плоскостью резания.

Углом заострения β называется угол между главной задней и передней поверхностями резца (или касательными к ним).

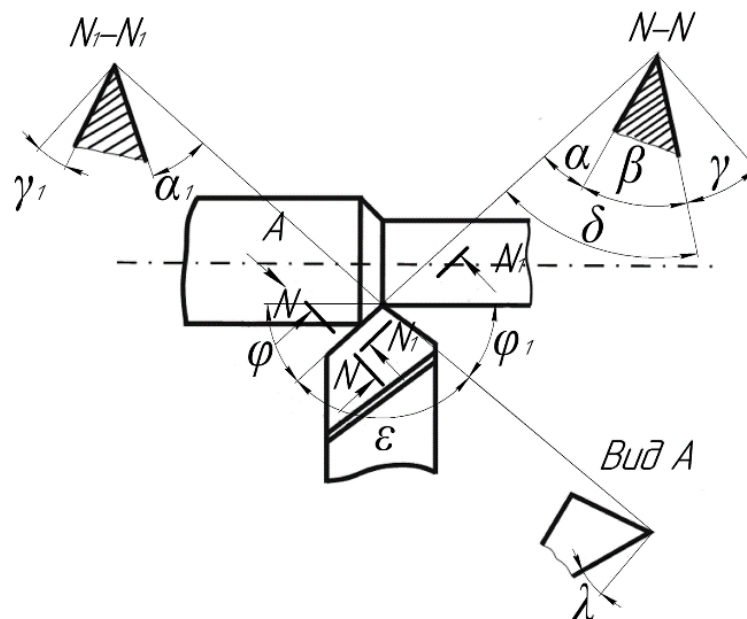


Рис.1.7. Геометрические параметры режущей части резца

Главным передним углом γ называется угол между передней поверхностью резца (или касательной к ней) и основной плоскостью в рассматриваемой точке главной режущей кромки. Он имеет положительное значение, если передняя поверхность направлена вниз от

режущей кромки; отрицательное - если передняя поверхность направлена вверх от нее; и равен нулю - если передняя поверхность параллельна основной плоскости.

Угол резания δ - угол между плоскостью резания и передней поверхностью резца (или касательной к ней).

Между этими углами существует следующее соотношение:

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ ; \delta + \gamma = 90^\circ .$$

Во вспомогательной секущей плоскости N_I-N_I рассматривают вспомогательные задний α_1 и передний γ_1 углы.

Вспомогательный задний угол α_1 – это угол между касательной к вспомогательной задней поверхности резца и плоскостью, проведенной через точку вспомогательной режущей кромки, перпендикулярную основной плоскости.

Вспомогательный передний угол γ_1 – это угол между передней поверхностью и плоскостью, проходящей через вспомогательную режущую кромку параллельно основной плоскости.

В основной плоскости измеряются углы в плане.

Главным углом в плане φ называется угол между плоскостью резания и рабочей плоскостью. Для резца он определяется проекцией главной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи.

Вспомогательным углом в плане φ_1 – называется угол между проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи.

Углом в плане при вершине ε называется угол между проекциями главной и вспомогательной режущих кромок на основную плоскость. Между этими углами существует соотношение:

$$\varphi + \varphi_1 + \varepsilon = 180^\circ$$

В плоскости резания измеряется **угол наклона главной режущей кромки λ** .

Это угол, между главной режущей кромкой и основной плоскостью. Если вершина резца - низшая точка кромки, то угол λ положительный, а если высшая, то λ отрицательный. Если режущая кромка параллельна основной плоскости, то угол λ равен нулю (рис. 1.8.).

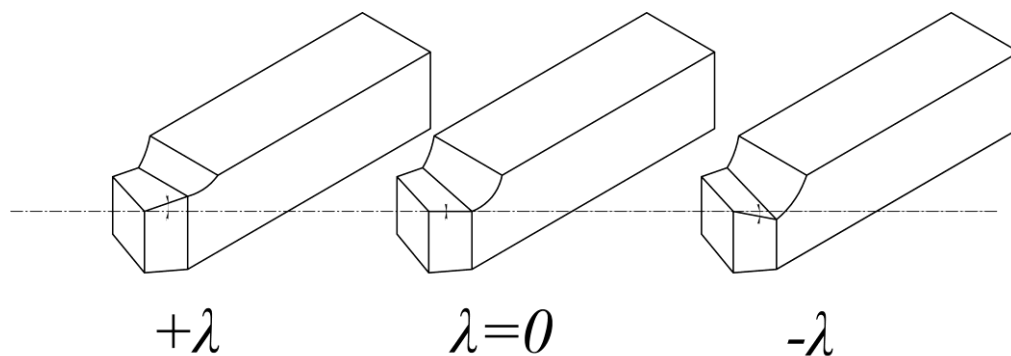


Рис. 1.8. Угол наклона главной режущей кромки резца

Все перечисленные углы резца соответствуют данным определениям, если вершина резца установлена на уровне оси вращения обрабатываемой детали и геометрическая ось стержня резца расположена перпендикулярно к оси вращения обрабатываемой детали. Нарушение этих условий приводят к изменению углов.

Углы токарных резцов и других видов режущих инструментов измеряются в одних и тех же координатных плоскостях. Исключение составляет угол α . Для сверл, зенкеров, разверток и фрез задний угол рассматривают в плоскости, параллельной подаче.

Влияние углов инструмента на процесс резания. Углы режущей части резца, как и любого другого инструмента, оказывают большое влияние на процесс резания. Правильно назначив углы резца, можно значительно уменьшить интенсивность его изнашивания; силы, затрачиваемые на процесс резания и мощность станка. От углов также зависит качество обработанной поверхности и производительность обработки.

Задний угол α служит для уменьшения трения между задней поверхностью лезвия и поверхностью резания. Однако увеличение заднего угла снижает прочность лезвия, поэтому при выборе угла α необходимо

учитывать свойства обрабатываемого материала, инструмента и условия резания. При обработке вязких материалов применяют резцы с большими углами α . При обработке твердых и хрупких материалов, а также при большом сечении срезаемого слоя выбирают меньшие углы. Для различных условий токарной обработки угол α назначают в пределах от 6° до 12° .

Передний угол γ оказывает большое влияние на процесс резания материалов. С увеличением переднего угла уменьшается работа, затрачиваемая на процесс резания, улучшаются условия схода стружки, и повышается качество обработанной поверхности. Вместе с тем, увеличение переднего угла приводит к снижению прочности режущего лезвия и увеличению его износа вследствие выкрашивания и менее интенсивного теплоотвода. Поэтому при обработке твердых и хрупких материалов применяют небольшие передние углы, а при обработке мягких и вязких материалов углы увеличивают. При обработке закаленных сталей твердосплавным инструментом, а также при прерывистом резании для увеличения прочности лезвия назначают отрицательные углы γ . В зависимости от механических свойств обрабатываемого и инструментального материалов и от формы передней поверхности углы γ назначают в пределах от -10° до $+20^\circ$.

Главный угол в плане φ существенно влияет на стойкость режущего инструмента и на шероховатость обработанной поверхности. С уменьшением угла φ уменьшается шероховатость обработанной поверхности. Одновременно с уменьшением угла φ увеличивается длина активной части главной режущей кромки (ширина срезаемого слоя) и уменьшается толщина срезаемого слоя, что приводит к снижению тепловой и силовой нагрузки на резец и, следовательно, к уменьшению износа инструмента. Однако, при малых значениях угла φ резко возрастает составляющая сила резания перпендикулярно оси заготовки, что приводит

к ее прогибу. Возможно возникновение вибраций, в результате чего ухудшается качество обработанной поверхности и увеличивается износ инструмента. Угол φ назначают от 30 до 90° в зависимости от вида обработки, типа резца, жесткости заготовки и инструмента. При обработке заготовок малой жесткости угол φ берут близким или равным 90°.

Вспомогательный угол в плане φ_1 служит для уменьшения трения вспомогательной задней поверхности об обработанную поверхность. С уменьшением угла φ_1 уменьшается шероховатость обработанной поверхности, увеличивается прочность вершины лезвия и снижается износ резца. Для проходных резцов, обрабатывающих жесткие заготовки без врезания, угол $\varphi_1=5 - 10^\circ$; при обработке заготовок малой жесткости и при работе с врезанием – угол $\varphi_1 = 30 - 45^\circ$.

Угол наклона главной режущей кромки λ определяет направление схода стружки. При $\lambda = 0$ стружка сходит в направлении главной секущей плоскости перпендикулярно главной режущей кромке. При $\lambda > 0$ стружка сходит к обработанной поверхности под положительным углом ν к главной секущей плоскости P_η . При $\lambda < 0$ стружка сходит к обрабатываемой поверхности под отрицательным углом ν к главной секущей плоскости P_η .

Угол схода стружки ν – это угол в плоскости, касательной к передней поверхности лезвия, между направлением схода стружки и следом главной секущей плоскости.

Положительный угол λ служит также для упрочнения режущей кромки, т.к. в момент врезания ударная сила приходится не на вершину лезвия, а на более прочное место режущей кромки, удаленное от вершины. При чистовой обработке принимать угол λ положительным не рекомендуется, т.к. стружка может наматываться на заготовку и царапать обработанную поверхность. Поэтому при чистовой обработке угол λ отрицательный (до $- 5^\circ$), а при черновой обработке, когда нагрузка на резец большая и качество обработанной поверхности не имеет особого

значения угол λ положительный (до $+5^\circ$).

Значения углов α и γ изменяются в процессе резания, при установке вершины лезвия выше или ниже оси вращения заготовки (линии центров), а значения углов в плане φ и φ_1 изменяются в зависимости от расположения оси резца относительно оси заготовки (рис.1.9.).

Таким образом, установка резца на станке должна соответствовать расчетным значениям его углов. Изменения в установке резца учитывают при его заточке.

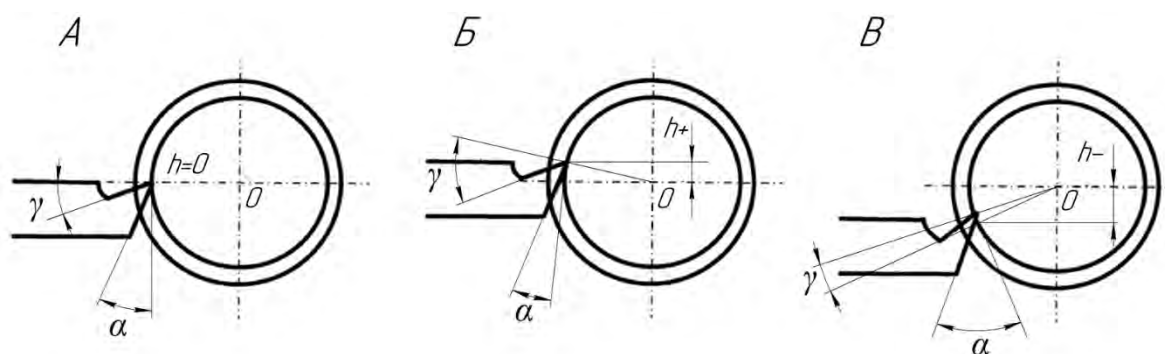


Рис.1.9. Изменение углов при установке токарного проходного резца по высоте заготовки (а), выше (б) и ниже (в) оси заготовки

Классификация инструментов. Применяемые при обработке деталей машин и приборов режущие инструменты подразделяются, как правило, по конструкции и по виду обработанных поверхностей.

По конструкции инструменты классифицируются на следующие подгруппы:

1. *Резцы общего назначения и фасонные.* Они чаще всего имеют призматическую или дисковую форму и предназначаются для различных работ на станках токарных, строгальных и других групп.

2. *Сверла.* Это одно- или двухлезвийные режущие инструменты, применяемые для получения отверстия в сплошном материале и для рассверливания отверстий 11-го, 12-го квалитетов с $Ra=20-5$ мкм.

3. *Зенкеры.* 3-4 - лезвийные инструменты, используемые для увеличения отверстий и получения фасонных отверстий 9-11-го

квалитетов с Ra=10-2,5 мкм.

4. *Развертки*. Инструменты, применяемые для чистовой обработки отверстий до 7-8 квалитетов при Ra=1,0-0.32 мкм.

5. *Напильники, рашилки и надфили*. Инструменты разнообразной формы в виде стержней и дисков с множеством мелких режущих зубьев.

6. *Протяжки и прошивки*. Многолезвийные инструменты в виде стержня или плиты с поперечными зубьями, размеры которых увеличиваются по направлению к заднему хвостовику. Они используются для обработки внутренних и наружных поверхностей самой различной формы.

7. *Фрезы* общего назначения и специальные (борфрезы, гравировальные, червячные и др.) чаще всего представляют собой тела вращения с множеством зубьев на образующей, а также на торцевой поверхности.

8. *Метчики*. Инструменты в форме винта с продольными лысками и канавками, образующими режущие лезвия. Применяются для получения резьбы в отверстиях.

9. *Плашки, резьбообразующие ролики и головки*, предназначенные для нарезания и накатывания наружной резьбы.

10. *Долбяки и обкаточные резцы* - инструменты для зубодолбления или зуботочения колес, шлицев валов и т.д.

11. *Шеверы* – режущие инструменты чаще всего в виде колеса, предназначенные для чистовой обработки колес малых модулей ($m < 3-4$ мм) методом «скобления».

12. *Комбинированные инструменты*, представляющие собой сочетание нескольких одно- или разнотипных инструментов.

13. *Инструменты для автоматизированного оборудования* и для станков с ЧПУ, включающие режущие, бесподналадочные и быстросменные инструменты, а также приспособления для настройки и

контроля работы режущих инструментов.

14. *Абразивные, алмазные, эльборовые* и другие инструменты из синтетических материалов, используемые в виде кругов, брусков, хонов, а также порошок и отдельные крупные зерна или кристаллы для чистовой обработки деталей.

По видам обработанных поверхностей режущие инструменты классифицируются следующим образом:

1. Инструменты для обработки плоскостей, наружных фасонных поверхностей и тел вращения. Это резцы, фрезы, протяжки, напильники, шлифовальные круги и т.д.

2. Инструменты для обработки отверстий - сверла, зенкеры, развертки, расточные резцы, протяжки, шлифовальные круги и т.д.

3. Инструменты для получения резьбы - метчики, резьбонарезные и резьбонакатные плашки и головки, а также накатные ролики, резьбовые резцы, фрезы и т.д.

4. Инструменты для обработки поверхностей зубьев колес или шлицевых валов и звездочек. Для обработки цилиндрических колес методом деления применяются дисковые и пальцевые фрезы, а также головки контурного зубодолбления, а методом обкатки – червячные фрезы, долбяки, зуборезные гребенки, обкаточные резцы, шеверы и шлифовальные круги.

По принципу взаимодействия режущего инструмента с обрабатываемым материалом инструменты можно подразделить на обычные и ротационные, имеющие непрерывное обновление кругового лезвия режущей части.

1.2. Инструментальные материалы

Одним из главных условий высокопроизводительной работы режущего инструмента является правильный выбор материала для его изготовления. Режущие лезвия инструмента в процессе работы находятся под действием больших давлений, трения и высоких температур, что приводит к изнашиванию режущего инструмента.

Поэтому к инструментальным материалам, применяемым для изготовления режущей части инструмента, предъявляют следующие требования:

- высокие механические свойства (особенно твердость и прочность на изгиб).

- высокая износостойкость, заключающаяся в способности инструментальных материалов сопротивляться изнашиванию при работе.

- высокая теплостойкость – свойство инструментальных материалов сохранять свою твердость, а, следовательно, и режущие свойства при высокой температуре нагрева.

Инструментальные материалы подразделяют на следующие группы:

- инструментальные стали;

- твердые сплавы;

- керамические материалы;

- алмазы и синтетические сверхтвердые материалы.

Инструментальные стали. В зависимости от химического состава инструментальные стали подразделяются на:

- углеродистые;

- легированные;

- быстрорежущие.

В холодном состоянии эти стали различаются по твердости незначительно. Основное их различие - разная теплостойкость.

Углеродистые стали появились в середине 19 века и более 50 лет были единственным материалом для изготовления режущих инструментов. Содержание углерода составляет от 0,6 - 1,4%. В результате термической обработки углеродистые стали приобретают твердость 61...63 HRC и могут обрабатывать материалы твердостью до 30 HRC. Недостатком углеродистых сталей является низкая теплостойкость (200-250° С). При более высоких температурах нагрева в результате структурных превращений твердость снижается и инструмент теряет свои режущие свойства.

Углеродистые инструментальные стали применяют для изготовления инструментов, работающих при малых скоростях резания: зубил, ножовок, ножниц, пил, разверток, метчиков, плашек и т.д.).

Предусмотрен выпуск двух групп инструментальных углеродистых сталей (ГОСТ 1435-99):

- качественные стали (например, У7, У13);
- высококачественные стали (У7А, У13А).

Цифра обозначает содержание углерода в стали в десятых долях процента (0,7% и 1,3%).

Легированные стали появились в конце 19 века. Это углеродистые стали легированные хромом (Х), вольфрамом (В), ванадием (Ф), кремнием (С) и другими элементами. Хром обеспечивает глубокую прокаливаемость и повышает твердость; вольфрам способствует повышению теплостойкости и износостойкости; ванадий создает наиболее твердые и стойкие карбиды и благоприятствует получению мелкозернистой структуры. После термической обработки твердость легированных сталей составляет 62...65 HRC, теплостойкость 250-350 °С. Это позволяет повысить скорость резания в 1,2-1,4 раза по сравнению со скоростью резания углеродистыми сталями. Допустимая скорость резания составляет 15-25 м/мин.

Наибольшее распространение получили стали следующих марок: X, ХВГ, 9ХС, ХВСГ, В1 и др. Из легированных сталей изготавливают плашки, метчики, протяжки, развертки, фасонные резцы и другой инструмент, работающий при невысоких скоростях резания. Марки и химический состав легированных сталей определены ГОСТ 5950-2000.

Быстрорежущие стали появились в начале 20 века. Основным легирующим элементом у них является вольфрам (6-18%). Помимо вольфрама быстрорежущие стали содержат ванадий, хром, кобальт, молибден. Введение их в сталь приводит к образованию сложных карбидов, связывающих почти весь углерод, в результате чего сталь приобретает высокую твердость и теплостойкость до 650 °С, износостойкость, сопротивляемость пластическому деформированию и хорошую прокаливаемость. Это позволило увеличить скорость резания в 3-4 раза по сравнению со скоростью резания углеродистыми сталями.

Быстрорежущие стали обозначают буквой Р. Следующая за ней цифра указывает среднее содержание вольфрама в %. Стали, содержащие молибден, кобальт и ванадий, имеют в маркировке соответственно буквы М, К и Ф и цифры, указывающие их среднее количество в процентах. Содержание хрома (около 4%) и углерода (от 0,7 до 1,5%) в марках не указываются. Например, Р6М5, Р9Ф5, Р18, Р18К5Ф2 и др.

Согласно классификации ISO, вся номенклатура быстрорежущих сталей подразделяется на две группы: HSS–быстрорежущие стали обычной производительности и HSS-E – быстрорежущие стали повышенной производительности.

Из сталей нормальной производительности Р9, Р18, Р6М5 изготавливают резцы, фрезы, сверла, зенкеры, развертки, зуборезные инструменты, а из быстрорежущих сталей повышенной производительности Р9К5, Р18Ф2, Р9Ф5, Р18К5Ф2 изготавливают аналогичные инструменты для обработки жаропрочных и титановых

сплавов, коррозионно-стойких и других труднообрабатываемых материалов. Химический состав быстрорежущих сталей определен ГОСТ 19265-73.

Твердые сплавы. Твердые сплавы появились в конце 20-х годов прошлого столетия. Их изготавливают методом порошковой металлургии. Исходными материалами для их изготовления являются порошки карбидов тугоплавких металлов, связанных металлическим кобальтом.

Твердые сплавы разделяют на 3 группы:

- однокарбидные (вольфрамовые), содержащие карбиды вольфрама WC (BK2, BK3, BK6, BK8 и др.);
- двухкарбидные (титановольфрамовые), содержащие карбиды вольфрама WC и карбиды титана TiC (T5K10, T14K8, T15K6);
- трехкарбидные (титанотанталовольфрамовые) состоящие из карбидов титана TiC, карбидов тантала TaC и карбидов вольфрама WC (TT7K12, TT7K15, TT8K6 и т.д.).

В обозначении сплавов вольфрамовой группы цифра показывает содержание кобальта в % (например, в сплаве BK4 - 4% кобальта, остальное - карбиды вольфрама WC – 96%). В обозначении сплавов титановольфрамовой группы число после буквы T показывает процентное содержание карбидов титана, после K – содержание кобальта (например, в марке T5K10 – содержится 5 % карбидов титана, 10% кобальта, 85% – карбидов вольфрама). В марках титанотанталовольфрамовой группы цифра после букв TT показывает суммарное содержание карбидов тантала и титана, после K – содержание кобальта (например, в марке TT7K12 – содержится 7 % титана и тантала, 12% кобальта, остальное – карбиды вольфрама).

Главными недостатком твердых сплавов является хрупкость и недостаточная прочность при изгибе и растяжении.

Сплавы, содержащие наименьшее количество кобальта (BK2, BK3,

Т30К4), обладают меньшей вязкостью; их используют для инструментов, применяемых на чистовых операциях. Сплавы, обладающие большей вязкостью (ВК8, Т5К10 и др.) применяют на черновых операциях. Твердые сплавы группы ВК как менее хрупкие применяют при обработке чугунов и других хрупких материалов, а также при прерывистом резании (строгании, фрезеровании). Для обработки сталей применяют инструменты из сплавов группы ТК (Т15К6, Т14К8 и др.)

Группа 3-х карбидных сплавов характеризуется повышенной износостойкостью, прочностью и вязкостью. Их применяют при обработке труднообрабатываемых сталей аустенитного класса.

Для оснащения металлорежущего инструмента твердые сплавы выпускают в виде пластин. Пластины из твердых сплавов припаивают или крепят механически к стальному корпусу.

Для дополнительного повышения износостойкости твердосплавных пластин на них наносят тонкий слой (2-10 мкм) карбида или нитрида титана или других высокотвердых материалов. В последнее время карбиды вольфрама заменяются карбидами титана с добавками молибдена, никеля и других тугоплавких материалов. Разработанные на их основе сплавы ТМ1, ТМ3, ТН-30, КТН-16 и другие обладают высокой износостойкостью.

Керамические инструментальные материалы. Керамические инструментальные материалы появились в начале 50-х годов прошлого века. Они не содержат дорогостоящих и дефицитных компонентов. Основой керамики является корунд – минерал кристаллического строения оксида алюминия (технический глинозем) Al_2O_3 .

Оксидная керамика обладает высокой твердостью (90-94 HRA), теплостойкостью (до 1200 °С) и в ряде случаев значительно превосходит по стойкости и производительности твердые сплавы. Существенным недостатком оксидной керамики является высокая хрупкость, низкая ударная вязкость ($KC=0,5...1,2$ Дж/см) и плохая сопротивляемость

циклическим изменением тепловой нагрузки.

Инструменты из оксидной керамики используют при чистовом и получистовом обтачивании и растачивании заготовок из высокопрочных и отбеленных чугунов, труднообрабатываемых сталей, некоторых цветных сплавов и неметаллических материалов с высокими скоростями резания (до 600 м/мин). Наибольшее применение получила минералокерамика ЦМ-322 и ВО-13, которая имеет предел прочности при изгибе $\zeta_{и}=295...370$ МПа.

С целью повышения механической прочности в оксидную керамику добавляют различные тугоплавкие соединения (карбиды титана, вольфрама, молибдена, хрома и др.) Такие материалы получили название оксидно-карбидной керамики. Предел прочности при изгибе у нее $\zeta_{и}=400...700$ МПа. Представителями этой керамики являются ВЗ, ВОК60, ВОК63, ВШ75 и др. Их применяют при обработке ковких и отбеленных чугунов, труднообрабатываемых сталей и сплавов.

Природные алмазы и синтетические сверхтвердые материалы. К режущим сверхтвердым материалам относятся природные алмазы и синтетические материалы. Самым твердым из известных материалов является алмаз. Его применяют для оснащения лезвийных и абразивных режущих инструментов.

Алмазные инструменты характеризуются высокой производительностью при тонком точении и растачивании цветных сплавов и пластмасс и т.п. При этом обеспечивается высокое качество поверхности. К недостаткам алмазных инструментов относятся их высокая стоимость и дефицитность.

Для изготовления режущих инструментов используют как природные (А), так и синтетические (АС) алмазы. Синтетические алмазы выпускают следующих марок: «баллас» - АСБ (АСБ-5, АСБ-6), «карбонадо» - АСПК (АСПК-1, АСПК-2, АСПК-3). Лезвийный инструмент

с такими алмазными вставками обладает высокой динамической прочностью, что позволяет применить его при обработке особо прочных сплавов.

Баллас высокоэффективен при точении цветных сплавов с повышенным содержанием кремния, стеклопластиков и пластмасс.

Монокристаллические алмазы САМ используют для обработки полупроводниковых материалов, радиотехнической керамики и высококремнистых цветных сплавов.

Кристаллы алмазов закрепляют в инструменте пайкой или механически.

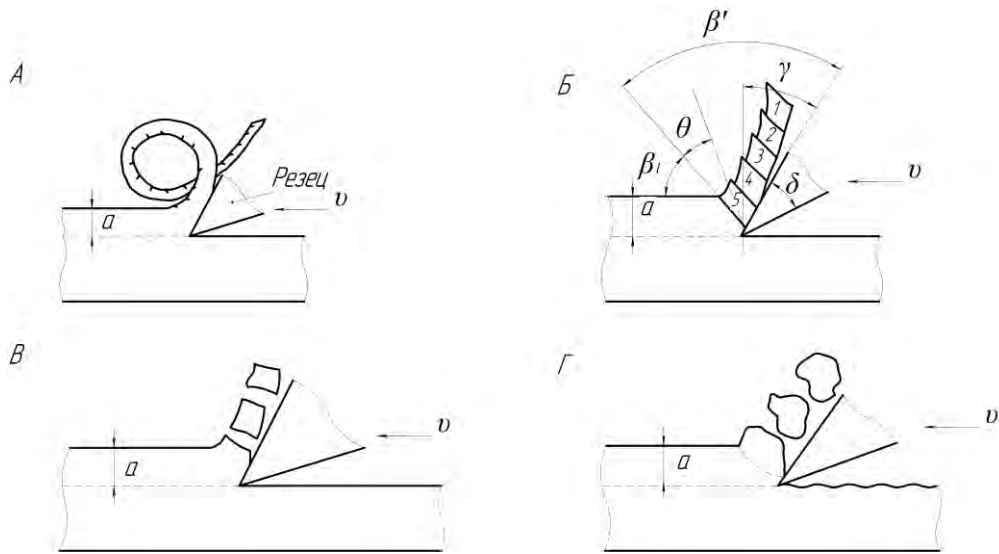
Широкое распространение получил синтетический сверхтвердый материал на основе кубического нитрида бора – КНБ. Он обладает высокой твердостью, уступая лишь синтетическому алмазу. А по теплостойкости (до 1600°С) КНБ превосходит все инструментальные материалы.

Резцы, оснащенные КНБ, успешно применяют при тонком точении и растачивании закаленных сталей, что совершенно недоступно для работы алмазными резцами.

Силинит - Р - материал на основе нитрида кремния (SiN). Он обладает более высокими прочностью, ударной вязкостью и теплопроводностью, чем инструменты из минералокерамики. Силинит – Р - имеет достаточно высокие эксплуатационные свойства при точении и фрезеровании чугуна, а также при точении закаленных сталей. Силинит - Р- не содержит дефицитных элементов, что в совокупности с высокими режущими свойствами открывает перспективы для более широкого применения этого материала.

1.3. Физические основы процесса резания металлов

Образование стружки и ее типы. Впервые классификацию стружки предложил профессор И.А.Тиме: стружка сливная (рис 1.10, а), скалывания (рис 1.10, б), элементная (рис. 1.10, в) и стружка надлома (рис.1.10, г).



a - стружка сливная; *б* - стружка скалывания; *в* - элементная стружка; *г* - стружка надлома

Рис. 1.10. - Типы стружки

Стружка скалывания состоит из отдельных элементов. Она образуется в результате обработки стали и других пластичных материалов при большой толщине срезаемого слоя - a , относительно низкой скорости резания - v и небольшом переднем угле лезвия - γ . При уменьшении толщины среза - a , повышении скорости резания и увеличении переднего угла отдельные элементы стружки станут менее отчетливыми и будут сходиться без зазубрин на ее внешней стороне. Это **сливная стружка**. Если увеличить толщину среза, уменьшить скорость резания и передний угол γ , отдельные элементы стружки будут менее связанными, т.е. образуется **элементная стружка**. Эти 3 вида стружки получают при обработке

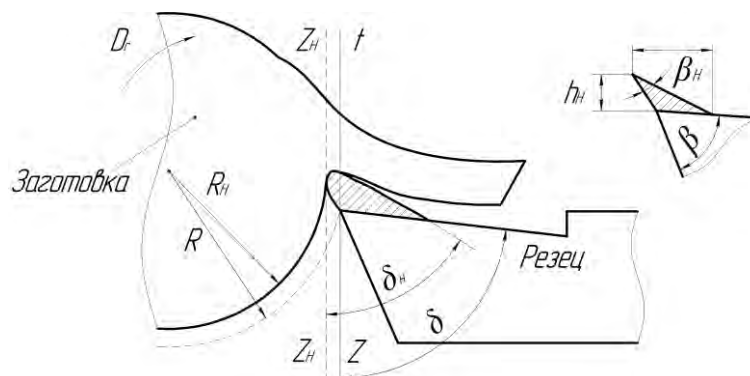
пластичных металлов.

В случае обработки хрупких материалов при больших толщинах среза a и больших углах γ происходит вырывание или откалывание крупных частиц металла неправильной формы. Получаемая при этом стружка называется *стружкой надлома*. Она образуется, например, при обработке чугуна, который плохо сопротивляется растяжению.

В начальный момент, когда движущийся резец под действием силы P соприкасается с металлом, в материале возникают упругие деформации. При дальнейшем движении резца наступает пластическое деформирование. По мере перемещения резца внутренние напряжения достигают значений, превышающих временное сопротивление металла. В этот момент происходит скалывание элементов стружки. Далее процесс деформирования повторяется, образуются новые элементы 1, 2, 3 и т.д. стружки (рис 1.10, б).

Объем металла, подвергающийся пластическому деформированию, ограничен с одной стороны передней поверхностью лезвия резца, а с другой - плоскостью, по которой периодически сдвигаются или скалываются сформировавшиеся элементы стружки.

Наростообразование при резании металлов. При образовании сливной стружки обрабатываемый материал часто задерживается на передней поверхности инструмента непосредственно около главного режущего лезвия. Это наслоение имеет в сечении треугольную форму и называется *наростом* (рис. 1.11).



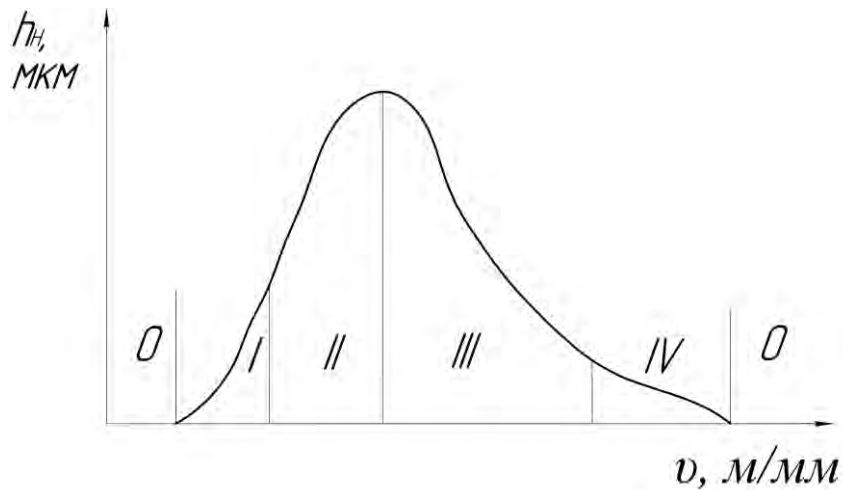
$Z-Z$ – плоскость резания; Z_H-Z_H – плоскость нароста; δ_H – угол резания при наличии нароста; R_H – радиус обработанной поверхности при наросте

Рис. 1.11. Нарост

Наиболее вероятной причиной наростообразования можно считать появление несимметричной клинообразной застойной зоны упрочнённого материала впереди режущего клина, а также торможение и схватывание тонких контактных слоев стружки на шероховатой передней поверхности зуба инструмента. Слои нарастают друг на друга, пока нарост не достигнет размеров, максимально возможных при данных условиях обработки. Твердость нароста в 2,5-3,5 раза больше твердости исходного материала. Таким образом, нарост как бы принимает на себя функции режущего клина. Однако он не стабилен. Достигнув максимальных размеров, нарост разрушается, частично уносится стружкой и поверхностью детали. Частота срывов нароста доходит несколько сотен в минуту. Наросты могут образовываться при резании различных материалов стальными, твердосплавными, минералокерамическими и алмазными инструментами.

Влияние нароста на процесс резания:

1. Уменьшается угол резания δ , а, следовательно, изменяются сопротивление резанию и условия трения.
2. Увеличивается шероховатость обработанной поверхности.
3. В зоне устойчивого наростообразования передняя и задняя поверхности режущего клина инструмента защищаются от разрушения.
4. При наростообразовании не обеспечивается требуемая точность обработки деталей, разные R и R_H .
5. Для каждого материала характерен определенный диапазон скоростей резания, при которых размеры нароста максимальны (рис. 1.12.).
6. Периодические срывы нароста приводят к возникновению вибраций, ухудшающих качество обработанной поверхности, поэтому нарост не допустим при чистовой обработке.



0 – нарост отсутствует, I – нарост мал, II – интенсивное увеличение величины нароста, III- резкое уменьшение величины нароста, IV – уменьшение величины нароста.

Рис. 1.12. Зависимость высоты нароста от скорости резания

Основной причиной изменения величины нароста при изменении скорости является температура резания, величина которой находится в прямой зависимости от скорости резания.

Усадка стружки. Пластическая деформация при срезании слоя материала внешне проявляется в том, что толщина стружки a_1 становится больше толщины среза a , а ее длина L меньше длины пройденного режущим лезвием инструмента пути L_o (рис. 1.13). Явление укорочения стружки по длине и увеличения по толщине называется *усадкой стружки*, которая характеризуется коэффициентом усадки

$$\xi_y = \frac{L_o}{L} = \frac{a_1}{a}$$

Обычно величина $\xi = 1,5 \dots 4$.

Коэффициент усадки стружки характеризует степень пластического деформирования. На усадку стружки влияют режимы резания, свойства обрабатываемого материала и другие факторы. При увеличении угла γ и применении СОЖ усадка стружки обычно уменьшается.

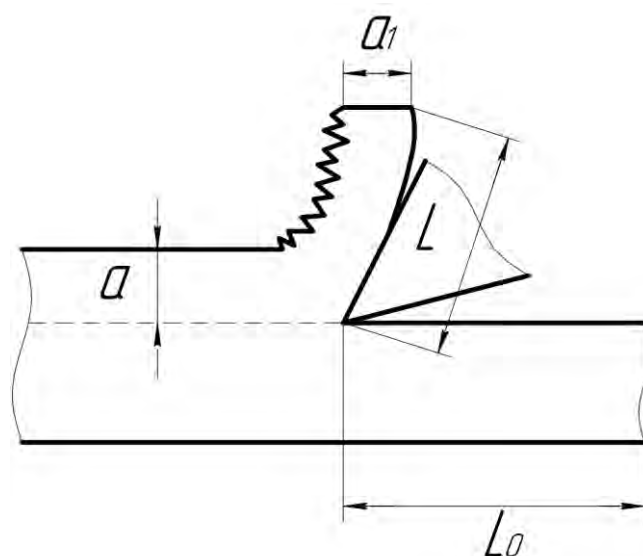


Рис. 1.13. Схема к определению усадки стружки

Тепловые явления при резании. Теплота является одним из основных факторов, влияющих на резание. Теплообразование оказывает двойное воздействие на резание. С одной стороны, интенсивное тепловыделение облегчает деформирование материала срезаемого слоя, способствует образованию пограничного слоя на контактных поверхностях стружки и заготовки. Вследствие этого уменьшается износ инструмента и повышается качество обработанной поверхности. С другой стороны, тепловое воздействие на режущее лезвие инструмента приводит к изменению структуры и физико-механических свойств материала инструмента (снижению его твердости). Температура в зоне главной режущей кромки достигает 800-1000 °С. Это приводит к потере режущих способностей инструмента и снижению точности обработки.

Тепловыми явлениями при резании необходимо управлять так, чтобы выделяющаяся теплота облегчала резание и не снижала стойкости инструмента и точности обработки. Погрешности обработки заготовки, возникающие вследствие тепловыделения необходимо учитывать при наладке станков, особенно автоматов и полуавтоматов. Для определения погрешностей нужно знать температуру инструмента и заготовки в

процессе резания.

Выделение теплоты при снятии стружки объясняется тем, что в теплоту переходит механическая работа, затрачиваемая на процесс резания. Эту работу можно выразить следующим образом:

$$A = P_z \cdot L \text{ [Дж]},$$

где P_z – тангенциальная составляющая силы резания (главная сила резания), Н;

L - путь, пройденный резцом, м.

$$A_{\text{мин}} = P_z \cdot v,$$

где v – скорость резания, м/мин.

Работа при резании материала расходуется на преодоление упругой деформации ($A_{\text{упр}}$), возникающей в процессе резания, на преодоление пластической деформации срезаемого слоя материала образованной поверхности ($A_{\text{пл}}$) и сил трения ($A_{\text{тр}}$):

$$A = A_{\text{упр}} + A_{\text{пл}} + A_{\text{тр}}$$

Работа, затрачиваемая на преодоление деформаций, составляет 55% от общей работы резания.

$$A_{\text{упр}} + A_{\text{пл}} = 55\%$$

Работа, затрачиваемая на преодоление сил трения, состоит из:

$$A_{\text{тр}} = A_{\text{тр.н.н}} + A_{\text{тр.р.з}} + A_{\text{тр.о.з}}$$

где $A_{\text{тр.н.н}} = 35\%$ – работа силы трения сходящей стружки о переднюю поверхность;

$A_{\text{тр.р.з}}$ – работа сил трения поверхности резания о главную заднюю поверхность резца;

$A_{\text{тр.о.з}}$ – работа сил трения обработанной поверхности о вспомогательную заднюю поверхность резца. Причём первая составляет 35%, а вторая и третья составляющая – 10% от общей работы резания.

Практически вся работа резания преобразуется в теплоту (более

99,5%). Следовательно, теплота примерно определяется как работа
 $Q \approx A = P_z \cdot v$

При этом теплота в зоне резания выделяется следующим образом (рис. 1.14.).

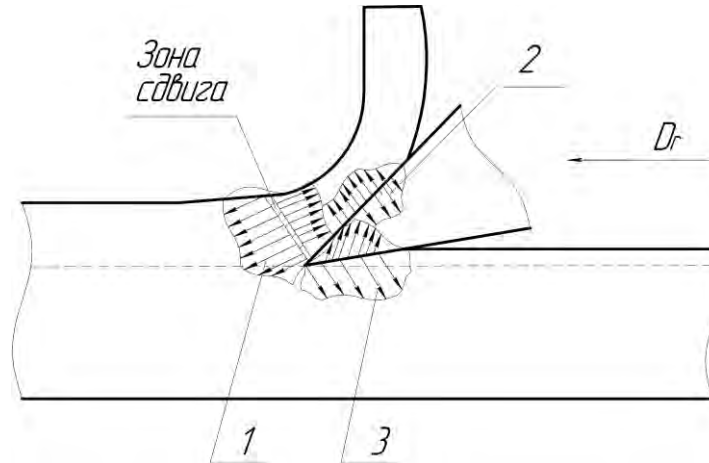


Рис. 1.14. Зоны образования и распределения тепла

Основными зонами возникновения теплоты являются:

1 - зона плоскости скалывания;

2 - зона трения срезаемого слоя о переднюю поверхность резца;

3 - зона трения задних поверхностей резца об обработанную поверхность и поверхность резания.

Вся образовавшаяся теплота распределяется согласно уравнению теплового баланса следующим образом:

$$Q = Q_{\text{упр}} + Q_{\text{пл}} + Q_{\text{тр.п.п.}} + Q_{\text{тр.р.з.}} + Q_{\text{тр.о.з.}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4,$$

где Q_1 – теплота, уходящая со стружкой (например, при $v=40-50$ м/мин и обработке резцами конструкционных сталей $Q_1 \approx 60 - 70\%$);

Q_2 – теплота, уходящая в резец (3%);

Q_3 – теплота, поглощаемая деталью (35-25%);

Q_4 – теплота, уходящая в окружающую среду (1-2%).

На количество теплоты, выделяемой при резании и, соответственно, температуру резания влияют различные факторы:

- скорость резания;

- элементы срезаемого слоя a и b ;
- физико-механические свойства обрабатываемого материала;
- параметры режущей части инструмента;
- условия охлаждения и СОЖ.

В общем случае температура в зоне резания

$$Q_{рез}^0 = C_{\theta} + v^{z_{\theta}} + s^{y_{\theta}} + t^{x_{\theta}}, \text{ где}$$

C_{θ} – постоянный коэффициент, зависящий от условий обработки;

x_{θ} , y_{θ} , z_{θ} – показатели степени, возрастающие приблизительно по геометрической прогрессии со знаменателем ряда, равным 2.

При точении, например, стали 40Х эта зависимость имеет вид

$$Q_{рез}^0 = 148,5 + v^{0,4} + s^{0,29} + t^{0,1},$$

где t – глубина резания;

S – подача;

v – скорость.

Как следует из формулы, в наибольшей мере температура в зоне резания зависит от скорости, а в наименьшей – от глубины резания. Поэтому для рациональной обработки (при наибольшей производительности и стойкости инструмента) необходимо принимать максимальные значения t и S , соответственно изменяя при этом скорость резания.

Методы оценки температур в зоне резания. Определение температуры в указанных ранее зонах 1, 2, 3 затруднительно, ибо эти зоны взаимно влияют друг на друга. Для практических целей применяются приближенные экспериментальные методы определения температуры в зоне резания, на передней поверхности у режущего лезвия и средней температуры стружки.

В зависимости от конкретных условий температуру можно измерить косвенным или непосредственными способами.

К косвенному способу относится измерение температуры:

1. **По цветам побежалости.** Определяют среднюю температуру стружки по цвету (светло-желтый – 220 °С, пурпурный – 270 °С, светло-синий – 320 °С).

2. **Калориметрическим способом.** Он позволяет определить количество теплоты, переходящей в стружку, деталь и инструмент, а также их средние температуры. Например, улавливая в калориметр горячую стружку, зная массы стружки и воды в калориметре и изменение температуры воды, можно определить среднюю температуру стружки. Есть также калориметры, в которые погружают деталь и инструмент.

3. **Метод пленок.** Заключается в том, что на контактные площадки инструмента наносится в вакууме тонкий слой чистого металла с известной температурой плавления. Теплота, выделяющаяся при резании, оплавляет пленку в области, где достигается температура ее плавления и тем самым обозначает соответствующую изотерму.

4. **Метод термокрасок.** Принципиально аналогичен методу пленок, но вместо чистых металлов используются специальные составы, изменяющие свой цвет под действием температур.

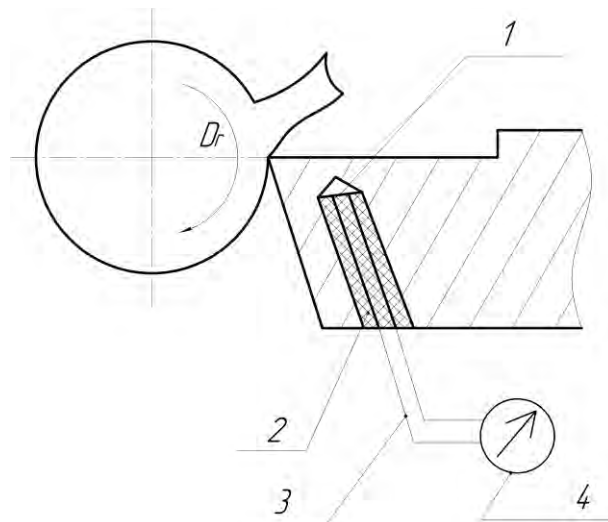
5. **Метод структурного анализа.** Этот метод основан на остаточном изменении микроструктуры и твердости материала режущей части инструмента. Однако метод очень трудоемок, не работает при низких температурах.

6. **Оптический метод.** Метод основан на принципе собирания теплового излучения с участка нагретой поверхности с помощью линз и направления его на фотосопротивления. Под действием теплового излучения в фотоэлементе возникает ток, который повышается усилителем и регистрируется измерительным устройством.

Непосредственно температура резания измеряется 3 способами: при помощи искусственной, полуискусственной и естественной термопар.

При использовании искусственной термопары (рис. 1.15) в резце

(инструменте) снизу просверливается отверстие диаметром 1,5 мм, которое на 0,5 мм не доходит до передней поверхности резца.

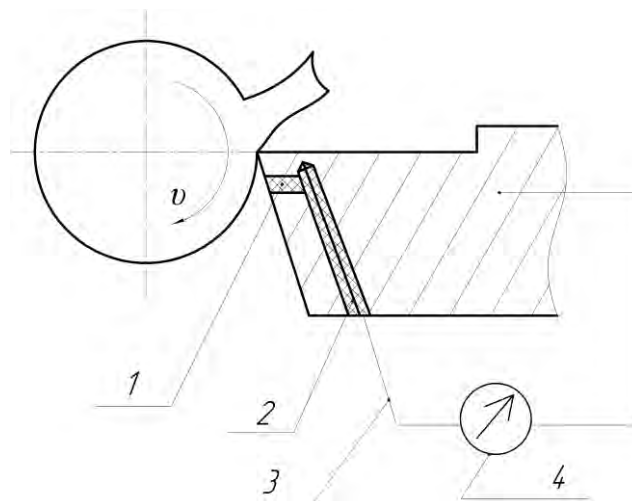


1- горячий спай; 2- изолирующая стеклянная трубка; 3-проводники, 4- гальванометр

Рис. 1.15. Измерение температуры в зоне резания при помощи искусственной термопары.

В него вставляется термопара из изолированных медной и константановой проволок небольшого диаметра (0,02-0,05 мм). Под действием высокой температуры в термопаре возникает термоэлектродвижущая сила (ТЭДС), регистрируемая гальванометром. Однако такая термопара вследствие значительного удаления ее спаев режущего лезвия дает заниженные результаты.

При измерении температуры полуискусственной термопарой в резце сверлится канал диаметром 1 мм, который около задней поверхности сужается до 0,4 мм (рис. 1.16.). В это отверстие затягивается константановая проволока, изолированная от стенок трубкой. Конец проволоки расклепывается на задней поверхности резца. Такие резцы допускают малое количество переточек, и измеренная температура получается заниженной.

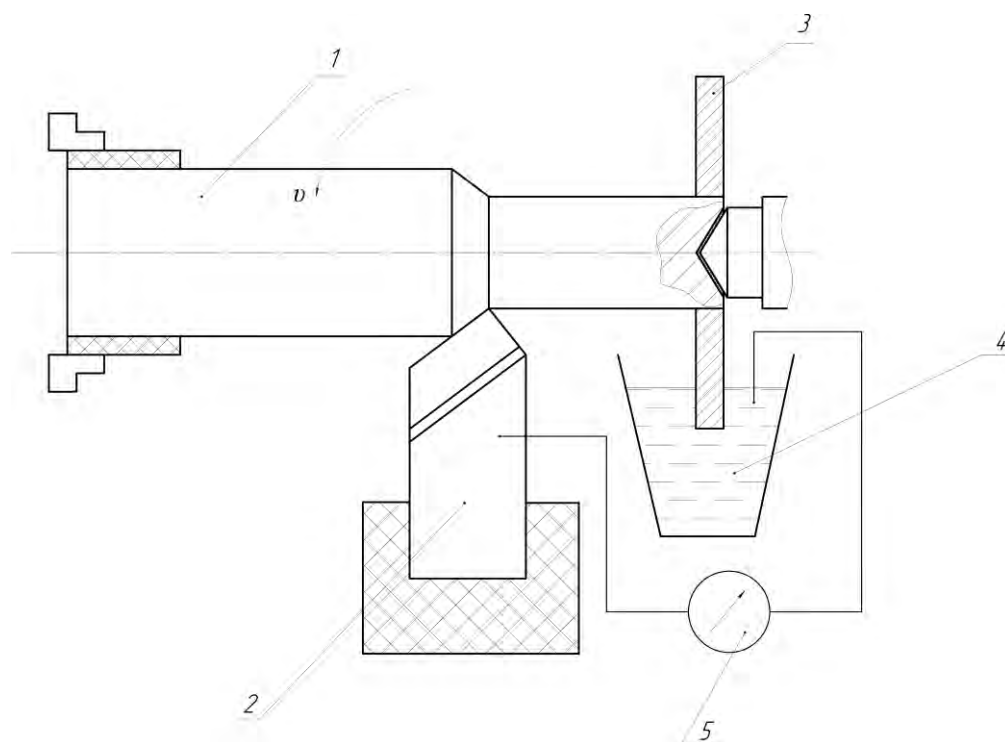


1 - горячий спай; 2 - изолирующая стеклянная трубка; 3 – проводники; 4 - гальванометр

Рис. 1.16. - Полуискусственная термопара

Измерение температуры с помощью естественной термопары лишено вышеуказанных недостатков, хотя этот способ обеспечивает измерение лишь усредненной температуры в зоне резания вдоль режущего лезвия. Элементами такой термопары являются разнородные металлы резца и обрабатываемого изделия, а спаем термопары – область контакта передней и задней поверхностей режущего клина с металлом заготовки (рис. 1.17.).

Здесь медное кольцо 3 токосъемника закреплено на детали 1 и опущено в ванночку 4 с ртутью (возможны и другие конструкции токосъемников – подвижные, скользящие контакты, гибкие валики и др.), а ТЭДС регистрируется гальванометром 5. Эта термопара измеряет суммарную температуру в зоне контакта за определенный промежуток резания. Тарировка термопар необходима каждый раз при изменении материала заготовки или резца.



1 – деталь; 2 - резец; 3 – токосъемник; 4 – ванночка; 5 – гальванометр

Рис. 1.17. Измерение температуры в зоне резания при помощи естественной термопары

Сила и мощность резания. В процессе резания на лезвие инструмента действуют силы сопротивления перемещению его по траектории относительного рабочего движения. Результирующая этих сил называется силой резания. Точка приложения этой силы находится на рабочей (активной) части главной режущей кромки резца. Для практических целей обычно нужна не сама равнодействующая сила P , а ее составляющие P_x , P_y , P_z , действующие в заданных направлениях, представляющих интерес для практики. На рис. 1.18 представлена схема сил резания при точении.

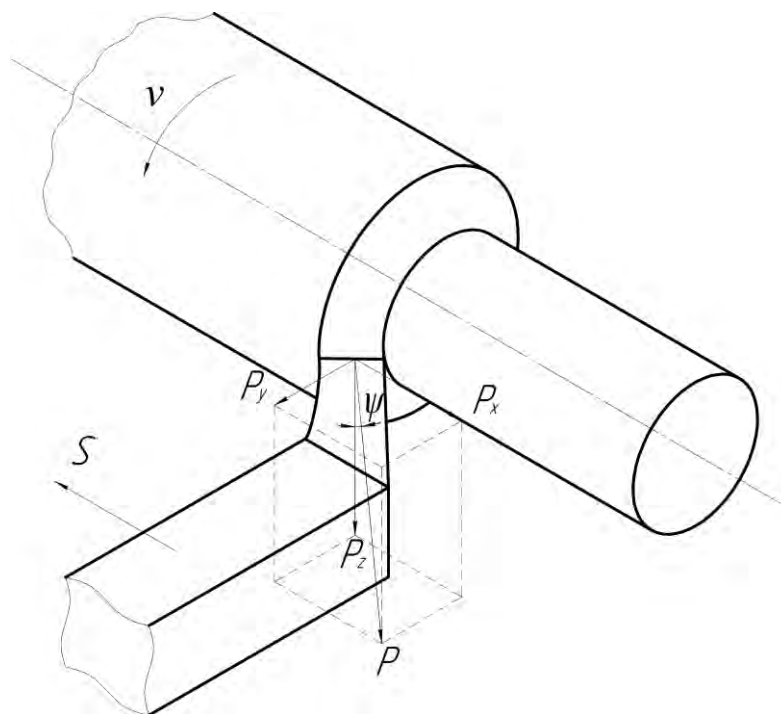


Рис. 1.18. Схема сил резания при точении

В процессе резания на лезвие инструмента действуют силы сопротивления перемещению его по траектории относительного рабочего движения. Результирующая этих сил называется **силой резания**.

Точка приложения этой силы находится на рабочей (активной) части главной режущей кромки резца. Для практических целей обычно нужна не сама равнодействующая сила R , а ее составляющие P_x , P_y , P_z , которые действуют в заданных, представляющих интерес для практики, направлении.

По тангенциальной силе P_z резец рассчитывается на прочность и жесткость и определяется мощность резания. По радиальной силе P_y рассчитывается прогиб обрабатываемой детали, прочность и жесткость деталей станка, а по осевой P_x – прочность и жесткость механизма подачи станка.

Между ними существует следующая зависимость

$$R = \sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2} \approx (1,1 \dots 1,2) P_z .$$

При этом угол между векторами сил P_z и R $\psi = 25-40^\circ$.
Эмпирически установлено: при точении конструкционных сталей резцами $\gamma=15^\circ$, $\varphi=45^\circ$, $\lambda = 0^\circ$,

$$R = (0,4 \dots 0,5)P_z,$$

$$P_x = (0,3 \dots 0,4)P_z.$$

Мощность, затрачиваемая для осуществления процесса резания, называется *эффективной*. Она не включает мощность на преодоление сил трения в механизмах станка:

$$N_{рез} = N_{pz} + N_{py} + N_{px}, \text{ кВт}$$

или при отсутствии перемещения резца в радиальном направлении ($V_y=0$), мощность, обусловленная действием этой составляющей может быть приравнена к 0.

$$N_{рез} \approx \frac{P_z \cdot V_z}{60 \cdot 10^3} + \frac{P_y \cdot V_y}{60 \cdot 10^3} + \frac{P_x \cdot V_x}{60 \cdot 10^3} = \frac{P_z \cdot V_z}{60 \cdot 10^3} + \frac{P_x \cdot V_x}{60 \cdot 10^3};$$

где $V_z=V$ – скорость резания, м/мин.

$V_x=S/1000$ – скорость подачи, м/мин; но т.к. мощность резания от $P_x=1-2\%$ от мощности резания от силы P_z , то мы этой величиной пренебрегаем, т.к. по сравнению с P_z она много меньше.

Тогда

$$N_{рез.} = P_z \cdot v / 60 \cdot 10^3.$$

Мощность электродвигателя определяется

$$N_{дв} = \frac{N_{рез}}{\eta \cdot \kappa_n} = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 10^3 \cdot \eta \cdot \kappa_n},$$

где η – КПД станка, обычно $\eta=0,75$; $\kappa_n=1,3-1,5$ – коэффициент кратковременной перегрузки.

Степень влияния V , S , t на силу резания различна. Например, глубина резания t оказывает большее влияние, чем подача.

Зависимость P_z , P_y , P_x от глубины резания t и подачи S в общем виде выражается уравнениями:

$$P_z = C_{Pz} \cdot K_{Pz} \cdot t^{X_{pz}} \cdot S^{Y_{pz}} \cdot V^{n_{pz}}, \text{ Н}$$

$$P_y = C_{Py} \cdot K_{Py} \cdot t^{X_{py}} \cdot S^{Y_{py}} \cdot V^{n_{py}}, \text{ Н}$$

$$P_x = C_{Px} \cdot K_{Px} \cdot t^{X_{px}} \cdot S^{Y_{px}} \cdot V^{n_{px}}, \text{ Н}$$

где C_p – постоянный коэффициент, зависящий от свойств обрабатываемого материала и геометрических параметров режущей части инструмента, а также условий обработки;

K_{Pz}, K_{Py}, K_{Px} – коэффициент, зависящий от факторов, которые не учтены коэффициентами C_{Pz}, C_{Py}, C_{Px} (аналогично показатели степени). Их значения приводятся в справочниках по режимам резания.

Влияние СОЖ на силу резания характеризуется уравнением

$$P_{см} = P \cdot K_{см}, \text{ где}$$

P – сила резания при работе без охлаждения;

$K_{см}$ – коэффициент, который учитывает изменение силы резания при использовании СОЖ. При охлаждении 3%-ым водным раствором эмульсола $K_{см} = 0,9-0,95$, а при охлаждении сульфифрезолом $K_{см} = 0,8$.

Пример: при обработке конструкционной стали с пределом прочности $\zeta_{вр} = 750$ МПа и резцами, оснащенными Т15К6

$$P_z = 191 \cdot t \cdot S^{0,75} \cdot V^{0,15}$$

Изнашивание и стойкость инструментов. Основной причиной затупления инструментов является их изнашивание в результате истирания и выкрашивания мельчайших частиц зубьев инструментов и режущего лезвия. В зависимости от свойств обрабатываемого материала, СОЖ, режима резания, материала инструмента и его геометрических параметров при изнашивании обычно образуются (рис. 1.19.):

- фаска по задней поверхности (a);
- лунка по передней поверхности (b);
- фаска по передней поверхности ($в$);
- округление режущего лезвия ($г$).

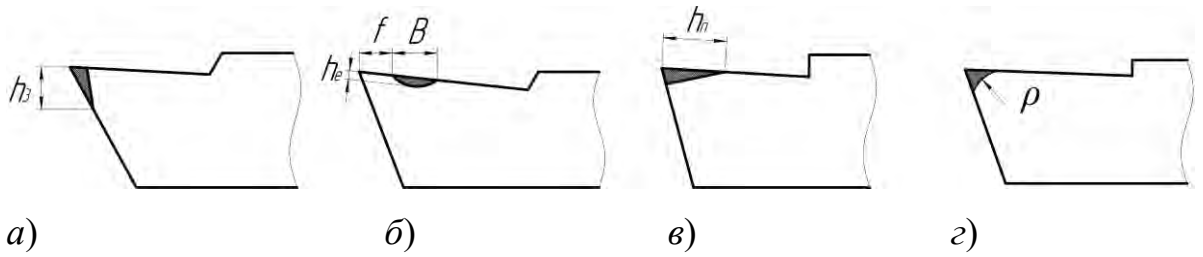


Рис. 1.19. Превалирующие виды износа режущих инструментов.

Затупление по задней поверхности характерно при обработке пластичных металлов с малой толщиной среза ($a \leq 0,15 \text{ мм}$) и относительно низких скоростях резания, а также при обработке хрупких металлов (чугун, бронза и др.) Этот вид изнашивания наблюдается у резцов, метчиков, протяжек, долбяков и др. (рис. 1.19, а).

Лунка по передней поверхности (рис. 1.19, б) зуба быстрорежущего инструмента наблюдается при обработке пластичных материалов с относительно высокими скоростями резания (до 50 м/мин) и большой толщиной среза ($a > 0,5 \text{ мм}$).

Фаска с нулевым передним углом (рис. 1.19, в) чаще всего наблюдается при ударной нагрузке.

При работе инструмента происходит также округление режущего лезвия (рис. 1.19, з). На практике указанные формы изнашивания проявляются чаще всего одновременно.

Графически нарастание износа во время работы инструмента изображается кривой, изображенной на рис. 1.19.

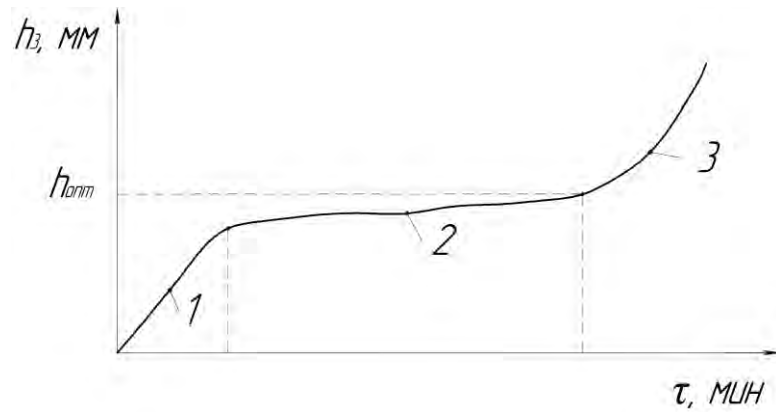


Рис. 1.19. Зависимость величины износа резца h_3 от времени его работы.

В общем случае на графике $h_3=f(\tau)$ можно выделить 3 участка:

1 — период приработки и изнашивания выступающих участков неровностей на поверхности зуба инструмента;

2 — период нормального изнашивания, который является более продолжительным и определяющим период работы инструмента;

3 — период быстрого или катастрофического изнашивания.

О чрезмерном износе инструмента можно судить по возрастающим силам резания, увеличению неровности обработанной поверхности. Для восстановления режущей способности инструмента производится его заточка. Долговечность инструмента определяется зоной стачивания L_c (рис. 1.20), в которой можно осуществлять заточку инструмента.

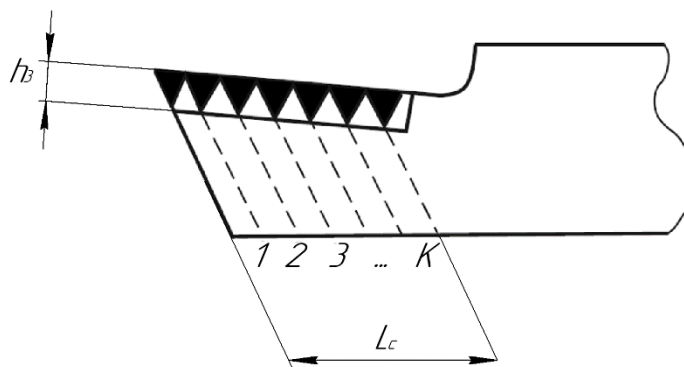


Рис. 1.20. Зона стачивания

Зная величину стачивания за каждую переточку, определяют количество переточек k .

$T_{\Sigma} = T(k + 1)$ - общий срок службы инструмента.

L_c – зона стачивания.

Продолжительность непрерывной работы инструмента до его затупления (в минутах), т.е. время его работы между двумя заточками, называется **периодом стойкости** T_s . Иногда стойкость инструмента выражается длиной пути резания L (линейная стойкость), или количеством деталей, обработанных между двумя заточками.

Стойкость инструмента зависит от физико-механических свойств обрабатываемого и инструментального материалов, геометрических параметров инструмента, режимов резания и условий обработки. Наибольшее влияние на интенсивность изнашивания оказывает скорость резания.

Чем выше скорость резания, тем быстрее начинается катастрофическое изнашивание (рис. 1.21), что вызвано возрастанием температуры в зоне резания.

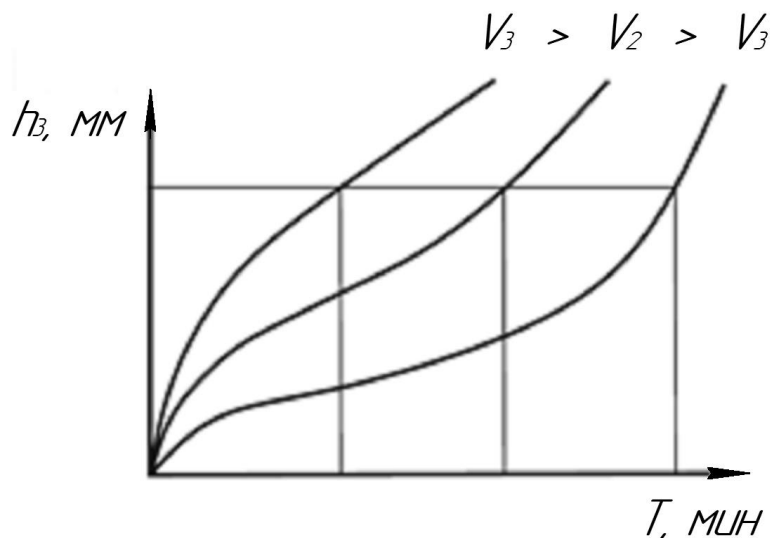


Рис. 1.21. Зависимость износа инструмента от времени его работы при различных скоростях резания

Чем выше скорость резания, тем меньше стойкость резцов из

инструментальных сталей. Для твердосплавных инструментов эта зависимость имеет более сложный характер (рис. 1.22).

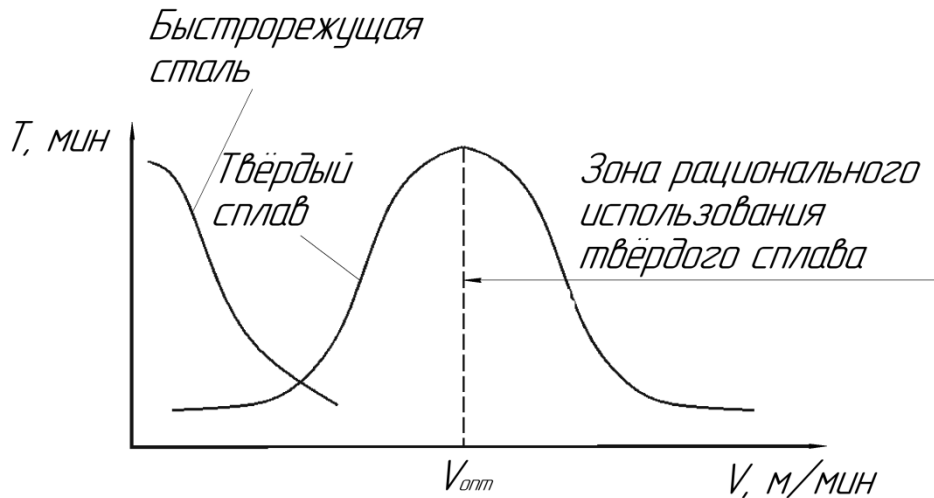


Рис. 1.22. Зависимость стойкости резца от скорости резания.

В зоне рационального использования твердого сплава является участок, расположенный вправо от максимальной стойкости (рис. 1.22). Поэтому зависимость между скоростью V и стойкостью T можно выразить в виде ниспадающей кривой.

Процессы, протекающие при изнашивании. Есть несколько гипотез протекания процесса изнашивания режущих инструментов. Здесь имеют место: абразивный, диффузионный, адгезионный и окислительный процессы.

Абразивное изнашивание происходит в результате царапания и истирания отдельных участков поверхностей инструмента твердыми включениями, находящимися в обрабатываемом материале. Контактные поверхности инструмента могут также царапать частицы периодически разрушающегося нароста, твердость которого в несколько раз превышает твердость обрабатываемого материала.

Диффузионное изнашивание происходит в результате растворения инструментального материала в обрабатываемом. Взаимному

диффузионному растворению металла инструмента и заготовки способствуют: высокая температура, большие пластические деформации и схватывание в контакте. При этом происходит диффузия не молекул химического соединения, а отдельных элементов этого соединения.

Адгезионное изнашивание происходит в результате действия сил молекулярного сцепления - адгезии, выражающейся в схватывании поверхностных слоев режущего инструмента с обрабатываемым материалом. Частицы материала вырываются с поверхности инструмента и уносятся со стружкой.

Окислительное изнашивание происходит в связи с коррозией металлов в условиях активного охлаждения зоны резания и газонасыщения; происходит разрушение поверхностных слоев путем образования оксидов и растравливание зерен в сочетании с царапанием и истиранием.

Охлаждение и смазывание при резании. Смазочно-охлаждающие технологические средства (СОТС) при обработке резанием значительно уменьшают изнашивание режущего инструмента и силы резания, улучшают качество обработанной поверхности. Применение СОТС является одним из основных способов улучшения резания труднообрабатываемых материалов.

СОТС всех видов должны отвечать следующим требованиям: не вызывать коррозию материала заготовки и оборудования; не оказывать вредного физиологического влияния на рабочего; быть устойчивыми при эксплуатации и хранении; не воспламеняться при температурах, сопровождающих процесс резания.

Применяют следующие смазочно-охлаждающие средства: твердые; жидкие; пластичные; газообразные.

Наибольшее распространение получили смазывающе-охлаждающие жидкости (СОЖ). К ним относятся: водные растворы минеральных

электролитов; эмульсии; минеральные, животные и растительные масла; минеральные масла с добавлением фосфора, серы и хлора (сульфолесолы); керосин и растворы поверхностно активных веществ в керосине; масла и эмульсии с добавками твердых смазывающих веществ и др. Роль СОЖ обуславливается 3-мя физико-химическими действиями:

- смазывающим;
- охлаждающим;
- смывающим.

К пластичным смазочным веществам относятся густые мазеобразные продукты. Их получают загущением минеральных и синтетических масел.

К газообразным смазочным веществам относятся: воздух, азот, двуокись углерода, кислород, распыленные жидкости.

Применяются следующие методы подвода СОЖ:

- метод свободно падающей струи (рис. 1.23, а);
- внутреннее охлаждение (рис. 1.23, б);
- высоконапорное или напорноструйное (рис. 1.23, в);
- охлаждение распыленной жидкостью (рис. 1.23, г).

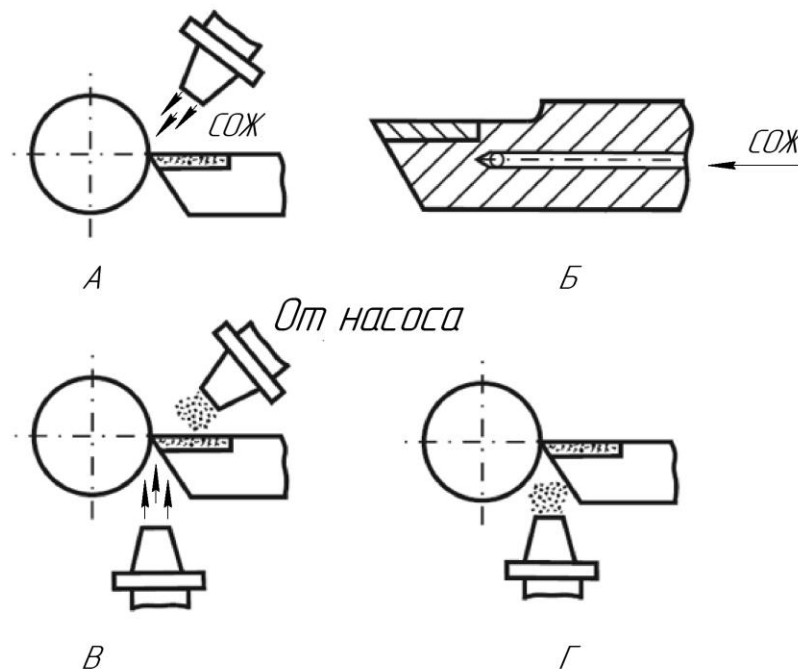


Рис. 1.23. Способы подвода СОЖ в зону резания

Метод свободно падающей струи наиболее распространен, но малоэффективен и обладает следующими недостатками: большой расход жидкости (10-16 л/мин), разбрызгивание жидкости и слабое смазочное действие.

Более эффективным является высоконапорное охлаждение. Жидкость подают под давлением 1,5 – 2,0 МПа со стороны задней поверхности инструмента через отверстие диаметром 0,4-0,5 мм. Стойкость инструмента из быстрорежущих сталей при этом возрастает в 3-7 раз по сравнению с обычным охлаждением.

Иногда применяют внутреннее охлаждение инструментов (при сверлении или точении хрупких материалов). Для этого в инструменте делают каналы, по которым прокачиваются сильно охлажденные жидкости.

Охлаждение распыленной жидкости производят с помощью инжекторной установки. Распыленная эмульсия подается в зону резания со стороны задней поверхности инструмента. При небольшом расходе жидкости (200-400 г/ч) полно и эффективно используются ее смазывающие и охлаждающие свойства. Стойкость инструмента увеличивается в 2-3 раза. Для защиты работающего от воздействия тумана на станках устанавливают специальные отсасывающие установки.

1.4. Основные сведения о станках. Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые при точении

Наиболее распространенным видом оборудования в современном машиностроительном и приборостроительном производствах являются станки для обработки конструкционных материалов путем снятия стружки. **Металлорежущими станками** называют технологические машины, предназначенные для обработки материалов резанием.

В зависимости от характера производимых на них работ и применяемого режущего инструмента станки подразделяют на 10 групп, каждая из этих групп станков, в свою очередь, разбивается на 10 типов (рис. 1.24).

Наименование станков	Шифр группы	Шифр типа									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Резервные	0										
Токарные	1	Автоматы и полуавтоматы:			Токарно-Револьверные	Сверлильно-отрезные	Карусельные	Токарные и лобовые	Многорезцевые и копировальные	Специализированные	Разные токарные
		специализированные	одношпиндельные	многошпиндельные							
Сверлильные и расточные	2		Вертикально-сверлильные	Полуавтоматы		Координатно-расточные	Радиально-сверлильные	Горизонтально-расточные	Алмазно-расточные	Горизонтально-сверлильные	Разные сверлильные
				одношпиндельные	многошпиндельные						
Шлифовальные и доводочные	3		Круглошлифовальные	Внутришлифовальные	Обдирочно-шлифовальные	Специализированные шлифовальные		Заточные	Плоскошлифовальные	Притирочные, полировальные, хонинговальные, доводочные	Разные образивные
Электрофизические и электрохимические	4			Светолучевые		Электрохимические	Электроискровые		Электроэрозионные, ультразвуковые, прошивочные	Анодно-механические отрезные	
Зубо- и резьбообрабатывающие	5	Резьбо-нарезные	Зубодолбежные для обработки цилиндрических колес	Зуборезные для обработки конических колес	Зубофрезерные для обработки цилиндрических колес и шлицевых валов	Для нарезания червячных колес	Для обработки торцов зубьев колес	Резьбофрезерные	Зубоотделочные, проверочные и обкатные	Зубо- и резьбошлифовальные	Разные зубо- и резьбообрабатывающие
Фрезерные	6		Вертикально-фрезерные консольные	Фрезерные непрерывного действия	Продольные одностоечные	Копировальные и гравировальные	Вертикальные безконсольные	Продольные двухстоечные	Консольно-фрезерные операционные	Горизонтально-фрезерные консольные	Разные фрезерные
Строгальные, долбежные, протяжные	7										Разные строгальные
Разрезные	8	Отрезные, оснащенные			Правильно-отрезные	Пилы					
		токарным резцом	шлифовальным кругом	гладким или насеченным диском		ленточные	дисковые	Ножовочные			
Разные	9	Муфто- и трубообрабатывающие	Пилонасекальные	Правильно-и безцентрово-обдирочные	Балансировочные	Для испытания инструментов	Делительные машины	Балансировочные			

Рис. 1.24. Классификация металлорежущих станков

1 группа. Объединяет токарные станки, для которых общим технологическим методом является точение.

2 группа. Состоит из сверлильных и расточных станков, т.е. станков, предназначенных для обработки отверстий.

3 группа. Включает шлифовальные, полировальные, доводочные и

заточные станки, на которых выполняется абразивная обработка.

4 группа. Комбинированные станки, а также станки электроэрозионные, анодно-механические и ультразвуковые.

5 группа. Включает зубо- и резьбообрабатывающие станки.

6 группа. Фрезерные станки.

7 группа. Строгальные, долбежные и протяжные станки.

8 группа. Состоит из разрезных станков, предназначенных для резки заготовок различными инструментами.

9 группа. Разные станки, трубообрабатывающие, балансировочные станки.

Такая классификация позволяет присваивать каждому станку серийного производства шифр (индекс) - условное обозначение типа и модели. Индекс состоит из 3-х, 4-х цифр: первая цифра указывает группу, вторая – тип (разновидность) станка в пределах данной группы, третья и четвертая – характеризуют один из важнейших размеров станка или обрабатываемой детали. Прописная буква после первой цифры указывает на модернизацию станка. Буква, стоящая после всех цифр, обозначает модификацию (видоизменение) базовой модели станка или его технологические особенности (например, повышенную точность).

Модель 3740:

3 – группа: шлифовальный станок

7 – тип станка: плоскошлифовальный с круглым столом

40 – наибольший диаметр стола (400 мм).

Модель 2135:

2 – станок сверлильный

1 – вертикальный станок

35 – максимально допустимый условный диаметр сверления в стали средней прочности с $\zeta_v=650$ МПа.

Модель 2Н135:

Н – модернизированный станок.

По степени универсальности и специализации различают следующие станки:

а) универсальные или общего назначения, на которых выполняются различные операции при обработке деталей разнообразной номенклатуры.

б) специализированные – для обработки деталей одного или немногих наименований сходных по конфигурации, но имеющих различные размеры. Применяют главным образом в серийном производстве.

в) специальные станки – для обработки одной детали, или деталей одного типа размера и станки, используемые в массовом, иногда в крупносерийном производстве.

В зависимости от массы металлорежущие станки общего машиностроения делят на следующие категории:

- Легкие - до 1 тонны,
- Средние - до 10 тонн,
- Тяжелые - свыше 10 тонн.

Последние в свою очередь делятся на: крупные – 10-30т, собственно тяжелые – 30-100т и особо тяжелые (уникальные) – более 100т.

По степени точности различают классы станков:

- нормальной точности – Н;
- повышенной – П;
- высокой – В (прецизионные);
- особо высокой А;
- особо точные – С («мастер» - станки, изготавливаемые индивидуально).

Для станков с программным управлением (ПУ) в обозначение добавляют букву Ф с цифрой: Ф1 – станки с предварительным набором координат и цифровой индикации; Ф2 – с позиционной системой

числового программного управления (ЧПУ); Ф3 – с контурной системой ЧПУ (например, 16К20ПФ3); Ф4 – с универсальной системой ЧПУ. В обозначение станков с цикловыми системами ПУ вводится буква Ц, а с оперативными системами ПУ – буква Т.

Назначение и типы приводов. Приводом станка называется совокупность устройств, получающих энергию извне и сообщающих движение соответствующим рабочим органам станка. Приводы бывают:

- групповые
- индивидуальные.

В основном в металлорежущих станках применяются индивидуальный электрический привод. Станок получает энергию движения от одного или нескольких электродвигателей. В последнем случае различают привод главного движения, привод подачи, привод быстрых перемещений и т.д.

В зависимости от расположения электродвигателя относительно станка приводы бывают с приставным, фланцевым и встроенным электродвигателем.

Приводы бывают со ступенчатым и бесступенчатым регулированием частоты вращения шпинделя и подачи. Приводы со ступенчатым регулированием выполняются в виде шестеренных коробок передач, они просты по конструкции и надежны в эксплуатации, однако, не всегда позволяют получить оптимальные режимы резания.

Для бесступенчатого регулирования движений применяется электрическое и гидравлическое регулирование, а также регулирование механическими вариаторами.

В приводах металлорежущих станков применяются ременные, цепные, зубчатые, реечные, винтовые, червячные и другие передачи

Инструмент, применяемый при обработке на токарных станках.
Резцы можно классифицировать:

1) по применению на станках: токарные, автоматные, расточные, строгальные, долбежные, для станков с ЧПУ и автоматических линий и др.

2) по виду и характеру обработки: проходные, подрезные, отрезные, расточные, резьбовые и т.д.

3) по форме лезвия: резцы общего назначения для обычной токарной обработки, фасонные. Первые имеют обычно одно прямолинейное главное режущее лезвие, а вторые – фасонное.

4) по направлению подачи и расположению главного режущего лезвия: правые, левые.

5) по конструкции головки: прямые, отогнутые, изогнутые, с оттянутой головкой.

6) по роду материала, из которого изготовлена рабочая часть: быстрорежущие, цельные и сварные, твердосплавные, напаянные и с механическим креплением, а также алмазные, эльборовые, рубиновые, лейкосапфировые и др. резцы с креплением кристаллов зачеканкой, прессовкой и механическим способом.

Наиболее широко в приборостроении при обработке труднообрабатываемых сплавов и неметаллических материалов применяются твердосплавные резцы (группа ВК), а также резцы, оснащенные кристаллами из синтетических сверхтвердых материалов.

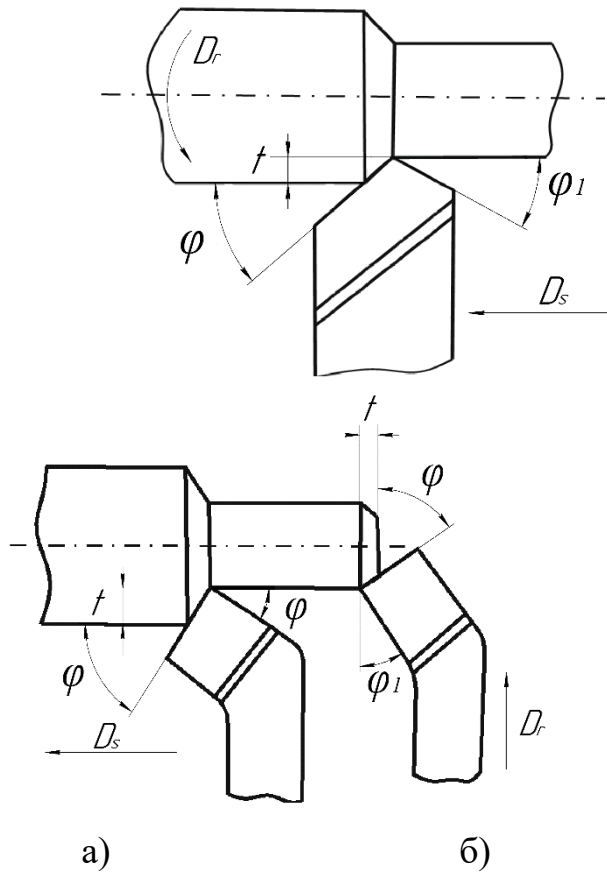
7) по форме сечения державки резцов: прямоугольные, круглые, квадратные и т.д.

8) по установке относительно обрабатываемой детали: радиальные, тангенциальные.

Проходные прямые и отогнутые резцы (рис. 1.25) применяются для обработки наружных поверхностей.

Значения геометрических и конструктивных элементов этих резцов выбирают по нормам и ГОСТ, исходя из условия обработки. Для прямых резцов обычно главный угол в плане $\theta = 45 \dots 60^\circ$, а вспомогательный угол

в плане $\theta_1 = 10 \dots 15^\circ$. У проходных отогнутых резцов углы в плане $\theta = \theta_1 = 45^\circ$. Эти резцы работают как проходные с продольным движением подачи и как подрезные с поперечным движением подачи.



а - проходной прямой резец, б – проходной отогнутый резец

Рис. 1.25. Проходные резцы

Для одновременной обработки цилиндрической поверхности и торцовой плоскости применяют **проходные упорные резцы** (рис. 1.26).

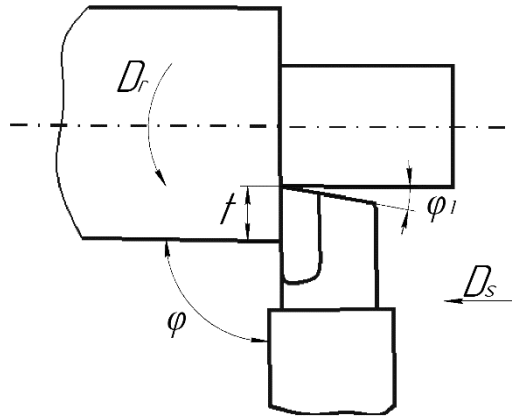
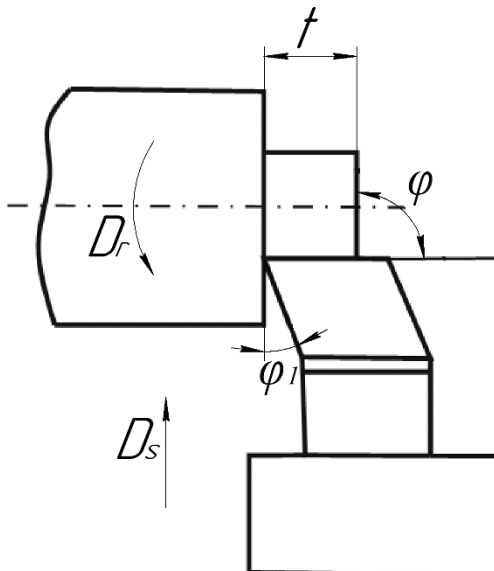


Рис. 1.26. Проходной упорный резец

Резец работает с продольным движением подачи. Главный угол в плане $\theta = 90^\circ$. Таким проходным резцом рекомендуется обрабатывать нежесткие валы, потому что радиальная составляющая силы резания $P_y = 0$, что снижает деформацию заготовки.

Подрезные резцы применяют для подрезания торца заготовки (рис. 1.27). Они работают с поперечным движением подачи инструмента по направлению к центру или от центра заготовки.



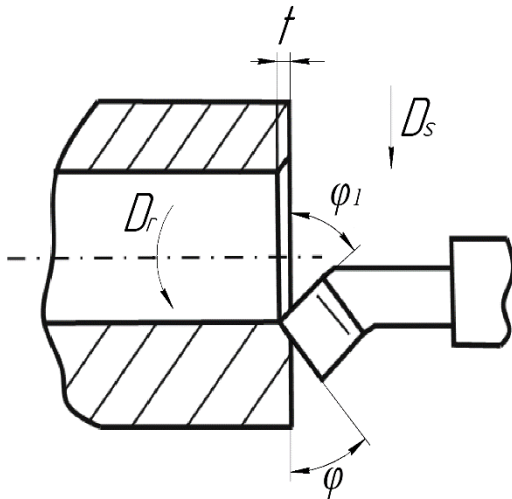
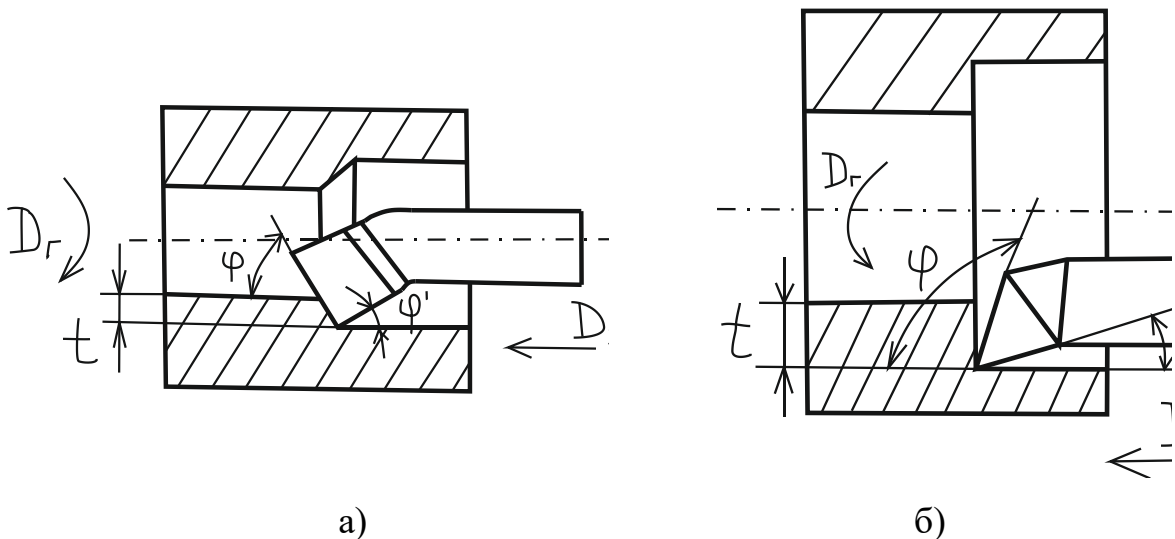


Рис. 1.27. Подрезной резец

Расточные резцы используют для растачивания отверстий, предварительно просверленных или полученных штамповкой, или литьем (рис. 1.28). Применяют два типа расточных резцов:

- 1) проходные – для сквозного растачивания;
- 2) упорные – для глухого растачивания.



а – проходной расточной резец, б – упорный расточной резец

Рис. 1.28. Расточные резцы

Резцы различаются формой лезвия:

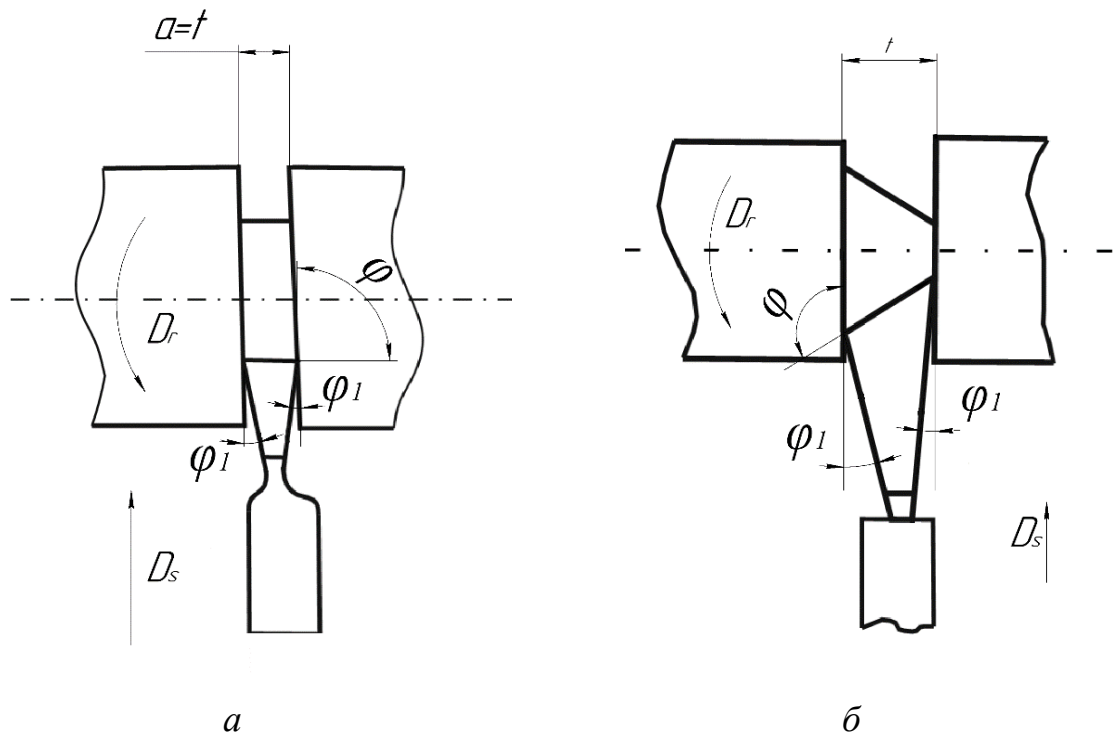
- у проходных расточных резцов угол в плане $\theta = 45 \dots 60^\circ$,

- у упорных – θ несколько больше 90° .

Крепежная часть расточных резцов имеет конусную форму с диаметром, увеличивающимся от лезвия к зажимной части, которую делают квадратной или прямоугольной.

Расточные резцы работают при больших вылетах из резцедержателя, что не позволяет стержневому резцу снимать стружку с большой площадью поперечного сечения. При растачивании глубоких отверстий применяют расточные резцы, закрепленные в специальных оправках. Расточные резцы, используемые для работы на револьверных станках и автоматах, также крепятся в специальных оправках, которые обеспечивают регулирование вылета резца.

Отрезные резцы применяют для разрезания заготовок на части, отрезания обработанной заготовки и для протачивания канавок (рис. 1.29). Отрезные резцы работают с поперечным движением подачи.



а – главная режущая кромка расположена под углом $\theta = 90^\circ$, б - резец с наклонно-режущей кромкой.

Рис. 1.29. Отрезные резцы

Отрезной резец (рис 1.29, а) имеет главную режущую кромку, расположенную под углом $\theta = 90^\circ$ и две вспомогательные с углом $\theta_1 = 1...2^\circ$. Для уменьшения трения в процессе резания вспомогательные задние поверхности затачивают под углом $\alpha_1 = 1^\circ 30'$. У стандартных отрезных резцов ширина режущей кромки $a = 10...30$ мм и выбирается в зависимости от диаметра заготовки.

При отрезании детали резцом с прямой главной режущей кромкой ($\theta = 90^\circ$), на отрезанной заготовке остается шейка, поэтому приходится дополнительно подрезать торец заготовки. Для исключения этой операции применяют отрезные резцы с наклонно-режущей кромкой (рис 1.29, б).

Резьбовые резцы служат для нарезания наружной и внутренней резьбы любого профиля (прямоугольного, треугольного, трапецеидального).

Форма режущих лезвий резьбовых резцов соответствует профилю и размерам поперечного сечения нарезаемых резьб.

Резьбовые резцы делят на:

- стержневые;
- круглые;
- призматические.

Они бывают: односторонние и многосторонние. Последние называются гребенками. Нарезание резьбы односторонним резцом по сравнению с другими методами (кроме резьбошлифования), обеспечивает наивысшую точность по шагу и профилю.

Фасонные резцы применяют для обработки коротких фасонных поверхностей вращения с длиной образующей линии до 30 – 40 мм. Форма режущей кромки фасонного резца соответствует профилю детали. Фасонные резцы используют в крупносерийном и массовом производстве. Точно рассчитанные и изготовленные фасонные резцы обеспечивают высокую производительность, малое отклонение формы и размеров

изготавливаемой детали. По конструкции фасонные резцы подразделяются на:

- стержневые;
- круглые;
- призматические.

По направлению движения подачи на:

- радиальные;
- тангенциальные.

Круглые и призматические резцы имеют большую стойкость и выдерживают большее число повторных заточек, чем стержневые, при сохранении формы и размеров режущего лезвия. Наибольшее применение имеют круглые и призматические резцы, работающие с радиальным движением подачи. Менее распространены призматические резцы, работающие с тангенциальным движением подачи.

Резцы для малогабаритных токарных автоматов и полуавтоматов в приборостроении отличаются от обычных токарных резцов размерами и конструкцией. Автоматные резцы имеют меньшее поперечное сечение державки, их припайная рабочая часть из быстрорежущей стали значительно длиннее головки резца, что повышает срок их службы. Для уменьшения вибраций при радиальном срезании автоматных резцов, главный угол в плане θ увеличен до $60...90^\circ$, а вспомогательный θ_1 до $35...40^\circ$. В тех же целях применяются резцы тангенциальной установки.

Последовательность назначения режимов резания при точении.

Для достижения минимального значения машинного времени (основного времени), при сохранении постоянной стойкости необходимо соблюдать следующую последовательность при назначении режимов резания:

- 1) выбрать режущий инструмент с необходимыми характеристиками;
- 2) установить глубину резания t ;

3) определить подачу S ;

4) определить скорость резания v , которая при заданном значении t и S обеспечивает требуемый период стойкости инструмента.

Выбор режущего инструмента. К характеристикам резца относят обычно материалы и геометрические параметры режущей части, размер и сечение крепежной части, которая назначается в зависимости от свойств обрабатываемого материала, жесткости системы СПИД, вида обработки (черновой, чистовой или отделочной) и других условий резания.

Выбор глубины резания. Пределом увеличения глубины резания t является припуск на обработку, который в свою очередь должен быть тоже минимален. Обычно на черновые проходы оставляют 80% и на чистовые – 20% от величины припуска.

Выбор подачи. С учетом выбранной глубины резания назначается максимально допустимая подача. Ее величина ограничивается различными факторами. Так при грубой черновой обработке, она ограничивается прочностью и жесткостью обрабатываемой детали, и способом ее закрепления на станке (в патроне, в центрах), может ограничиваться прочностью державки инструмента и механизма подачи станка, а также прочностью твердосплавной или минералокерамической пластинки. При чистовой и отделочной обработке подача ограничивается требованиями к шероховатости и точности обрабатываемой поверхности детали. При получистовом и чистовом точении при угле $\theta_1 > 0$, силы резания незначительны и проверка подачи по прочности и жесткости резца, детали и станка не производится. Наименьшая подача и будет оптимальной.

Назначение скорости резания и частоты вращения шпинделя станка. По выбранным значениям t и S определяют v_T , обеспечивающую наивысшую стойкость инструмента. Обычно v_T определяют из соотношения:

$$v_T = \frac{C_V}{S^{xv} \cdot t^{yv} \cdot T^M} ; \text{ м/мин, определяемого по справочникам.}$$

Выбранную скорость необходимо умножить на поправочные коэффициенты

$$v = v_T \cdot K_V .$$

По найденной величине v подсчитывают частоту вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}$$

Выбранный станок проверяется по мощности двигателя.

Токарные станки. Основными техническими характеристиками токарного станка являются наибольшие диаметры заготовки и ее длина.

Универсальные токарные станки по назначению подразделяются на собственно-токарные, не имеющие ходового винта для нарезания резьбы резцами, токарно-винторезные, токарно-револьверные, токарно-карусельные, токарно-лобовые, токарно-затыловочные, резботокарные.

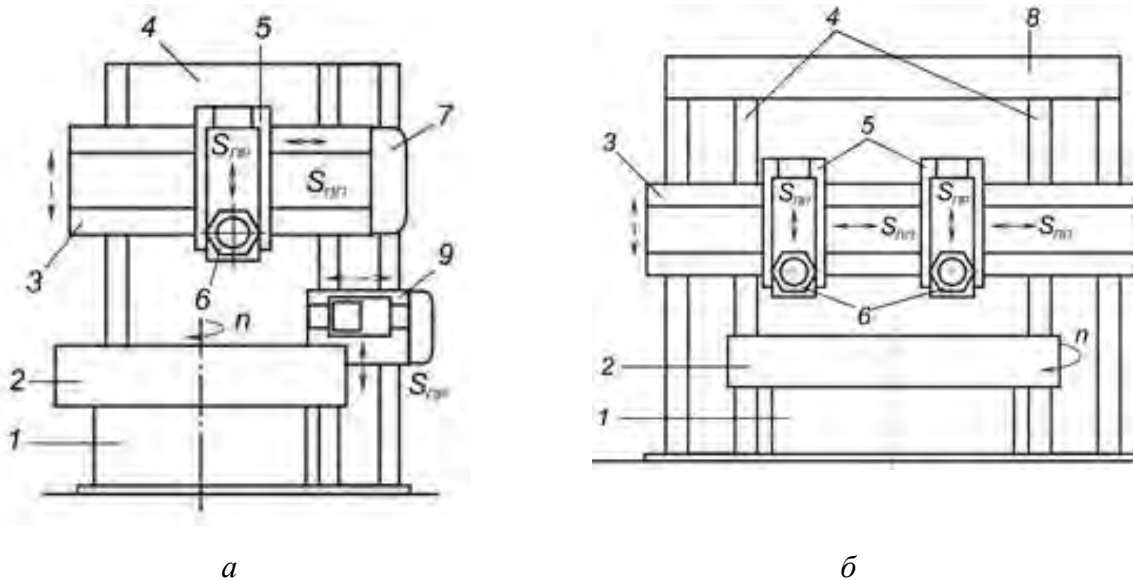
В токарных станках главным движением является вращение шпинделя с закрепленной в нём заготовкой, а движением подачи – перемещение суппорта с резцом в продольном и поперечном направлениях. Все остальные движения вспомогательные.

Лобовые и карусельные токарные станки предназначены для обработки деталей больших диаметров и сравнительно небольшой длины. Лобовые станки имеют планшайбу и не имеют задней бабки.

Токарно-карусельные станки предназначены для обработки разнообразных по форме деталей, у которых диаметр намного больше длины - заготовки тяжелых зубчатых колес, маховиков и других деталей типа дисков. На токарно-карусельных станках точат и растачивают соответственно наружные и внутренние цилиндрические, конические фасонные поверхности; сверлят, зенкеруют, развертывают центральные

отверстия; резьбовыми резцами нарезают резьбу; точат плоские торцы и обрабатывают фаски, канавки, галтели и подобные поверхности. На токарно-карусельных станках дополнительно могут быть установлены специальные фрезерные или шлифовальные устройства, позволяющие фрезеровать и шлифовать плоскости.

Токарно-карусельные станки (рис.1.30) отличаются от других токарных станков вертикальным расположением оси вращения планшайбы 2, на которой устанавливается непосредственно на столе или закрепляется в патроне обрабатываемая заготовка. Станки могут иметь одностоечную или двухстоечную компоновку. В одностоечных токарно-карусельных станках (рис.1.30, а) имеется вертикальный суппорт 5 с револьверной головкой 6 и боковой суппорт 9 с резцедержателем, работающий с вертикальной подачей. В двухстоечных (рис.1.30, б) предусмотрен дополнительный верхний резцовый суппорт, имеющий горизонтальную подачу. Режущие инструменты закрепляют в резцедержателях верхнего и бокового суппортов, а также в гнездах револьверной головки.



a – одностоечный; *б* – двухстоечный; 1 – станина; 2 – планшайба; 3 – траверса; 4 – стойка; 5 – вертикальный суппорт; 6 – револьверная головка; 7 – привод подачи; 8 – балка; 9 – боковой суппорт

Рис.1.30. Общий вид токарно-карусельных станков

На токарно-револьверных станках обрабатываются детали небольших и средних размеров сложной формы, когда для их изготовления требуется применять несколько инструментов (резцы, сверла, зенкеры, метчики). Эти станки в отличие от токарно-винторезных не имеют задней бабки и ходового винта, а имеют револьверную головку, в гнездах которой устанавливаются различные инструменты. По конструкции револьверной головки эти станки бывают с вертикальной и горизонтальной осью вращения головки.

Токарно-затыловочные станки применяются в инструментальном производстве для обработки задних поверхностей зубьев режущих инструментов.

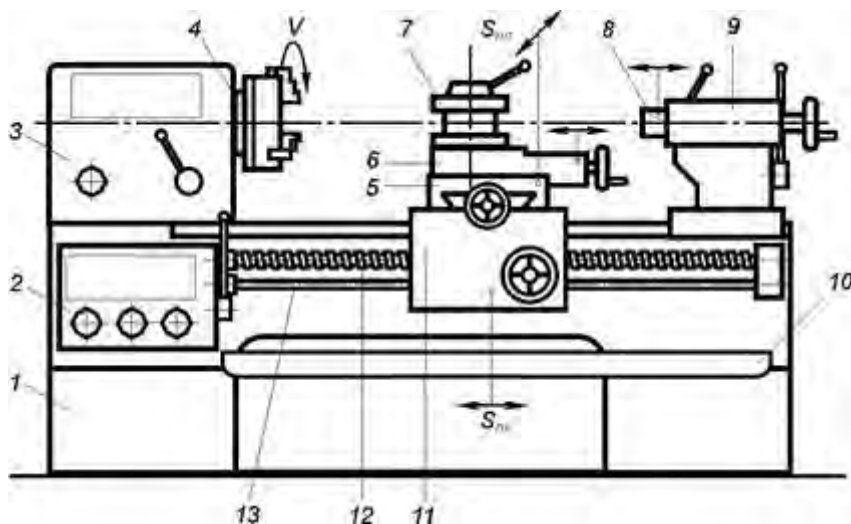
Токарно-винторезные станки. Токарно-винторезные станки (ТВС) относятся к станкам общего назначения, на которых выполняются все виды токарных работ. Основными размерами являются:

- наибольший диаметр заготовки, устанавливаемой для обработки над станиной;
- наибольшая длина обрабатываемого изделия;
- наибольший диаметр прутка.

Все узлы ТВС (рис. 1.31) смонтированы на станине 1, на которой выполнены основные базовые поверхности - продольная направляющая и плоскости прилегания. Слева на одной из плоскостей прилегания станка жестко закреплена шпиндельная бабка, в которой размещены механизм коробки скоростей 3 в большинстве случаев представляющий собой многоскоростную передачу с выходным валом шпинделя 4, на торце и в отверстии, которого размещена вспомогательная оснастка для установки и закрепления обрабатываемых заготовок. С правой стороны станины на специальных направляющих находится задняя бабка 9, в коническом отверстии пиноли 8 которой устанавливаются концевые инструменты и специальная оснастка. Шпиндель 4 и отверстие 8 пиноли расположены на

общей оси, которая называется линией центров.

С левой стороны на боковой поверхности станины закреплена коробка подач 2, которая представляет собой многоскоростную зубчатую передачу, получающую вращение от шпинделя и через гитару сменных колес передает его двум своим выходным элементам: ходовому валу 13 и ходовому винту 12. Ходовой винт имеется только у токарно-винторезных станков, где используется при нарезании резьбы. Между передними и задними бабками по основным направляющим станины перемещается суппорт, на каретке которого выполнены направляющие для перемещения на них салазок поперечного суппорта 5. На верхней плоскости смонтирован продольный суппорт 6, который может совершать установочный поворот вокруг вертикальной оси. Салазки продольного суппорта 6 перемещаются вдоль своих направляющих и несут на себе поворотный резцедержатель 7.



1 – станина; 2 – коробка подач; 3 – коробка скоростей; 4 – шпиндель; 5 – поперечный суппорт; 6 – продольный суппорт; 7 – верхний суппорт; 8 – пиноль; 9 – задняя бабка; 10 – поддон; 11 – салазки; 12 – ходовой винт; 13 – ходовой вал

Рис.1.31. Общий вид токарно-винторезного станка

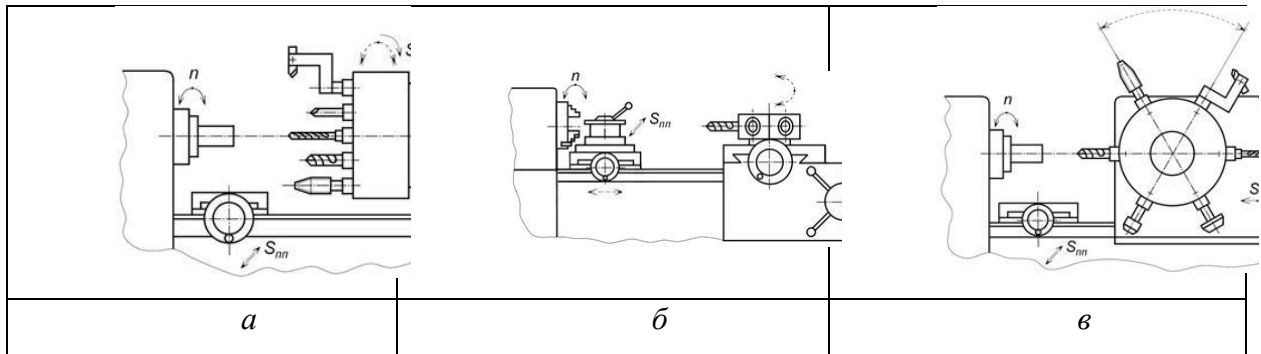
При нарезании резьбы движение поступает на суппорт по более

короткой и точной кинематической цепи через ходовой винт *12* и гайку, которая закреплена в фартуке суппорта. При всех других видах обработки движение на суппорте передается по ходовому валу *13* через механизм фартука на реечную шестерню, которая, зацепляясь с закрепленной на станине рейкой, перемещается вместе с суппортом в продольном направлении.

Для получения заданной поверхности необходимо два формообразующих движения: вращательное движение заготовки B_1 , прямолинейное перемещение инструмента P_3 или P_2 .

Токарно-револьверные станки. Токарно-револьверные станки предназначены для обработки деталей достаточно сложной формы и требующих при изготовлении большого числа различных инструментов. Конструкция таких станков позволяет использовать в качестве заготовок как прутки (круглого, квадратного, шестигранного и др. сечения), так и штучные заготовки (штамповки, отливки, поковки). На прутковых станках прутки зажимают в цанговом патроне, пропустив его через отверстие шпинделя. После обработки заготовку отрезают от прутка. На патронных станках штучные заготовки устанавливают в кулачковых патронах.

Конструктивной особенностью токарно-револьверных станков является наличие револьверной головки, в которую устанавливают несколько инструментов, работающих с продольной подачей (сверла, зенкеры, развертки, метчики, проходные и расточные резцы). Револьверные станки классифицируют в зависимости от конструкции револьверной головки: станки с многогранной револьверной головкой с вертикальной осью вращения; с круглой головкой с горизонтальной осью вращения револьверной головки перпендикулярно и параллельно оси шпинделя. На рис. 1.32 показаны схемы компоновки токарно-револьверных станков.



a – с вертикальной осью поворота револьверной головки; *б, в* – с горизонтальной осью поворота револьверной головки перпендикулярно и параллельно оси шпинделя

Рис.1.32. Схемы компоновки токарно-револьверных станков

Токарно-револьверные станки с многогранной головкой дополнительно имеют еще один-два (передний и задний) поперечных суппорта. На суппортах в резцедержателях закрепляют инструменты, работающие с поперечной подачей - подрезные, фасонные, канавочные, отрезные и т.п. резцы. В револьверной головке закрепляют проходные и расточные резцы, работающие с продольной подачей; и инструменты, работающие с осевой подачей - сверла, зенкеры, развертки, метчики.

Благодаря увеличенному числу инструментов, заранее настроенных на получение нужных размеров заготовки, токарно-револьверные станки позволяют обрабатывать большое число поверхностей сложных деталей с меньшими затратами времени, чем на токарно-винторезном станке. Однако, необходимость предварительной наладки токарно-револьверных станков, а также существенное увеличение времени обработки заготовок за счет последовательности в работе инструментов ограничивают область применения таких станков условиями серийного производства.

Основными размерами, характеризующими ТРС, является наибольший диаметр обрабатываемого прутка, наибольший диаметр обрабатываемой в патроне детали над станиной и над суппортом, а также максимальное расстояние от переднего конца шпинделя до передней грани или торца револьверной головки и наибольшее перемещение головки.

Токарные автоматы и полуавтоматы. *Автоматом* называется станок, в котором автоматизированы все основные и вспомогательные движения, необходимые для выполнения технологического цикла обработки заготовки, а также загрузка заготовок и выдача обработанной детали. Обслуживание автомата сводится к периодической подаче материала (штучных заготовок или прутка), контролю обрабатываемых деталей и подналадке станка.

Полуавтоматом называется станок, в котором автоматизированы только все основные и вспомогательные движения, составляющие цикл обработки данной заготовки. По окончании цикла полуавтомат останавливается, и для повторения цикла необходимо иметь готовую деталь, установить и закрепить заготовку и пустить станок.

По количеству шпинделей автоматы и полуавтоматы делятся на:

- одношпиндельные;
- многошпиндельные.

По расположению оси шпинделя на:

- горизонтальные;
- вертикальные.

По технологическому назначению на:

- фасонно-отрезные;
- фасонно-продольные;
- револьверные.

По назначению автоматы и полуавтоматы бывают:

- универсальные, применяемые для разнообразных операций над различными деталями;
- специализированные (для выполнения узкого круга операций над определенными деталями).

По виду заготовки различают:

- автоматы для изготовления деталей из бухты проволоки;

- из пруткового материала;
- из штучных заготовок (отливки, поковки).

Полуавтоматы служат для изготовления изделий только из штучных заготовок.

Автоматизация цикла работы современных станков осуществляется в основном на основе работы электроники, механики и гидравлики.

Одношпиндельные токарные автоматы. Наиболее распространенными типами одношпиндельных токарных автоматов являются:

- 1) фасонно-отрезные автоматы;
- 2) автоматы фасонно-продольного точения;
- 3) токарно-револьверные автоматы.

Фасонно-отрезные автоматы. Одношпиндельные токарные фасонно-отрезные автоматы предназначены для обработки небольших по размерам деталей (диаметром до 25 мм и длиной не более 100 мм) из прутковых заготовок или из проволоки, которые пропускают через отверстие в шпинделе. Фасонно-отрезные автоматы могут иметь до пяти радиально расположенных суппортов, оснащенных отрезными и фасонными резцами. Работа этих инструментов осуществляется без продольной подачи. Кроме того, фасонно-отрезные автоматы могут быть оснащены дополнительным шпинделем, который расположен по оси заготовки и имеет вращательное и поступательное движение, позволяющее производить сверление, нарезание резьбы и т.п. После отрезания готовой детали или заготовки осуществляется выдвижение прутка, и цикл работы повторяется. Схема компоновки суппортов при обработке заготовки из прутка представлена на рис.1.33.

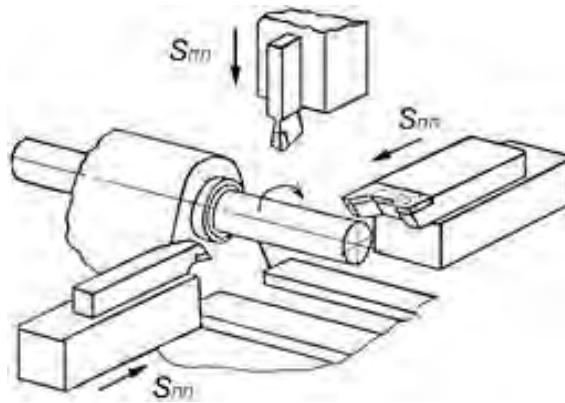


Рис.1.33. Схема токарного фасонно-отрезного автомата

Автоматы продольного точения. На одношпиндельных токарных автоматах продольного точения (рис.1.34) шпиндель с заготовкой, кроме вращения, получает осевое перемещение вместе со шпиндельной бабкой *1*. Станок имеет до пяти суппортов с радиальным перемещением, используемых как для поперечного точения по способу копирования (фасонные, канавочные, отрезные резцы), так и для продольного точения по способу следа (проходные резцы).

При продольной подаче заготовки со шпинделем и неподвижном положении проходного резца в одном из поперечных суппортов производится формообразование цилиндрической поверхности. За счет согласованного продольного перемещения заготовки (шпиндельной бабки) и поперечной подачи проходного резца (поперечного суппорта) возможна обработка фасонной поверхности.

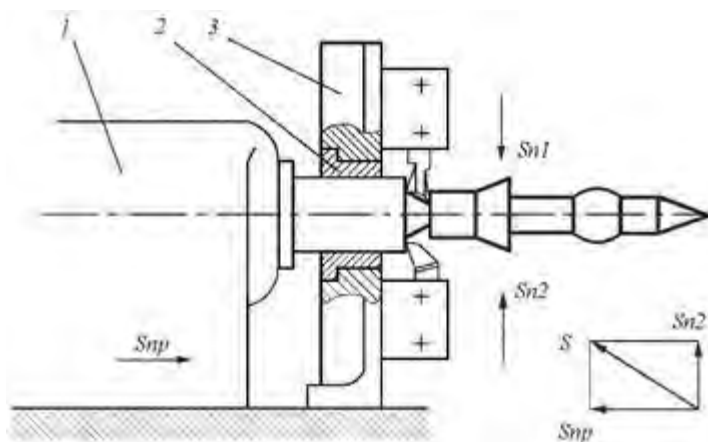


Рис.1.33. Схема автомата продольного точения

Для уменьшения прогиба и вибрации прутка под действием сил

резания передний конец его пропускают через калибровочное отверстие люнета 2, закрепленного в суппортной стойке 3, которая установлена на станине.

На автоматах обеспечивается обработка сложных профилей (сочетаний цилиндрических, конических, сферических и других поверхностей) без применения фасонных резцов, а также подрезать торцы, точить канавки, фаски, галтели. К станкам может поставляться дополнительный продольный суппорт, который позволяет выполнять сверление или нарезание резьбы.

Токарно-револьверные автомат. Более высокими технологическими возможностями обработки деталей сложных профилей обладают токарно-револьверные одношпиндельные автоматы (рис.1.34), так как помимо трех-четырех суппортов 2, работающих с поперечной подачей, в них имеется продольный суппорт 3 с многопозиционной револьверной головкой 4. В револьверной головке с помощью переходных блоков и оправок устанавливаются сверла, резцы, метчики, плашки и другие инструменты, работающие с осевой подачей. Инструменты, работающие с поперечной подачей, закрепляют в блоках на поперечных суппортах. Заготовки закрепляются с помощью цанговых патронов в шпинделе бабки 1. Заготовками являются прутки диаметром до 40 мм.

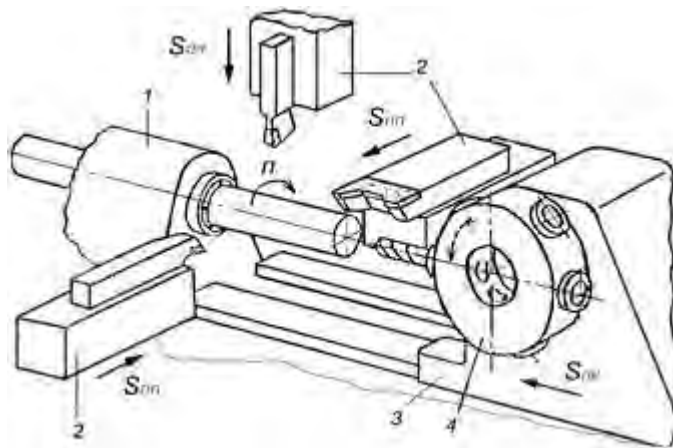


Рис.1.34. Токарно-револьверный автомат

На токарно-револьверных автоматах можно обрабатывать наружные поверхности: цилиндрические, конические, фасонные, резьбовые, плоские торцовые; точить канавки, фаски, галтели; накатывать рифления, а также производить обработку отверстий – сверление, зенкерование, развертывание, зенкование, растачивание, нарезание резьбы.

Многошпиндельные токарные автоматы и полуавтоматы.

Многошпиндельные токарные полуавтоматы и автоматы позволяют обрабатывать более сложные заготовки с большей производительностью, чем одношпиндельные автоматы. Однако точность обработки на них обычно ниже.

По виду обрабатываемых заготовок автоматы подразделяются на прутковые, заготовками для которых являются прутки различного диаметра; и магазинные, имеющие специальные емкости (магазины), для накопления штучных заготовок (литых, поковок).

Горизонтальный многошпиндельный автомат последовательного действия имеет в передней стойке барабан 1 со шпинделями 2, в которых закрепляют обрабатываемые заготовки (рис.1.35).

Шпиндели располагаются в барабане параллельно его оси вращения и получают вращение от одного привода. Около каждого шпинделя на торцовой стороне передней стойки установлены поперечные суппорты 3 с резцами, работающими от поперечной подачи (прорезные, подрезные, отрезные, фасонные и т. п.). На осевом суппорте 4, имеющем возможность продольного перемещения вдоль оси 6, смонтированы каретки с инструментами, работающими с продольной подачей (сверла, зенкеры, развертки, расточные резцы и т. п.).

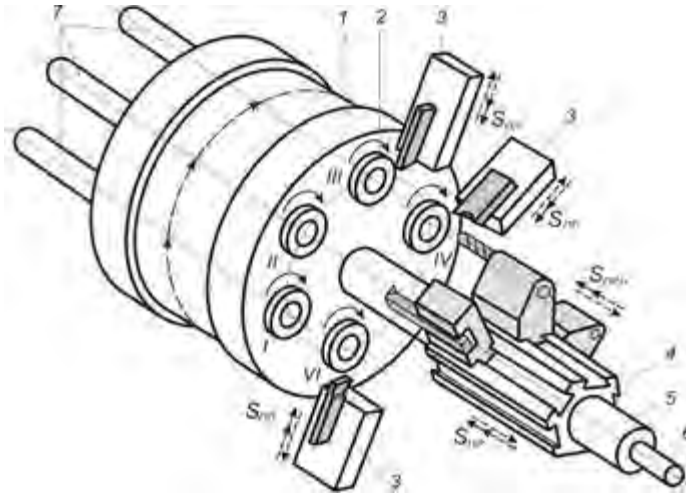


Рис.1.35. Схема горизонтального многошпиндельного пруткового автомата последовательного действия

Каретки осевого суппорта располагаются соосно со шпинделями барабана, против которых они находятся. Шпиндельный барабан с заготовками периодически поворачивается на одну позицию, и на каждой позиции выполняется своя стадия обработки заготовки. Таким образом, заготовка на каждой позиции проходит определенную стадию обработки соответствующим инструментом, а на предпоследней позиции отрезной резец отрезает деталь от прутка. Одна из позиций является загрузочной. На ней осуществляется съем обработанной и установка новой заготовки или подача заготовки до упора.

Обработка на многошпиндельных станках может выполняться по параллельной, последовательной и параллельно-последовательной схемам. При параллельном методе на станке на каждом шпинделе одновременно производятся все операции, а в конце цикла со станка снимают столько деталей, сколько шпинделей работают одновременно. Этот метод больше всего применим для обработки деталей, имеющих сравнительно простые формы при большом количестве операций, т.к. в противном случае конструкция станка усложнится, и его эксплуатация становится нерентабельной.

При обработке по последовательной схеме операция обработки

сложнопрофильной детали разбивается на группы переходов, которые закрепляются за позициями обработки. Все шпиндели с заготовками последовательно проходят эти позиции; учитывая, что все шпиндели работают одновременно, то на изготовление одной детали требуется столько времени, сколько затрачивается на самую трудоемкую операцию. При последовательно-параллельном методе одновременно изготавливаются несколько деталей, но обработка их ведется по последовательному методу.

1.5. Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые при обработке отверстий

Сверление, зенкерование и развертывание - широко распространенные в машиностроении процессы обработки глухих и сквозных отверстий в широком диапазоне диаметров. Эти процессы выполняются при двух совместных движениях: вращении инструмента или детали - главном движении и поступательном движении вдоль оси – движении подачи. Инструменты для этих процессов называются осевыми.

Сверление является одним из наиболее распространенных методов получения глухих и сквозных отверстий в сплошном материале и увеличении их диаметра, когда требуемая точность не выходит за пределы 11-13 качества и шероховатости $Ra = 5...10$ мкм.

Если необходимо получить отверстие более высокой точности, то после сверления применяют зенкерование, при этом получают 8-9 качество, $Ra = 3,2...6,4$ мкм и развертывание, при этом получают 7-8 качество и $Ra = 0,5...1,6$ мкм. Главное движение резания при сверлении – вращательное, движение подачи – поступательное. На сверлильных станках сверло вращается и имеет движение подачи S , а на станках токарного типа обычно вращается заготовка, а движение подачи имеет только сверло.

Процесс резания при сверлении протекает принципиально так же, как и при точении, но в сравнительно более сложных условиях:

1) при малых передних углах у поперечного лезвия увеличиваются деформации срезаемого слоя, силы трения, а, следовательно, и тепловыделение в зоне резания.

2) затруднен отвод срезаемой стружки и подвод СОЖ к режущим лезвиям в зону резания.

3) при отводе стружки происходит трение ее о поверхности канавок

сверла и ленточек сверла об обработанную поверхность отверстия.

4) на увеличение деформации стружки влияет изменение скорости резания вдоль режущего лезвия от максимальной на периферии сверла до нулевой – у центра.

Элементы срезаемого слоя и параметры режима резания при сверлении. За скорость резания при сверлении принимают относительную окружную скорость точки режущего лезвия сверла, лежащей на его периферии. **Подача** – это перемещение сверла вдоль своей оси за один оборот. Параметры режима резания определяются по формулам:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \quad S_M = S_o \cdot n, \quad S_z = \frac{S_o}{2},$$

где v – скорость резания (м/мин);

D – диаметр сверла (мм);

n – частота вращения сверла (об/мин);

S_z - подача на один зуб (перо) сверла (мм/зуб);

S_o - подача на оборот (мм/об);

S_M - минутная подача (мм/мин).

К элементам срезаемого слоя относятся: толщина срезаемого слоя, a – длина нормали к поверхности резания, проведенная через рассмотренную точку резания и ограниченная сечением срезаемого слоя; ширина срезаемого слоя b – это длина стороны сечения срезаемого слоя, измеренная по поверхности резания (рис.1.36).

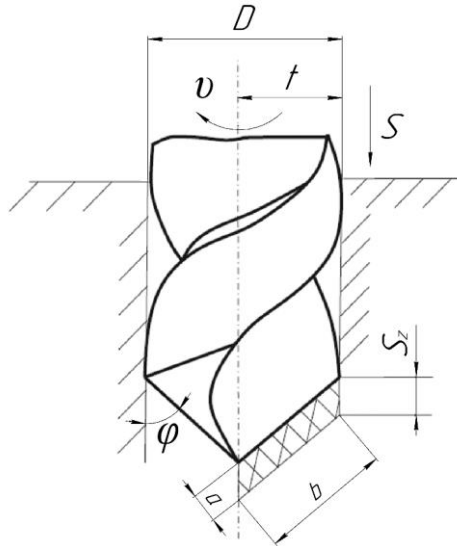


Рис.1.36. Элементы срезаемого слоя

При обработке отверстий в сплошном материале глубина резания t определяется как половина диаметра этого отверстия: $t = \frac{D}{2}$. При рассверливании, зенкерования, развертывании и растачивании глубина резания определяется как полуразность диаметров до и после обработки:

$$t = \frac{D - d}{2}, \text{ мм.}$$

Классификация сверл. Наиболее распространенными инструментами для обработки отверстий являются сверла. Выпуск сверл в объеме всей продукции инструментальных заводов составляет около 20%. По конструктивным признакам сверла могут разделить на: спиральные, перовые, для глубоких отверстий, комбинированные и центровочные.

Наиболее многочисленной является группа спиральных сверл. По точности изготовления они делятся на:

- сверла общего назначения;
- сверла точного исполнения.

Размерный ряд спиральных сверл начинается с малоразмерных сверл диаметром от 0,1 до 1,5 мм по ГОСТ 8034-76 с утолщенным цилиндрическим хвостовиком. Вследствие малых размеров этих сверл

оправданы их изготовления целиком из быстрорежущих сталей Р6М3 и Р6М5К5 с твердостью рабочей части до 60...62 HRC.

Для обработки труднообрабатываемых материалов изготавливают цельные твердосплавные сверла диаметром от 0,6 до 1 мм из сплавов ВК10М, ВК15М. Стойкость спиральных сверл с твердосплавной рабочей частью в 20-30 раз выше стойкости обычных быстрорежущих сверл. Начиная с диаметра 1,5 мм, твердосплавные сверла выполняют сборными по ГОСТ 17273-71. Рабочую твердосплавную часть этих сверл припаивают к хвостовику из стали 45. По ГОСТ 10902-77 и ГОСТ 4010-77 спиральные сверла изготавливают из быстрорежущих сталей типа Р12, Р6М3, для обработки конструкционных сталей и или из сталей типа Р9К10, Р9М4К8Ф для сверления труднообрабатываемых материалов. Такие сверла имеют твердость рабочей части 63-65 HRC. Быстрорежущие сверла выполняются как с правым, так и с левым направлением винтовых канавок. Спиральные сверла диаметром более 8 мм в целях экономии изготавливают сварными с рабочей частью из быстрорежущей стали и хвостовиком из конструкционной стали. Сверла по ГОСТ 5756-81 с пластинками из твердого сплава закрепляют в корпусе (сталь 40Х, 9ХС, Р9) пайкой. По ГОСТ 22735-77 и ГОСТ 22736-77 выполняются сверла с внутренним подводом охлаждающей жидкости для сверления труднообрабатываемых материалов.

Наиболее простыми в изготовлении являются перовые сверла, представляющие собой заостренную пластину с весьма несовершенной формой рабочей части. Эти сверла применяют для обработки отверстий малого диаметра от 0,2 до 1 мм, для обработки больших диаметров выше 80 мм, и также при ремонте (рис. 1.37).



Рис. 1.37. Перового сверла

Обработку отверстий в сталях, чугунах, легких сплавах и дереве при глубине более 10 диаметров без периодического вывода сверла производят шнековыми сверлами (с крутым наклоном спирали под углом 50-65°).

Сверла для глубоких отверстий по их назначению делятся на:

- ружейные;
- пушечные;
- шпиндельные.

По конструкции сверла глубокого сверления делятся на:

- сверла двухстороннего резания;
- сверла одностороннего резания;
- кольцевые (трепанирующие) головки.

Отверстие диаметром от 75 до 100 мм целесообразно сверлить кольцевыми (трепанирующими) головками с оставлением центрального стержня, который удаляется после окончания сверления (рис.1.38).



Рисунок 1.38. Кольцевое сверло

Обработку центровых отверстий проводят центровочными комбинированными сверлами по ГОСТ 14952-75 двух типов: 1) с предохранительной фаской 120° ; 2) без предохранительной фаски. Сверла этих типов изготавливаются из быстрорежущей стали.

Конструктивные элементы и геометрические параметры спирального сверла. Конструктивные элементы и геометрические параметры сверл рассмотрим на примере спирального. Сверло состоит из рабочей части *Б*, шейки *Д* и хвостовика *Е*, который в сверлах малого диаметров может иметь цилиндрическую с поводком или конусную с лапкой *Ж* форму. В свою очередь рабочая часть сверла состоит из режущей *В* и направляющей *Г* частей (рис.1.39).

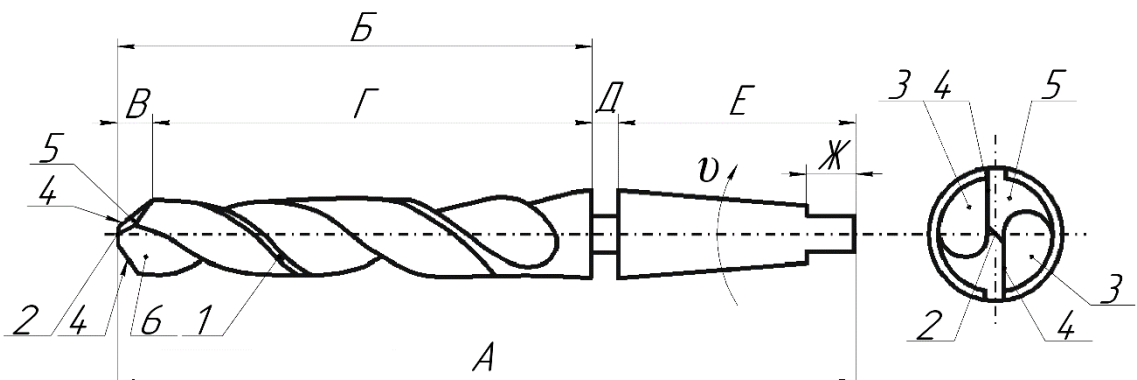


Рис. 1.39. Конструктивные элементы спирального сверла

Рабочая часть содержит следующие элементы:

- ленточки, или вспомогательные лезвия 1;
- поперечное режущее лезвие 2;
- стружечные канавки сложной формы (воздух) 3;
- два главных режущих лезвия 4;
- задняя 5 и передняя 6 поверхности зубьев, или перьев.

При сверлении и рассверливании отверстий, обработанной поверхностью является поверхность обработанного отверстия. Поверхность резания – это поверхность, образуемая режущей кромкой при её движении в процессе резания.

Геометрические параметры перьев сверла, оказывающие основное влияние на его режущие свойства, следующие (рис. 1.40.).

В нормальной плоскости со следом $N-N$ (главной секущей плоскости) измеряются главный передний угол γ и нормальный задний угол α_N .

В продольной плоскости со следом $A-A$, совпадающим с направлением подачи S , измеряются главный задний угол α и передний продольный угол γ' , который для периферийной точки лезвия равен углу наклона стружечной канавки сверла ($\gamma'=10^\circ$). Задний угол ($15-18^\circ$) при плоскостной заточке сверла в статическом состоянии постоянен по длине лезвия.

В осевой плоскости измеряются угол при вершине сверла 2θ между главными режущими лезвиями и вспомогательный угол в плане θ_1 , равный $1-2'$. Угол при вершине сверла ($2\theta = 80...140^\circ$) назначается в зависимости от свойств обрабатываемого материала. Для сверления пластичных материалов, сверла имеют большие углы при вершине, чем хрупких (для алюминия $2\theta = 140^\circ$, стали и чугуна – $116...120^\circ$, мрамора - 80° , пластмасс, не более 70°).

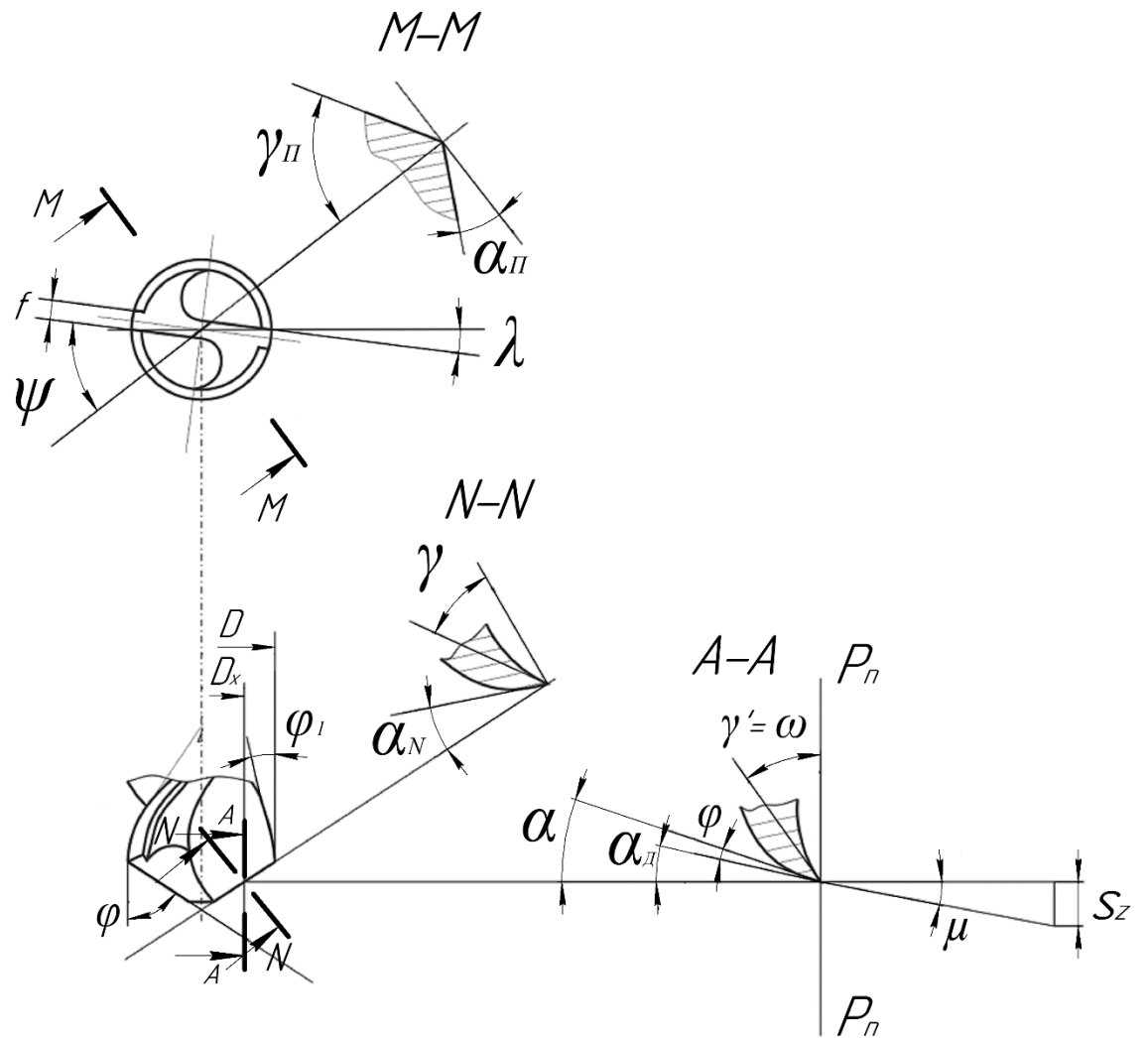


Рис. 1.40. Геометрические параметры спирального сверла

Угол наклона главного режущего лезвия λ , образуемый между лезвием и основной плоскостью. Угол наклона винтовой канавки ω – угол между касательной к винтовой линии, образующей эту канавку, и линией, параллельной оси сверла ($\omega = 15 \dots 30^\circ$).

Угол наклона перемычки ψ – угол между проекциями поперечной, и главной режущей кромки на плоскость, перпендикулярную оси сверла ($\psi = 50 \dots 55^\circ$).

Передний и задний углы перемычки γ_{II} и α_{II} . Вспомогательный задний угол сверла α_1 – измеряется в плоскости, нормальной к вспомогательной режущей кромке (кромке ленточки). Т.к. ленточка шлифуется по окружности, то вспомогательные задние углы сверла α_1

равны нулю. Динамический действительный задний угол $\alpha_d = \alpha - \theta$.

Зенкеры. Зенкерами обрабатывают отверстия в литых и штампованных заготовках, а также предварительно обработанные отверстия. В отличие от сверл они снабжены 3 - 4-мя главными режущими лезвиями и не имеют поперечного лезвия, что повышает их прочность и жесткость (рис.1.41).

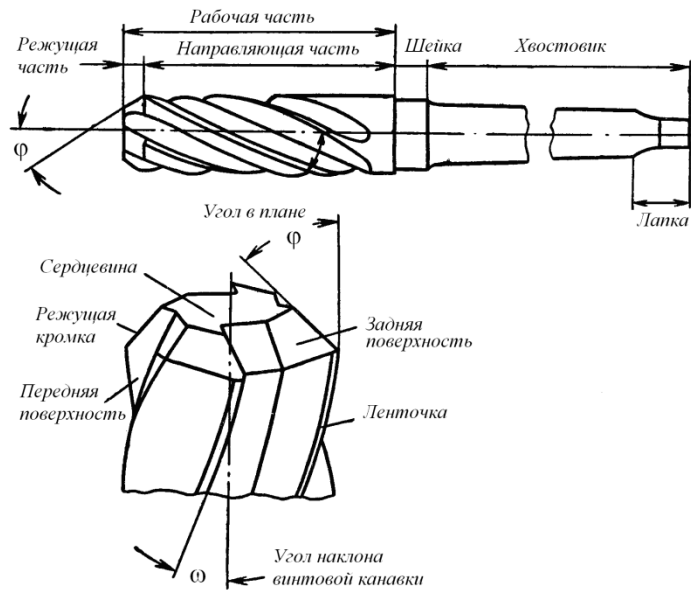


Рис. 1.41. Конструктивные элементы зенкера

В зависимости от вида обработанного отверстия зенкеры бывают: цилиндрические, конические и торцевые, а в зависимости от метода их изготовления цельные с коническим хвостовиком и насадные (рис.1.42).

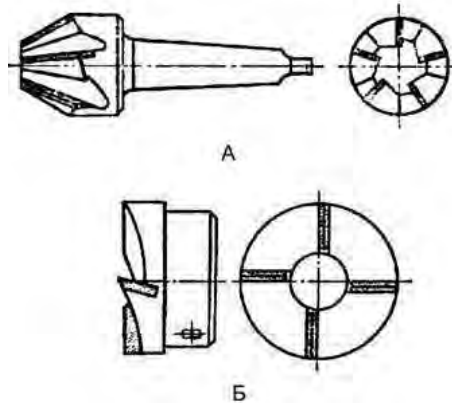


Рис.1.42. Зенкеры конический (А) и насадной (Б)

Цельные изготавливаются для обработки отверстий диаметром от 20 до 40 мм. Их рабочую часть выполняют либо из быстрорежущих сталей, либо оснащают пластинами из твердого сплава группы ВК и ТК.

Обработку отверстий больших диаметров (D больше 30мм) проводят насадными зенкерами, установленными на оправку. Их изготавливают из быстрорежущих сталей либо оснащают твердым сплавом (ГОСТ 12509-75).

Рабочая часть зенкера состоит из режущей части и калибрующего участка. С целью улучшений условий вхождения зенкера в отверстие главный угол в плане θ принимают равным $45...60^\circ$. Для более плавного врезания на режущей части зенкера выполняют двойную заточку с $\theta_0 = 30^\circ$ и длиной переходной кромки $l = 0,3-1,0$ мм (рис.1.43).

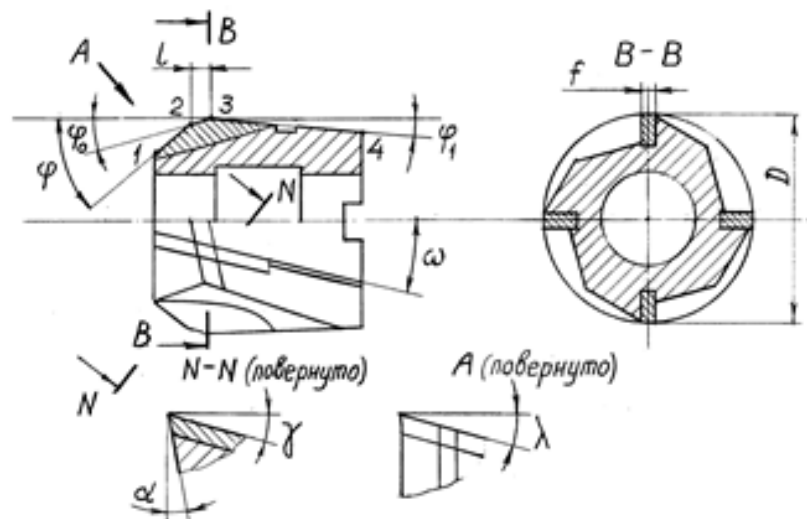


Рис.1.43. Геометрические параметры зенкера

Важное значение для эксплуатации имеет угол наклона режущей кромки λ , измеряемый в плоскости резания между режущей кромкой и основной плоскостью. Отрицательные значения $\lambda = -5...-10^\circ$ выбирают при обработке сквозных отверстий, $\lambda = 0$ – при обработке глухих отверстий и $\lambda = 10...15^\circ$ - для зенкеров, оснащенных твердым сплавом.

В связи с тем, что значение переднего угла γ зависит от угла наклона винтовых канавок ω , его принимают равным $15-25^\circ$ для цельных зенкеров

и 12° для сборных.

Для улучшения направления каждый зуб зенкера снабжают ленточкой $f = (0,10 \dots 0,05)D$.

На калибрующем участке выполняют обратную конусность $0,04 \dots 0,10$ мм на каждые 100 мм длины.

Развертки. В зависимости от формы обрабатываемых отверстий развертки разделяются на цилиндрические (ГОСТ 1523-81) и конические (ГОСТ 11177-84). Они могут быть машинными или ручными. Развертки целиком изготавливают из быстрорежущих сталей с цилиндрическими (для $D \leq 10$ мм) либо с коническими хвостовиками (для $D > 10$ мм) (рис.1.44). Развертки для диаметров свыше 30 мм делают насадными с ножами из быстрорежущей стали, либо твердых сплавов.



Рис.1.44. Развертка

Развертки имеют от 6 до 12 главных режущих лезвий, расположенных на режущей части с направляющим конусом.

Цилиндрическая развертка состоит из рабочей части, шейки и хвостовика (рис. 1.45). Рабочая часть цилиндрических разверток состоит из режущей и калибрующей частей. На левом торце развертки снимается фаска под углом 45° , которая облегчает вхождение инструмента в отверстие и предохраняет режущие кромки от повреждения. Далее следует заборный конус с углом в плане θ , зубья на котором снимают припуск, заданный на обработку. Фаска и заборный конус составляют режущую часть развертки. Для улучшения условий работы развертки при врезании

наименьший диаметр заборного конуса берется несколько меньше диаметра отверстия под развертывание.

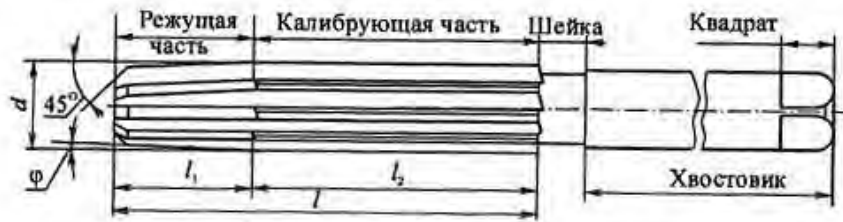


Рис.1.45. Конструктивные элементы развертки

Большое влияние на работу развертки оказывает главный угол в плане θ заборного конуса, который для ручных разверток и сквозных отверстий равен $\theta = 1...2^\circ$. Машинные развертки имеют более точное осевое направление, чем ручные развертки и поэтому θ принимает большие значения: при обработке чугуна $\theta = 4...5^\circ$, а для стали $\theta = 12...15^\circ$. Для обработки глухих отверстий применяют ручные, машинные развертки, в которых отсутствует направляющий конус, а $\theta = 45...60^\circ$.

На зубьях калибрующей части развертки выполняют ленточку шириной $0,05...0,30$ мм. Диаметр калибрующей части развертки принимают равным разности наибольшего диаметра отверстия и наибольшего значения разбивки.

Комбинированные инструменты. Используют для совмещения нескольких операций (переходов). Такие инструменты предназначены либо для однородной обработки однотипными инструментами, различающимися только размерами (ступенчатые зенкеры, фасонные борштанги для ступенчатых отверстий, наборы фрез и т.д.), либо для обработки инструментами разных типов (сверло-зенкер, зенкер-развертка, сверло-метчик и т.п.).

Конструктивная сложность и высокая стоимость делают оправданными применения комбинированных инструментов только в крупносерийном и массовом производствах.

Сверлильные станки. Сверлильные станки предназначены для обработки отверстий сверлами, зенкерами, развертками и осевыми комбинированными инструментами. Эти станки также используют при нарезании внутренних резьб, при получении конических и цилиндрических углублений, для обработки плоских торцов, бобышек и приливов и т.д. С помощью приводов Сверлильных станков получают необходимые формообразующие движения: главное движение резания – вращение заготовки или инструмента и движение подачи – поступательное перемещение инструмента вдоль оси вращения.

Сверлильные станки входят в сверлильно-расточную группу и представлены в ней тремя типами станков:

1) вертикально-сверлильные станки имеют вертикальное расположение оси шпинделя и выпускаются в двух исполнениях – настольном и напольном. Основной характеристикой Вертикально-сверлильных станков является наибольший диаметр просверливаемого отверстия в стали с $\zeta_v = 500 \dots 600$ МПа. Для настольных станков диаметр не превышает 16 мм, для напольных – 75 мм.

Вертикально-сверлильные станки по числу шпинделей делят на:

- одношпиндельные;
- многошпиндельные

По степени автоматизации:

- полуавтоматические;
- автоматические;
- автоматизированные с программным управлением.

2) радиально-сверлильные станки созданы на базе вертикально-сверлильных станков, но их технологические возможности по обработке тяжелых и крупногабаритных заготовок шире.

3) специальные и специализированные сверлильные станки предназначены для выполнения работ в условиях массового и

крупносерийного производства. К ним в частности относятся станки для сверления в коленчатых валах, фильерах, распылителях, для обработки центровых отверстий, для глубокого сверления и т.д.

Станки для глубокого сверления спиральными сверлами могут иметь как вертикальную, так и горизонтальную компоновку.

Наиболее простыми по конструкции узлов являются настольно-сверлильные станки. Механизированным в них является только привод вращения шпинделя. Движение подачи и поступательное перемещение шпинделя осуществляется вручную штурвалом.

Вертикально-сверлильные станки. Вертикально-сверлильный станок (рис.1.46) имеет опорную плиту 1, на которой базируется массивная стойка 2 с вертикальными направляющими. На стойке установлена сверлильная головка 5 с коробкой скоростей и подач. Режущий инструмент закрепляется в шпинделе и получает главное вращательное движение и движение вертикальной подачи. На вертикальных направляющих колонны установлен стол 6 с заготовкой. Перед началом обработки стол с заготовкой и сверлильная головка со шпинделем и инструментом устанавливаются соответствующим образом так, чтобы оси инструмента и обрабатываемого отверстия совпадали.

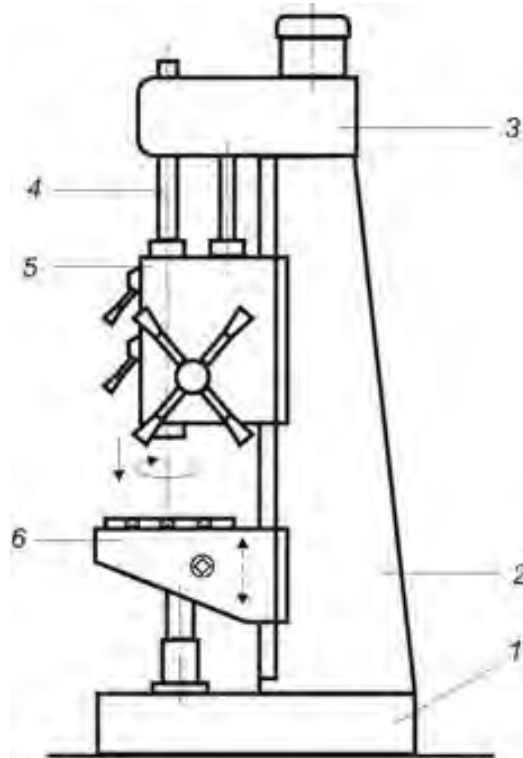


Рис. 1.46. Вертикально-сверлильный станок

Радиально-сверлильные станки. Универсальные радиально-сверлильные станки применяют в индивидуальном и мелкосерийном производствах для обработки отверстий в крупногабаритных заготовках (рис.1.47). Радиально-сверлильный станок (рис.1.48) имеет опорную плиту 1 и смонтированную на ней массивную неподвижную колонну 2, на которой установлена поворотная колонна 3.



Рис. 1.47. Радиально-сверлильный станок

Поворотная колонна играет роль направляющей для вертикального перемещения рукава 4 с горизонтальными направляющими 5. По этим горизонтальным направляющим перемещается и фиксируется в нужном положении сверлильная головка 6 с размещенной в ней коробкой скоростей и подач. Режущий инструмент закрепляется в шпинделе станка 7 и имеет главное вращательное движение и вертикальную подачу. Заготовка устанавливается в приспособление или непосредственно на фундаментную плиту и при обработке она неподвижна. Перед началом работы необходимо обеспечить совмещение осей обрабатываемого отверстия с осью шпинделя и зафиксировать его.

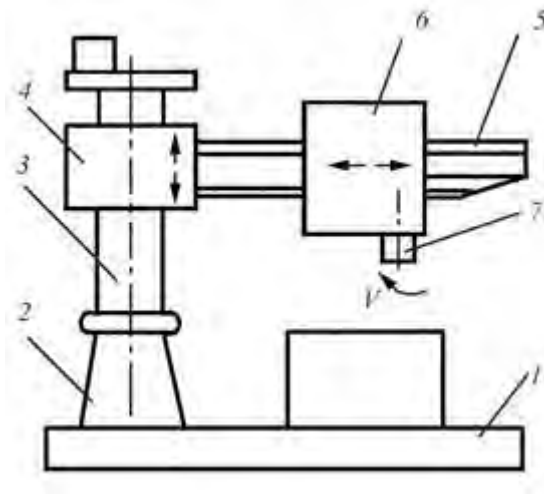


Рис. 1.48. Радиально-сверлильный станок

Горизонтально-сверлильные станки в основном применяются для обработки глубоких отверстий сверлами специальной конструкции. Горизонтально-сверлильные станки конструктивно имеют много общего со сверлильными станками, рассмотренными выше.

Все вышеуказанные типы оборудования хорошо поддаются автоматизации. Существует целый ряд одно- и многошпиндельных автоматов и полуавтоматов, созданных на базе радиально-сверлильных и вертикально-сверлильных станков. Например, на вертикально-сверлильных и радиально-сверлильных станках с ЧПУ путем переналадки можно производить различные виды работ по автоматическому циклу на деталях различных по конструкции. Такие станки с автоматическим и полуавтоматическим циклом работы благодаря своей высокой производительности успешно применяют для обработки отверстий в крупносерийном и массовом производствах.

Для обработки заготовок, имеющих несколько отверстий с точными координатами осей, успешно используются сверлильные станки с позиционным ЧПУ. Все перемещения стола станка и салазок на каждой позиции осуществляются по программе, что обеспечивает стабильную точность установки заготовки относительно инструмента без

предварительной разметки отверстий и без применения кондукторов. Быстрый подвод инструмента и все необходимые изменения режима резания производятся автоматически по программе. За счет автоматического совмещения вспомогательных движений сокращается расход времени на холостые хода, что повышает производительность обработки.

Режущие инструменты закрепляют в шпинделе сверлильных станков различными способами в зависимости от формы и размера хвостовой части инструмента (рис.1.49).

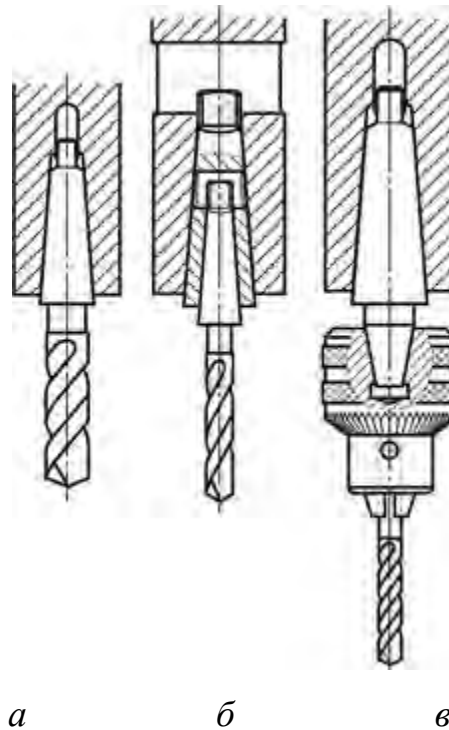


Рис.1.49. Способы крепления инструментов на сверлильных станках

Так, если размеры конического хвостовика инструмента и конического отверстия шпинделя станка совпадают, то инструмент устанавливают непосредственно в шпиндель без дополнительных элементов (рис.1.49, а); при несовпадении размеров применяют конические переходные втулки (рис.1.49, б). Инструменты, имеющие цилиндрический хвостовик, закрепляют в патронах различной

конструкции. Наибольшее распространение приобрели кулачковые и цанговые патроны (рис.1.49, в).

На сверлильных станках заготовки устанавливают в универсальных или специальных приспособлениях. Универсальные приспособления (машинные тиски, прижимные планки, призмы, поворотные столы) используют в единичном или мелкосерийном производствах при обработке небольших партий заготовок. В крупносерийном и массовом производствах применяют специальные приспособления.

Расточные станки. Растачивание - вид обработки отверстий, ранее полученных каким-либо другим методом, расточными резцами. Растачиванием обрабатывают внутренние (цилиндрические, торцовые и резьбовые), наружные (торцовые и цилиндрические) поверхности вращения, а также плоские поверхности в различных заготовках. Самое широкое применение находит этот вид обработки при обработке отверстий в корпусных деталях.

Главным движением при растачивании является вращение инструмента. Движение подачи может совершать заготовка или инструмент. Формообразование поверхностей происходит по методу следа.

Основные типы расточных станков: координатно-расточные, горизонтально-расточные и алмазно-расточные. Координатно-расточные станки позволяют обрабатывать отверстия в различных заготовках с высокой точностью формы, размеров и взаимного расположения. По конструкции такие станки бывают одностоечные (рис.1.50) и двухстоечные.

Стол 1 координатно-расточного станка может перемещаться по направляющим салазок 2, а салазки в свою очередь по горизонтальным направляющим станины совершают соответственно продольное и поперечное установочные движения. Необходимое качество обработки

достигается за счет координатной установки заготовок относительно инструмента, осуществляемой при помощи специальных оптических устройств с точностью до нескольких микрометров.

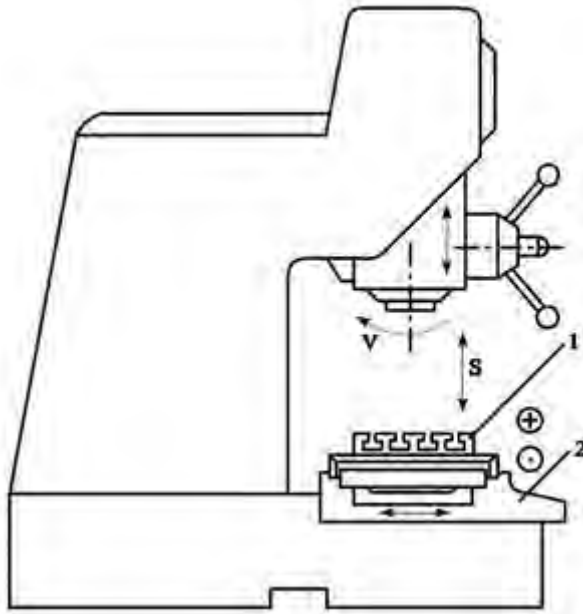


Рис.1.50. Общий вид координатно-расточного станка

Наибольшее распространение на машиностроительных предприятиях получили горизонтально-расточные станки (рис.1.51). Они используются в основном для обработки заготовок корпусных деталей.

На станине 1 горизонтально-расточного станка неподвижно закреплена передняя стойка 2, по вертикальным направляющим которой перемещается шпиндельная бабка 3 с планшайбой 4, радиальным суппортом 5 и шпинделем 6. На горизонтальных направляющих станины устанавливается в нужном положении и закрепляется задняя стойка 7 с опорным люнетом. По продольным направляющим станины перемещается стол 11, в поперечных направляющих которого перемещаются салазки 10 с поворотным столом 9 и установленной на нем заготовкой. Инструмент закрепляется в шпинделе или на планшайбе и вместе с ними совершает главное вращательное движение. Движение подачи могут совершать либо заготовка, либо инструмент. В первом случае заготовка перемещается в

поперечном направлении вместе с салазками или в продольном - вместе со столом. При осевом перемещении суппорта, радиальном - радиального суппорта или вертикальном - шпиндельной бабки движение подачи вместе с ними совершает режущий инструмент.

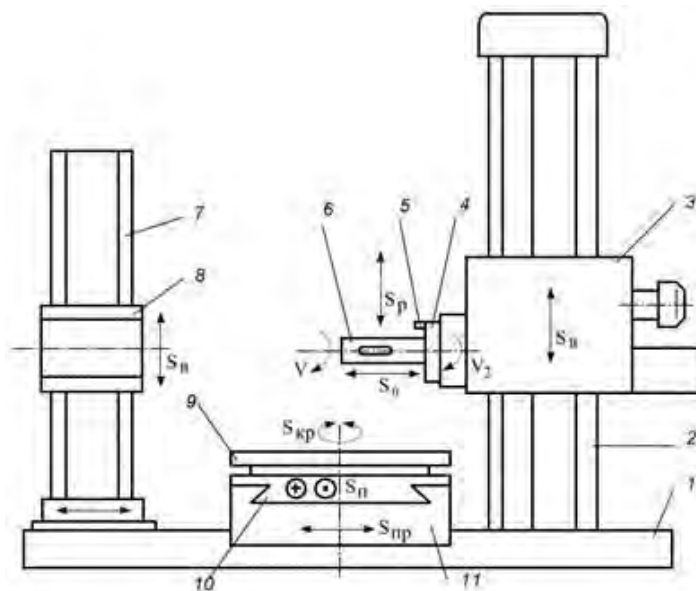


Рис.1.51. Общий вид горизонтально-расточного станка

Координатно-расточные и горизонтально-расточные станки выпускают как с ручным, так и с программным управлением. На расточных станках с ЧПУ программируется и автоматически выполняется либо часть цикла обработки, например, установка инструмента по заданным координатам, фиксация перед обработкой подвижных частей станка; либо весь цикл происходит автоматически.

На алмазно-расточных станках (рис.1.52) обрабатывают с высокой точностью цилиндрические отверстия, а также торцовые поверхности в корпусных заготовках небольших габаритных размеров. Обработка ведется по автоматическому циклу. Эти станки применяют в крупносерийном и массовом производствах.

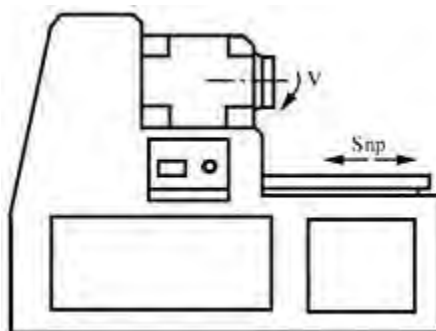


Рис.1.52. Общий вид алмазно-расточного станка

Инструменты для расточных работ. В зависимости от вида обрабатываемых на расточных станках поверхностей применяют различные виды режущего инструмента: расточные резцы, фрезы, сверла, зенкеры, развертки, метчики. Наибольшее распространение получили различного типа расточные резцы: проходные, подрезные, канавочные, резьбовые. Конструктивно они могут быть выполнены в виде стержневых или пластинчатых резцов, резцовых головок или резцовых блоков. Вспомогательным инструментом для их закрепления служат специальные оправки одно- или двухопорные. Оправки закрепляют в шпинделе расточного станка.

Стержневые резцы устанавливают на консольной или двухопорной оправке; заданный диаметр обрабатываемого отверстия обеспечивается за счет регулирования вылета резца. Иногда для растачивания многоступенчатых отверстий на одной оправке закрепляют несколько стержневых резцов. В каждом конкретном случае расположение и способ крепления резца зависит от формы обрабатываемого отверстия.

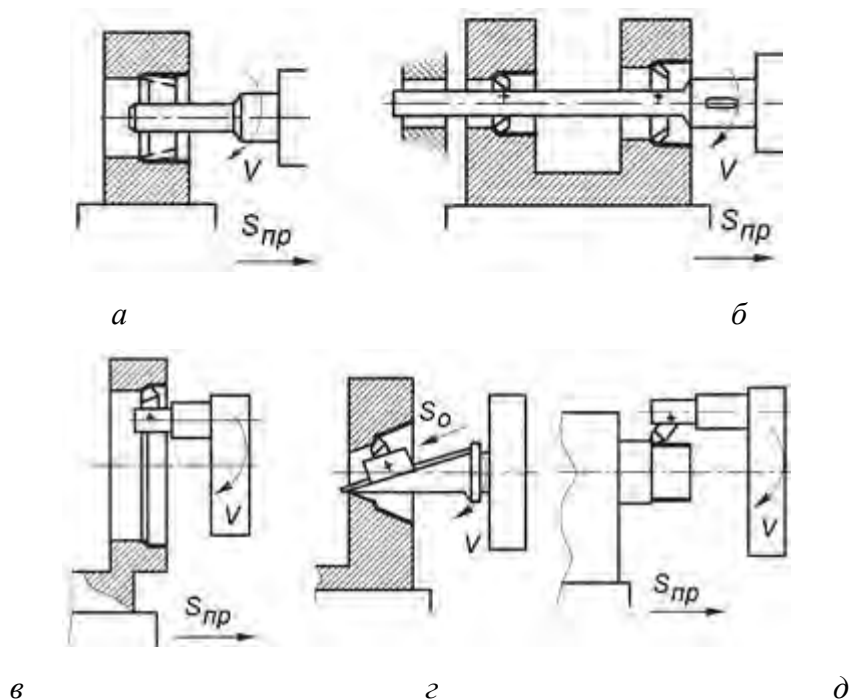
Двухлезвийные пластинчатые резцы устанавливают в оправках, консольных или двух опорных; при этом используются различные по конструкции способы закрепления резцов, например, шарнирное или клиновое. В расточных блоках, которые представляют собой сборную конструкцию, режущим элементом являются резцы либо твердосплавные пластины, установленные в корпусе. В блоках предусмотрена возможность

регулировки резцов в зависимости от размера обрабатываемого отверстия. Расточные блоки закрепляются на оправках.

Расточные головки – сборная конструкция с двумя стержневыми расточными резцами. Расточная головка в зависимости от формы и размеров обрабатываемых поверхностей может устанавливаться на оправке в любом положении по длине. Кроме отверстий, при помощи расточных головок обрабатывают еще и торцовые поверхности.

На рис.1.53 представлены некоторые схемы обработки цилиндрических и плоских поверхностей на расточных станках.

Растачивание коротких и близко расположенных к шпинделю цилиндрических поверхностей производят расточными проходными резцами, установленными на консольной оправке (рис.1.53, а). Одновременная обработка двух соосных отверстий большого диаметра расточными головками на двухопорной оправке происходит по схеме, показанной на рис.1.53, б. Можно также при работе по указанным схемам вместо продольной подачи иногда применять осевую подачу инструмента.



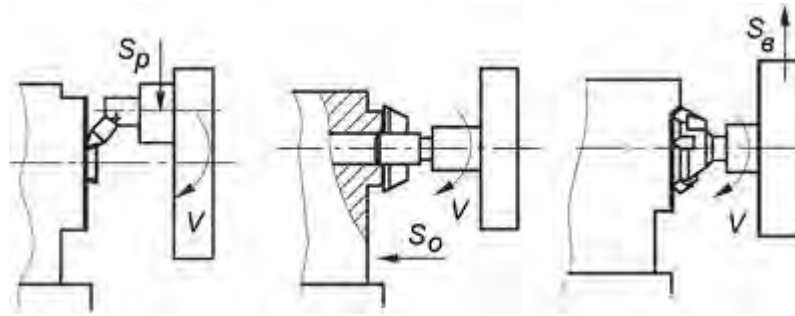
*e**Ж**з*

Рис.1.53. Схемы обработки поверхностей на расточных станках

1.6. Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые при фрезеровании

Фрезерование широко распространенный способ обработки плоскостей, пазов с прямолинейным и винтовым направлением, шлицев, тел вращения, фасонных поверхностей. При вращении фрезы зубья последовательно входят в работу и срезают припуск обрабатываемого материала.

Процессом фрезерования можно получать детали с поверхностями по 9–11 квалитетам и шероховатостью Ra 1...2 мкм.

Главное движение при фрезеровании (со скоростью резания v) – это вращение фрезы, а движение подачи S (поступательное или вращательное) – это перемещение и вращение заготовки. Несмотря на большое разнообразие фрез, схемы их работы соответствуют цилиндрическому (рис. 1.54) или торцевому фрезерованию (рис. 1.55).

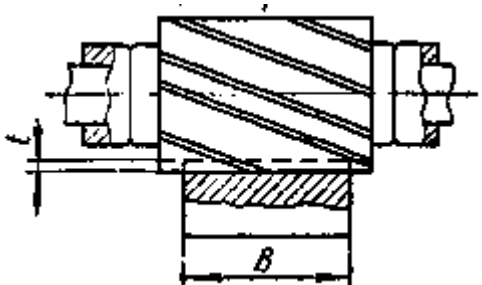


Рис.1.54. Цилиндрическое фрезерование

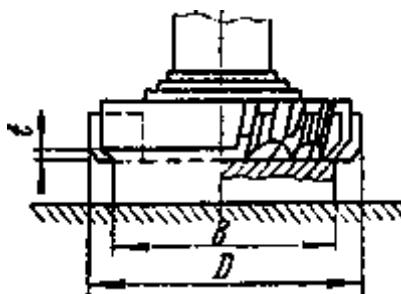


Рис.1.55. Торцевое фрезерование

Цилиндрическое фрезерование в зависимости от направления вращения фрезы и направления подачи заготовки осуществляется двумя способами (рис. 1.56):

- встречным (против подачи);
- попутным (по подаче).

При встречном фрезеровании нагрузка на зуб возрастает от нуля до максимума, и при этом сила, действующая на заготовку, стремится оторвать ее от стола, что приводит к вибрациям и увеличению шероховатости обработанной поверхности. Однако при встречном фрезеровании резание зубьями осуществляется «из-под корки», т.е. фреза подходит к твердому поверхностному слою снизу, что способствует увеличению стойкости фрезы.

При попутном фрезеровании зуб фрезы сразу начинает срезать слой максимальной толщины и подвергается максимальной нагрузке. Сила, действующая на заготовку, прижимает ее к столу станка, что уменьшает вибрации.

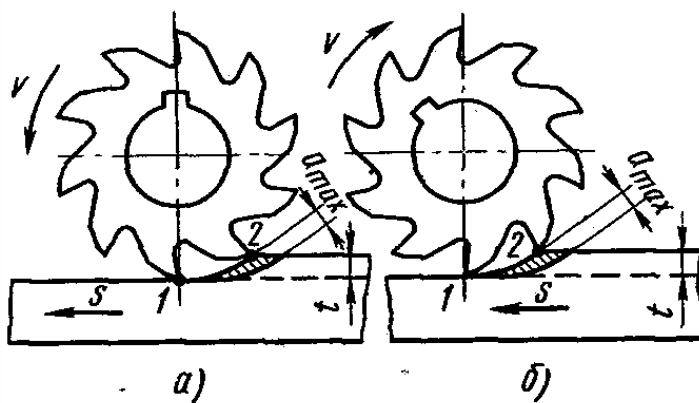


Рис.1.56. Элементы встречного (а) и попутного (б) фрезерования

Элементы режимов резания при фрезеровании. Режимы резания при фрезеровании характеризуются: скоростью резания v , подачей S , глубиной резания t , шириной фрезерования B . Скорость резания (м/мин) определяется окружной линейной скоростью периферийной точки вращающейся фрезы:

$$v = \frac{\pi D n}{1000} ,$$

где D – диаметр фрезы, мм

n – частота вращения фрезы (об/мин).

Скорость резания при фрезеровании принимается в зависимости от свойств обрабатываемого материала и материала инструмента. Если при обработке обычных конструкционных сталей быстрорежущими и твердосплавными фрезами она составляет соответственно 30 – 150 м/мин, то при обработке алюминиевых сплавов она может быть увеличена до 400 и 900 м/мин.

При фрезеровании различают 3 подачи:

- подача за поворот фрезы на один зуб - S_z (мм/зуб);
- подача на один оборот фрезы - S_o (мм/об);
- минутная подача – S_m (мм/мин).

При числе зубьев фрезы z :

$$S_m = S_o n = S_z z n .$$

Ширина фрезерования B представляет ширину обрабатываемой поверхности, измеренную в направлении, параллельном оси фрезы при цилиндрическом фрезеровании или перпендикулярно к оси – при торцевом.

При фрезеровании цилиндрической фрезой с прямыми зубьями силу резания R , приложенную к зубу фрезы в некоторой точке можно разложить на окружную составляющую P_z , касательную к траектории движения точки режущего лезвия, и радиальную составляющую P_y , направленную по радиусу (рис.1.57). Силу R можно также разложить на горизонтальную P_n и вертикальную P_v составляющую.

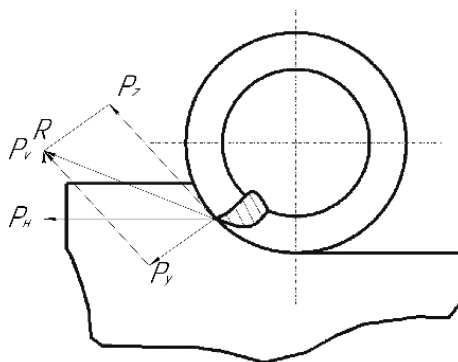


Рис.1.57. Схема сил при обработке цилиндрической прямозубой фрезой

Окружная сила P_z производит основную работу резания. Радиальная сила $P_y = (0,6 - 0,8)P_z$ действует на подшипники шпинделя и изгибает оправку, на которой закрепляется фреза. Горизонтальная составляющая P_H нагружает механизм подачи станка и элементы крепления фрезеруемой заготовки.

Сила резания рассчитывается по эмпирической формуле:

$$P_z = C_p S_z^{x_p} \cdot t^{y_p} \cdot z \cdot B \cdot D^{-q_p},$$

где C_p – коэффициент, характеризующий обрабатываемый материал и условия обработки. Коэффициент C_p и показатели степеней x_p , y_p и q_p приводятся в справочниках по режимам резания.

Типы фрез и их классификация. Фрезы, применяемые в приборостроении, как и обычные, можно классифицировать по следующим признакам:

- 1) по роду материала из которого изготовлена режущая часть фрезы - быстрорежущие, твердосплавные, алмазные;
- 2) по способу закрепления режущих элементов – цельные, с напаянными пластинами, с механическим креплением, с рифлёными вставными ножами;
- 3) по способу крепления инструмента - насадные, хвостовые;
- 4) по виду хвостовика для крепления фрезы в шпинделе – с цилиндрическим и коническим хвостовиком;
- 5) по форме зубьев – с прямыми, винтовыми и угловыми зубьями;

5) по конструкции зубьев – с остrokонечными или острозаточенными и с затылованными зубьями;

1) по характеру работы - отрезные, пазовые, угловые, фасонные.

Наиболее распространенные фрезы различают по форме и назначению: цилиндрические, торцевые, концевые, шпоночные, дисковые, угловые, фасонные, резьбовые и т.д.

Фрезы цилиндрические – предназначены для обработки плоских поверхностей, ширина которых меньше длины фрезы. Чаще всего их выпускают с винтовыми зубьями, т.е. углом наклона относительно оси фрезы $\omega = 30 \dots 40^\circ$.

Фрезы торцевые – предназначены для обработки поверхностей сравнительно большой площади, а также поверхностей, имеющих большую поверхностную твердость и прочность. Торцевые и насадные фрезы предназначены для обработки уступов, небольших поверхностей.

Фрезы концевые – предназначены для фрезерования плоскостей, уступов, пазов, различных контуров. Концевые фрезы могут быть цельными и со вставными зубьями из твердых сплавов.

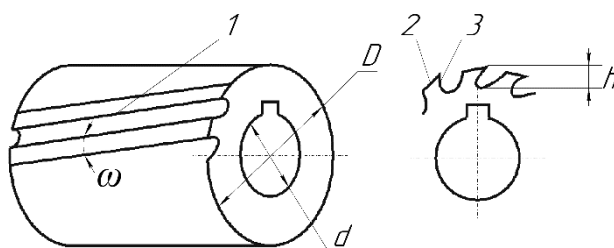
Шпоночные фрезы – предназначены для фрезерования шпоночных канавок (пазов) на валах. Шпоночные фрезы имеют два режущих зуба с торцевыми режущими лезвиями.

Дисковые фрезы – предназначены для фрезерования пазов с небольшими допусками на размер паза. Они могут также применяться для фрезерования уступов и канавок. Этот тип фрез изготавливается чаще всего с тремя режущими кромками, (по периферии и по торцам) - трехсторонние фрезы.

Угловые фрезы – предназначены для обработки угловых канавок, пазов, скосов, винтовых канавок и т.п. Подразделяются на одноугловые и двухугловые.

Конструктивные элементы и геометрические параметры фрез.

Конструктивные элементы цилиндрической фрезы показаны на рис. 1.58:



1 – главное режущее лезвие; 2 – спинка зуба; 3 – передняя поверхность лезвия

Рис.1.58. Фреза цилиндрическая с винтовым зубом

Передней поверхностью зуба 3 (рис.1.59) называют поверхность лезвия, контактирующую в процессе резания со срезаемым слоем и стружкой. Спинка зуба 2 может иметь различную форму. Главное режущее лезвие 1 может быть прямым или с наклоном под углом ω .

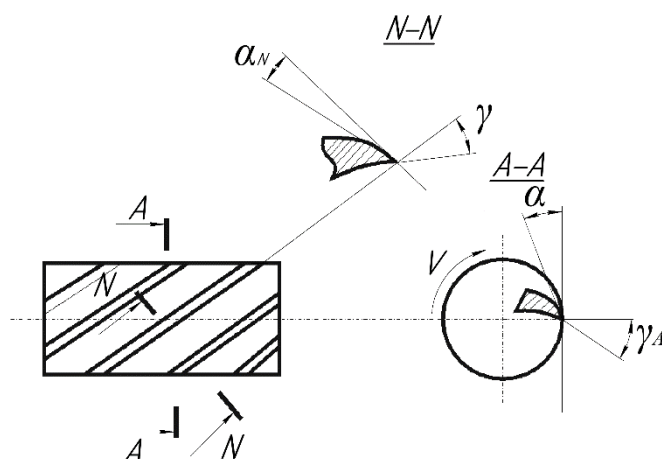


Рис.1.59. Геометрические параметры цилиндрической фрезы

Геометрические параметры цилиндрической фрезы с винтовым зубом следующие:

- передний угол γ находящийся в секущей плоскости, перпендикулярной режущей кромке, между передней поверхностью лезвия и линией, проходящей через ось фрезы;

- главный задний угол α расположенный в торцовой плоскости, находящийся между касательной к окружности фрезы и задней поверхностью лезвия в той же точке;

- угол наклона винтовой линии фрезы относительно оси ω .

Фрезерные станки. Для фрезерных станков характерна работа многолезвийным инструментом или фрезой. Процесс фрезерования характеризуется переменными режимами резания и прерывистым процессом обработки. Исполнительные движения фрезерных станков состоят из непрерывного вращательного движения инструмента и прямолинейного, кругового или винтового движения подачи.

Типаж станков фрезерной группы обширен; в производственных условиях станки выбираются в зависимости от вида выполняемых работ, типа обрабатываемой заготовки и серийности производства.

Горизонтально- и вертикально-фрезерные консольные станки широко применяют в индивидуальном и мелкосерийном производствах для выполнения разнообразных фрезерных работ на заготовках небольших размеров и массы.

В серийном производстве для обработки крупных корпусных заготовок рационально использовать одно- и двухстоечные продольно-фрезерные станки.

Карусельно- и барабанно-фрезерные станки обеспечивают высокую производительность и широко применяются в крупносерийном и массовом производствах. Для высокопроизводительного непрерывного фрезерования заготовок небольших размеров предназначаются карусельно-фрезерные станки. Более крупные заготовки обрабатываются на барабанно-фрезерных станках, такие станки широко применяют, например, в автотракторной промышленности.

Для получения деталей со сложными фасонными поверхностями в условиях индивидуального и мелкосерийного производства предназначены копировально-фрезерные станки.

На базе универсальных горизонтально- и вертикально-фрезерных станков созданы фрезерные станки с ЧПУ, которые позволяют полностью

автоматизировать цикл обработки самых различных заготовок в мелкосерийном производстве.

Горизонтально-фрезерные и вертикально-фрезерные станки относят к универсальному виду оборудования. Схемы компоновок вертикально-фрезерного и горизонтально-фрезерного станков представлены на рис.1.60 (обозначения аналогичных узлов станков приняты для схем «а» и «б» одинаковыми).

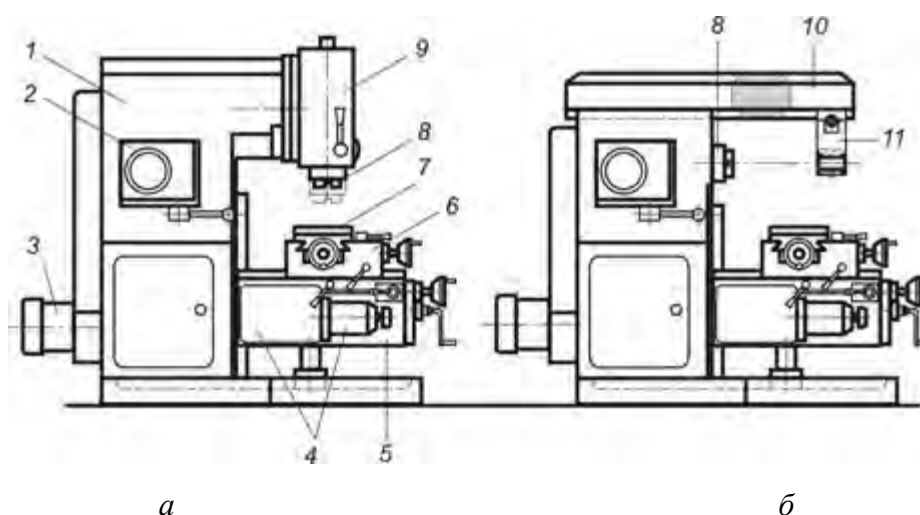


Рис.1.60. Схемы компоновок вертикально-фрезерного (а) и горизонтально-фрезерного (б) станков

В станине 1 (рис.1.60, б) горизонтально-фрезерного станка размещена коробка скоростей 2 и вмонтирован шпиндель 8, в котором закрепляют режущий инструмент. На горизонтально-фрезерных станках в основном используют насадные фрезы (цилиндрические, дисковые, угловые), которые можно закреплять с помощью центровой оправки, вставляемой в коническое отверстие шпинделя. На направляющей хобота 10 станка монтируют подвески 11, поддерживающие правый консольный конец оправки. Фреза со шпинделем совершает главное вращательное движение. Движение на фрезу передается от шпинделя через шпонку.

Заготовку устанавливают в приспособлении, которое закрепляется на столе 7. При небольшом объеме производства в качестве приспособления применяют универсальные машинные тиски, прижимные планки и т.п. В массовом производстве используют специальные приспособления с механизированным приводом.

При обработке на горизонтально-фрезерном станке, как правило, используют продольную подачу, которую заготовка совершает вместе со столом при его перемещении по направляющим поперечных салазок 6. Реже используют поперечную и вертикальную подачи. Поперечная подача осуществляется при перемещении поперечных салазок по направляющей консоли 5, а вертикальная – при перемещении консоли по вертикальным направляющим станины. На универсальных горизонтально-фрезерных станках имеется дополнительная поворотная плита, которая позволяет поворачивать стол с заготовкой вокруг вертикальной оси на определенный угол по отношению к направлению продольной подачи.

На рис.1.60, а представлена схема компоновки вертикально-фрезерного станка. По вертикальным направляющим станины 1 станка перемещается консоль 5. Установочное вертикальное положение консоли зависит от габаритных размеров заготовки. Заготовка, установленная на столе станка, может получить движение подачи в трех направлениях: продольном вместе со столом 7; поперечном вместе с салазками 6; вертикальном вместе с консолью. Перемещение поперечных салазок и продольного стола осуществляется шаговыми электродвигателями с гидроусилителями. В консоли размещается привод - коробка подач 4. При обработке на вертикально-фрезерном станке в основном используют продольную и поперечную подачи в зависимости от пространственного расположения обрабатываемой поверхности заготовки. Вертикальную подачу на этом станке используют очень редко.

На вертикально-фрезерных станках шпиндель 8 вмонтирован в поворотную фрезерную головку 9, его можно поворачивать вокруг горизонтальной оси вместе со шпиндельной головкой.

Вертикально-фрезерные станки с ЧПУ, которые проектируются на базе универсальных станков, позволяют осуществлять программированные перемещения салазок, стола, шпинделя и автоматически устанавливать заготовку относительно инструмента по заданным координатам.

Для обработки на фрезерных станках в качестве режущего инструмента используют фрезы различных типов. Тип фрезы для каждого конкретного случая обработки выбирается в зависимости от вида обрабатываемой поверхности заготовки и модели используемого оборудования. Цилиндрические и дисковые односторонние фрезы имеют режущие кромки, расположенные на наружной цилиндрической поверхности. У дисковых двухсторонних, торцовых насадных, угловых, шпоночных и концевых фрез режущие зубья располагаются на наружной цилиндрической и одной торцовой поверхностях. У дисковых трехсторонних фрез зубья расположены на наружной цилиндрической поверхности и двух торцах. Соответственно, такими инструментами можно одновременно обработать одну, две или три плоскости.

Конструктивно фрезы изготавливаются либо с осевым отверстием (насадные), либо с коническим или цилиндрическим хвостовиком (концевые). Эта конструктивная особенность обуславливает способ крепления инструмента на станке (рис.1.61). Насадные фрезы закрепляют на оправках 5, хвостовые – в отверстие шпинделя напрямую или через переходную втулку 3. При этом инструмент вместе с втулкой жестко крепится к шпинделю 2 специальным длинным резьбовым элементом 1, называемым шомполом.

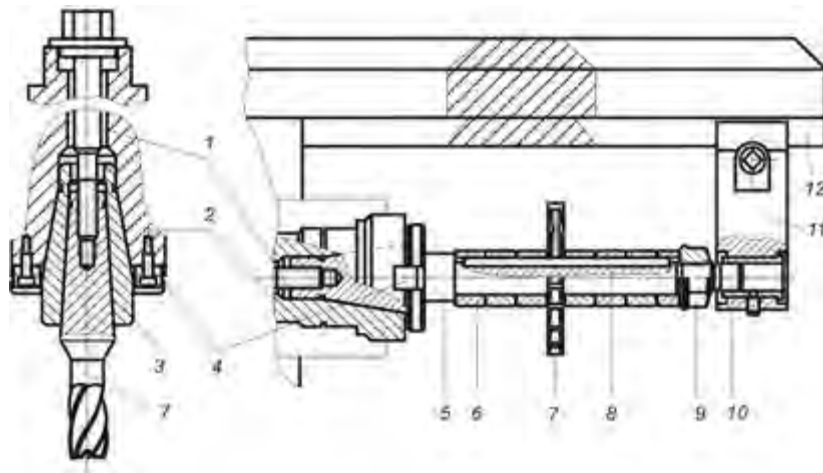
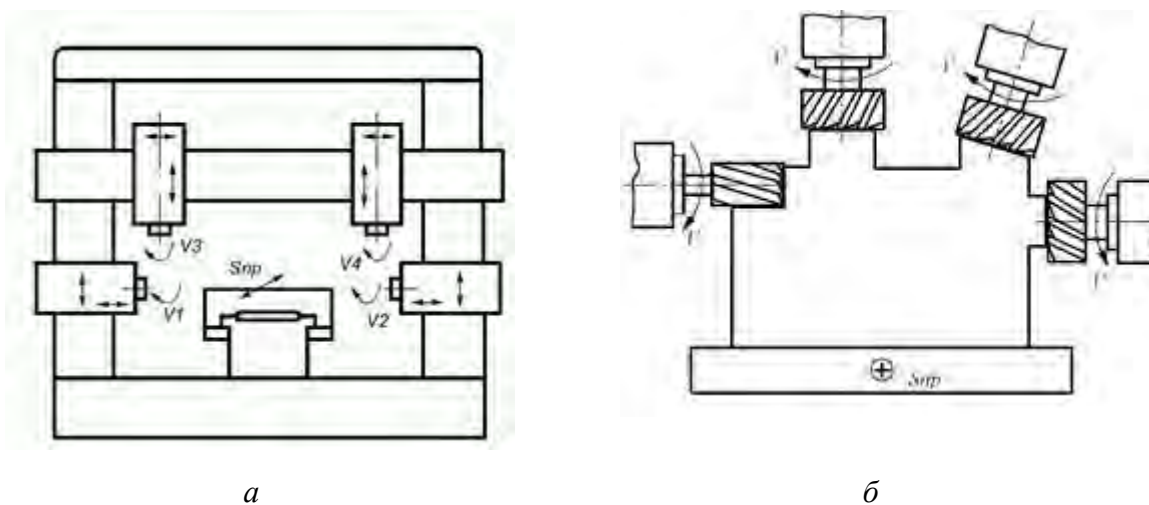


Рис.1.61. Способы крепления фрез: *а* – хвостовых; *б* – насадных: 1 – шомпол; 2 – шпиндель; 3 – втулка; 4 – шпонка торцовая; 5 – оправка; 6 – втулка; 7 – инструмент (фрезы); 8 – шпонка осевая; 9 – гайка; 10 – цапфа оправки; 11 – серьга; 12 – хобот

Продольно-фрезерные станки предназначены для обработки крупных корпусных деталей в серийном производстве. На продольно-фрезерных станках торцовыми насадными и концевыми фрезами обрабатывают вертикальные, горизонтальные, наклонные плоскости, пазы и уступы.

Конструктивно такие станки могут выполняться одно- и двухстоечными. На двухстоечных продольно-фрезерных станках (рис.1.62) одновременно несколькими фрезами производят обработку одной или нескольких заготовок.



а

б

Рис.1.62. Схемы компоновки продольно-фрезерного станка (а) и обработки поверхностей на продольно-фрезерном станке (б)

Стол продольно-фрезерного станка вместе с заготовкой (заготовками) обеспечивает продольную подачу, перемещаясь только в продольном направлении по продольным направляющим станины. На двух вертикальных стойках, смонтированных на станине, в ходе предварительной настройки станка устанавливаются на нужной высоте левую и правую шпиндельные бабки. По вертикальным направляющим стоек движется траверса, несущая еще две шпиндельные бабки - вертикальные. По мере необходимости для фрезерования наклонных поверхностей некоторые шпиндельные бабки при настройке могут быть повернуты на определенный угол. В процессе работы все шпиндельные бабки зафиксированы в нужном положении и неподвижны. Фрезерные шпиндели при наладке могут перемещаться вдоль своих осей. Конструкция шпиндельных бабок предусматривает возможность работы шпинделей с различными скоростями. Для обеспечения более высокой жесткости станка и, следовательно, повышения точности обработки, стойки соединены консолью.

На базе универсальных горизонтально-, вертикально- и продольно-фрезерных станков могут быть созданы станки с ЧПУ, которые сочетают широкие технологические возможности базовой конструкции с достоинствами автоматизированного цикла обработки.

1.7. Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые при абразивной обработке

Обработка осуществляется абразивным инструментом (шлифовальные круги, бруски, шкурки и т.п.), абразивные зерна которых являются режущими элементами. Абразивные зерна в инструменте закреплены связующим компонентом – связкой. Особенностью шлифования является одновременное микрорезание несколькими зернами, каждое из которых имеет два-три режущих лезвия и более, у каждого режущего лезвия свои угловые параметры α , β , γ , φ , φ_1 , λ . Передний угол γ у режущих лезвий зерен отрицательный. Радиус округления режущих кромок абразивных зерен близко к нулю, поэтому в совокупности абразивные зерна на поверхности круга способны срезать тончайшие слои с обрабатываемой заготовки (несколько мкм), в отличие от лезвийного инструмента, радиус при вершине клина которого составляет от нескольких десятков до нескольких сотен мкм.

Характерными особенностями шлифования являются:

- 1) многопроходность, способствующая исправлению погрешности формы и размеров детали;
- 2) резание осуществляется большим количеством беспорядочно расположенных абразивных зерен, образующих прерывисто режущий контур.
- 3) процесс резания осуществляется на высоких скоростях ($V_p = 30-70$ м/с) и за очень короткий промежуток времени;
- 4) абразивные зерна расположены в теле круга хаотически, поэтому они имеют чаще всего отрицательный передний угол и углы резания больше 90° ;
- 5) в зоне резания возникают высокие температуры (1000-1500°C)
- 6) управлять процессом шлифования можно только за счет

изменения режимов резания;

7) абразивный инструмент может в процессе работы самозатачиваться.

Абразивные материалы. Рабочими элементами любого абразивного инструмента являются классифицированные частицы абразивного материала, твердость которых выше твердости обрабатываемого материала. В качестве абразивного материала широко используется: электрокорунд, карбид кремния, алмаз, кубический нитрид бора (эльбор).

Наиболее широкое применение в машиностроении находят круги из карбида кремния, электрокорунда по кругу ГОСТ 2424-83, алмазные круги по ГОСТ 16167-90, 16172-90 и др., а также эльборовые круги по ГОСТ 17123-79.

Электрокорунды (кристаллическая окись алюминия Al_2O_3). Получают из естественных бокситов с незначительными примесями механических материалов. Разновидности электрокорундов: нормальный (13А – 16А); белый (22А – 25А); хромистый (32А – 34А); титанистый (37А); монокорунд (43А – 45А); циркониевый (38А).

Вторая цифра – это разновидность в пределах данного вида.

По мере возрастания номера индекса возрастает процентное содержание окиси алюминия и увеличивается режущая способность. Легируя глинозем в процессе плавки титаном, цирконием, хромом, получают абразивные материалы с требуемыми свойствами.

Карбид кремния (карборунд) содержит 97 - 99% карбида кремния и незначительные примеси других элементов.

Выпускают 2 разновидности карбида кремния:

- черный 53С, 54С
- зеленый 63С, 64С.

Зеленый – более хрупок, чем черный и применяется для обработки чугуна, твердых сплавов, цветных металлов и камня. Черный – более

прочен и применяется в аналогичных случаях, но в более тяжелых условиях технической обработки.

Абразивные инструменты из белого электрокорунда применяют в основном для обработки закаленных заготовок и инструментов из углеродистых, легированных, быстрорежущих сталей.

Абразивные материалы из карбида кремния имеют большую твердость, чем зерна электрокорунда и меньшую химическую связь.

Абразивный инструмент из природного и синтетических алмазов широко применяется для обработки заготовок и инструмента из твердых сплавов, стекла, керамики, камня, бурового инструмента.

Для обработки легированных труднообрабатываемых жаропрочных сплавов и сталей применяют шлифовальные круги, бруски, шкурки, лезвийные инструменты из эльбора.

Зернистость инструмента. Зернистость инструмента характеризует размер зерен основной группы. Шлифзерно сортируют специальными ситами с размером ячеек от 200 до 16 мкм, а шлифпорошки с размерами ячеек от 12 до 3 мкм.

Зернистость шлифовального материала на абразивном инструменте указывают в десятках мкм (зернистость 40 означает, что средний размер зерна 400 мкм). Мелкие зерна называют микропорошками (М63-М14) или тонкими микропорошками (М10-М5).

Твердость инструмента. Твердость инструмента – это способность связки предотвращать вырывание абразивных зерен в процессе резания при сохранении инструментом характеристики в пределах установленной нормы.

Абразивные инструменты имеют различные степени твердости. Каждая степень твердости имеет несколько подгрупп и на маркировке круга степень твердости указывают индексом.

Установлена следующая шкала твердости абразивных инструментов:

- М1-М3 – мягкий инструмент;
- СМ1-СМ2 – средний мягкий;
- С1-С2 – средний;
- СТ1-СТ3 – средний твердый;
- Т1-Т2 – твердый;
- ЧТ – чрезвычайно твердый;
- ЧМ – чрезвычайно мягкий;
- ВМ – весьма мягкий.

На практике более мягкими кругами шлифуются более твердые материалы и наоборот.

При шлифовании кругом, правильно выбранным по твердости, зерна по мере затупления самопроизвольно выкрашиваются, обнажая новые зерна, т.е. происходит процесс самозатачивания.

Структура шлифовального круга. Процентное соотношение 3-х основных фазовых составляющих (зерен, связки и пор) в объеме абразивного инструмента называют *структурой*.

Структуру абразивных инструментов обозначают номерами от 0 до 20.

Структуры подразделяются на:

- закрытые (0-4);
- средние (5-8);
- открытые (9-12);
- высокопористые (13-20).

Выбор структуры абразивного инструмента зависит от его назначения; свойств обрабатываемого материала и других условий обработки. Например, для шлифования твердых и хрупких материалов обычно используется 4-5 структура с мелкими порами, а для шлифования мягких и вязких используются круги с крупными порами - 7-8 структур.

При скоростном шлифовании используются открытые структуры.

Под концентрацией алмазов понимают содержание алмазных зёрен в единице объёма алмазоносного слоя. За 100% концентрацию принимают содержание 0,88 грамма алмазных зёрен в 1 см³ (или 4,39 карата; 1 карат = 0,202 грамма). Алмазные инструменты изготавливают с концентрацией алмазов 25, 50, 75, 100, 150%. Концентрация эльборов бывает 50, 100, 150, 200 %.

Связка инструментов. Соединение зерен в инструменты (круги, бруски, хоны и т.д.) различной формы осуществляется с помощью связующих веществ (связок).

Связки подразделяются на:

- органические;
- неорганические.

К органическим связкам относятся: вулканитовая (В1-В3); бакелитовая (Б1-Б3); глифталева (ГФ).

Круги на вулканитовой связке более эластичны и допускают наибольшие окружные скорости до 75 м/с.

Неорганические связки: керамическая (К0, К1-К8); магнизиальная (М); силикатная (С).

Наиболее широко применяется керамическая связка. Она изготавливается из огнеупорной глины, полевого шпата, кварца, талька, мела и жидкого стекла. Для карбидокремниевых кругов применяется в основном связка К3; для корундовых – К1-К2 (при обычном шлифовании) и К5 для скоростных кругов.

В настоящее время внедряются специальные высокопрочные керамические связки, позволяющие осуществлять скоростное шлифование с окружной скоростью круга 50 м/с и выше.

Для изготовления алмазных и эльборовых кругов используются бакелитовые (Б1-Б4), керамические (К1-К5) и др., а также металлические (М1, МИ, МК, М5) связки.

Классы точности и неуравновешенности шлифовальных кругов.

При изготовлении абразивного инструмента неизбежны отклонения различных параметров: размеров, формы, расположения поверхностей и т.п.

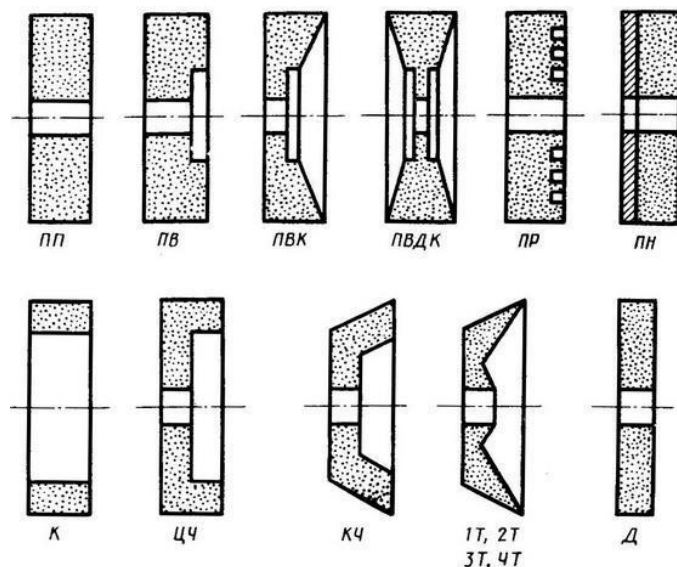
В зависимости от этих отклонений и устанавливают классы точности абразивного инструмента. Шлифовальные круги изготавливают 3 классов точности: АА, А, Б. Для чистового шлифования применяют – АА, А, которые имеют в 2 раза меньшие допуски на изготовление, чем круги класса Б.

В зависимости от допустимых неуравновешенных масс для абразивных кругов по ГОСТ 3060-86 установлено 4 класса неуравновешенности: 1, 2, 3, 4.

Типы абразивных инструментов. В зависимости от формы обрабатываемых поверхностей и вида шлифования применяются: 1) абразивные алмазные и эльборовые круги; 2) головки; 3) сегменты; 4) бруски.

Согласно ГОСТ 2424-83 предусмотрены различные профили шлифовальных кругов диаметром от 3 до 1060 мм, с диаметром отверстий от 2 до 305 мм.

Наиболее распространены абразивные круги показаны на рис. 1.63.



ПП - плоский прямого профиля, ПВ - плоский с выточкой, ПВК - плоский с конической выточкой, ПВДК - плоский с двусторонней выточкой, ПР - плоский рифленый, ПН - плоский наращенный, К - кольцо, ЦЧ - цилиндрический чашечный, КЧ - конический чашечный, 1Т; 2Т; 3Т; 4Т- тарелки; Д – диск

Рис. 1.63. Формы шлифовальных кругов

Элементы режима резания при шлифовании. Элементами резания при шлифовании являются:

- окружная скорость круга $V_{кр}$;
- окружная скорость или скорость перемещения заготовки V_3 ;
- глубина резания t ;
- подача S .

Скоростью резания при шлифовании (м/с) называют линейную скорость на наибольшей окружности шлифовального круга

$$v_{кр} = \pi Dn$$

где n – частота вращения (c^{-1}).

Скоростью перемещения заготовки при шлифовании называют: при плоском шлифовании – скорость перемещения стола; при круглом шлифовании – окружную скорость заготовки.

Поперечной подачей при плоском шлифовании и продольной подачей (при круглом и внутреннем) называют перемещение точки круга вдоль оси за один оборот, ход или двойной ход заготовки.

Глубиной резания при шлифовании называют слой металла между обработанной и обрабатываемой поверхностью, снимаемый за один рабочий ход.

В зависимости от различных технологических параметров, качества заготовки и оборудования можно с помощью справочных данных назначить окружную скорость шлифовального круга, глубину срезаемого слоя и скорость движения подачи.

При обдирочном шлифовании достигается точность по 6-9 качеству

и параметр шероховатости поверхности $Ra = 1,2 \dots 2,5$ мкм. Окончательное шлифование обеспечивает точность по 5-6 качеству и $Ra = 0,2 \dots 1,2$ мкм. При тонком шлифовании достигается $Ra = 0,025 \dots 0,1$ мкм при припуске на обработку $0,025 \dots 0,05$ мм.

Шлифовальные станки. В зависимости от формы обрабатываемых поверхностей применяют следующие виды шлифования, схемы которых представлены на рис.1.64.

Плоское шлифование – обработка плоских поверхностей. Плоское шлифование часто (рис.1.64, а) используют при изготовлении технологической оснастки – пресс-форм, приспособлений, при обработке направляющих станин металлорежущих станков.

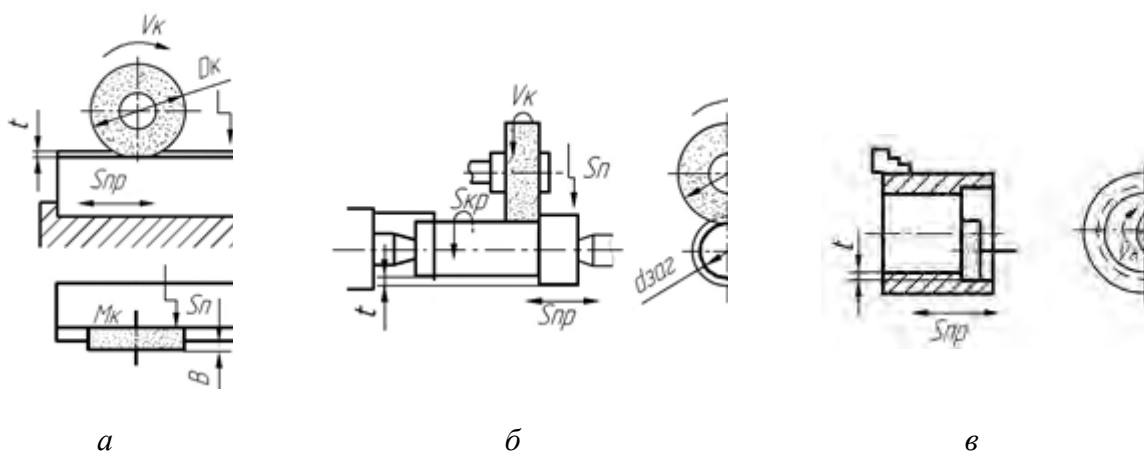


Рис.1.64. Схемы шлифования

Круглое шлифование – обработка наружных и внутренних (отверстия) поверхностей вращения (цилиндрических, конических и др.). Круглое наружное шлифование (рис.1.64, б) широко применяется для обработки гладких и ступенчатых валов, осей, штоков, шеек коленчатых и распределительных валов двигателей внутреннего сгорания, шпинделей и пинолей станков и др. Внутреннее шлифование (рис.1.64, в) используют для обработки отверстий в зубчатых колесах и зуборезных инструментах, в кольцах подшипников, в гильзах цилиндров двигателей; для чистовой обработки высокоточных отверстий различной аппаратуры.

Бесцентровое шлифование – круглое шлифование, при котором технологической базой является обрабатываемая поверхность или ранее обработанная цилиндрическая поверхность. Бесцентровое шлифование применяют для бесцентровой обработки в незакрепленном состоянии деталей типа валов – поршневых пальцев, роликов подшипников качения, плунжеров, толкателей и других деталей.

Профильное шлифование – обработка поверхностей, образующая которых представляет кривую или ломаную линию. Разновидностями профильного шлифования являются резьбошлифование, зубошлифование.

Шлифование поверхностей заготовок осуществляется при главном вращательном движении резания инструмента и вращательном или поступательном движении заготовки. Подачами являются перемещения заготовки или инструмента вдоль или вокруг координатных осей. Причем, для формообразования любой поверхности методом шлифования необходимо иметь четыре движения: вращательное движение круга, а также перемещения по координатным осям или вращательные движения вокруг осей. Формообразование поверхностей при шлифовании происходит по методу касания и в отдельных случаях – касания и копирования при обработке на шлифовальных станках.

В состав шлифовальной группы станков входят: круглошлифовальные, бесцентрово-шлифовальные, внутришлифовальные, плоскошлифовальные станки, обдирочные, заточные и специализированные станки.

Круглое шлифование производится при вращательном движении круга со скоростью V и вращательном движении (круговой подаче $S_{кр}$) заготовки.

При шлифовании с продольной подачей (рис.1.65, *a*) заготовка вращается равномерно и совершает возвратно-поступательное движение. После каждого хода или двойного хода стола происходит сближение круга

и заготовки. В конце операции обычно осуществляют выхаживание, т.е. выполняют несколько ходов без поперечной подачи для компенсации упругих перемещений.

Жесткие заготовки могут шлифоваться по способу врезания (рис.1.65, б), когда ширина обрабатываемой поверхности меньше ширины шлифовального круга. При этом способе круг перемещается с постоянной подачей вплоть до момента достижения необходимого размера обрабатываемой поверхности. Этот способ является более производительным и широко применяется в крупносерийном и массовом производствах при обработке цилиндрических и фасонных поверхностей.

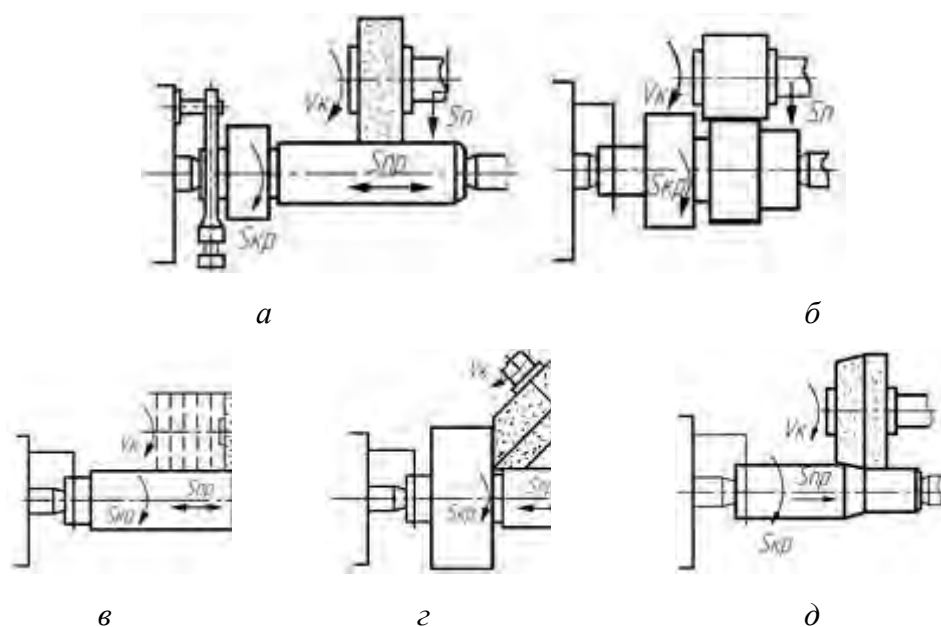


Рис. 1.65. Схемы круглого шлифования

Процесс шлифования уступами состоит из двух этапов – сначала производят шлифование врезанием с периодическим передвижением стола в продольном направлении на 0,8..0,9 ширины круга, а затем делается несколько ходов с продольной подачей без поперечного перемещения для зачистки поверхности (рис. 1.65, в).

При торцово-круглом шлифовании (рис. 1.65, г) производится комбинированная обработка одновременно цилиндрической и торцовой

поверхности с подачей шлифовального круга по биссектрисе угла или последовательно в радиальном и осевом направлениях.

При глубинном шлифовании открытых поверхностей (рис.1.65, *д*) за один ход конический участок круга удаляет весь припуск, а цилиндрический - зачищает обработанную поверхность. Поперечная подача отсутствует.

Круглошлифовальные станки отличаются высоким уровнем точности и универсальности. Они предназначены для наружного и внутреннего шлифования цилиндрических и конических поверхностей, а также для шлифования плоских торцов деталей. К этому типу станков относятся универсальные круглошлифовальные станки, круглошлифовальные и торцекруглошлифовальные полуавтоматы, а также специализированные круглошлифовальные станки.

Основными узлами универсального круглошлифовального станка (рис.1.66) являются: станина 1, стол 3, передняя бабка 4 с коробкой скоростей, шлифовальная бабка 5 и задняя бабка 6. Станки оснащены откидным внутришлифовальным шпинделем. Для шлифования конических поверхностей предусмотрена возможность поворота вокруг вертикальных осей шлифовальной бабки, а также верхнего рабочего стола и передней бабки.

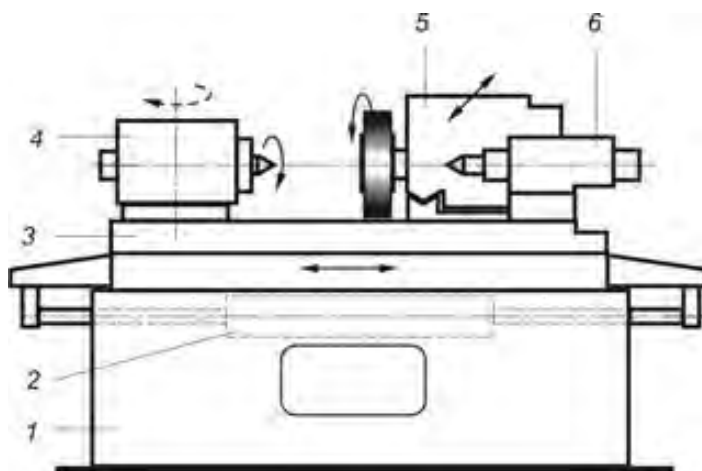


Рис.1.66. Круглошлифовальный станок

Шлифовальный круг приводится во вращение от отдельного двигателя через клиноременную передачу. Круговая подача заготовки осуществляется при помощи другого электродвигателя с бесступенчатым регулированием.

Движение продольной подачи сообщается нижнему столу с помощью гидропривода; управление движением происходит при помощи устройств, которые переключаются самим столом в его крайних положениях. Шлифовальная бабка также периодически перемещается в поперечном направлении при помощи гидравлических механизмов. Большинство станков имеют механизмы широкого регулирования режимов шлифования и средства автоматизации рабочих движений стола и шлифовальной бабки. Предусмотрена возможность использования приборов активного контроля, позволяющих измерять заготовку в процессе шлифования, а также устройства, автоматически останавливающие станок при достижении требуемого размера.

При обработке на круглошлифовальных станках заготовку чаще всего устанавливают в жестких (не вращающихся) центрах, расположенных на передней и задней бабках; при этом круговую подачу обеспечивает поводковое устройство, связанное с вращающейся планшайбой. Возможно также закрепление заготовок в кулачковых патронах, причем, при шлифовании нежестких заготовок дополнительно необходимо применять люнеты.

При бесцентровом шлифовании (рис.1.67) заготовка устанавливается на опорный нож между двумя шлифовальными кругами, один из которых (большого диаметра) является шлифующим, а другой – ведущим. Вращение с необходимой окружной скоростью заготовка получает за счет того, что сила трения между шлифовальным кругом и заготовкой меньше, чем между заготовкой и ведущим кругом. Окружная скорость резания шлифующего круга равна 30...60 м/с, а ведущий круг обеспечивает

вращение заготовки с окружной скоростью 10...40 м/мин. Заготовка ничем не закрепляется, но поддерживается опорой со скосом, направленным в сторону ведущего круга.

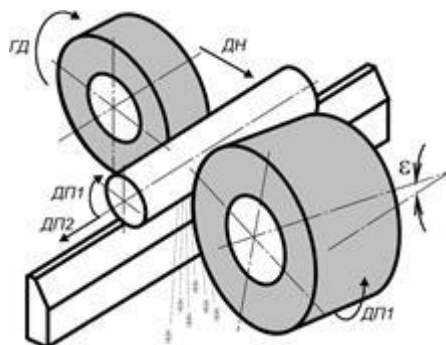


Рис.1.67. Схема бесцентрового шлифования

По сравнению со шлифованием в центрах бесцентровое шлифование имеет следующие преимущества:

- 1) отпадает необходимость центрирования заготовки, что особенно важно для деталей, обрабатываемых на револьверных станках и автоматах;
- 2) значительно уменьшаются припуски на обработку, так как благодаря использованию в качестве технологической базы обрабатываемой поверхности устраняется влияние на припуск погрешности центрирования;
- 3) отпадает необходимость использования люнетов при шлифовании длинных и тонких валов;
- 4) станки легко автоматизируются и встраиваются в автоматическую линию;
- 5) обеспечивается более высокая производительность;
- 6) благодаря простоте управления станком высокая точность достигается при средней квалификации шлифовщика.

В то же время бесцентровое шлифование имеет и определенные недостатки:

- 1) затраты времени на наладку и регулировку бесцентрово-шлифовальных станков достаточно велики и окупаются только при

больших партиях. Поэтому бесцентровое шлифование чаще всего применяется в автотракторной и подшипниковой промышленности;

2) шпоночные пазы, канавки, отверстия, разрывы обрабатываемой поверхности препятствуют нормальной работе и даже делают ее невозможной;

3) при бесцентровом шлифовании труднее обеспечить крутость обработанной поверхности;

4) затрудняется достижение соосности шлифуемой поверхности с другими, ранее обработанными поверхностями.

На внутришлифовальных станках с высокой точностью и малой шероховатостью обрабатывают в предварительно термообработанных заготовках глухие и сквозные отверстия цилиндрической (рис.1.68), конической формы и сложной конфигурации, а также внутренние торцовые поверхности. Обработку ведут с движением подачи вдоль образующей или по способу врезания. Технологическое назначение движений при обработке на внутришлифовальных станках такое же, как и на круглошлифовальных, что позволяет шлифовать отверстия на всю их длину или на определенных участках. Внутренние конические поверхности шлифуют с поворотом передней бабки так, чтобы образующая конуса расположилась вдоль направления продольной подачи. Диаметр шлифовального круга выбирают из соотношения 0,7...0,9 от диаметра обрабатываемого отверстия; причем при уменьшении в этом пределе диаметра круга увеличивается частота вращения.

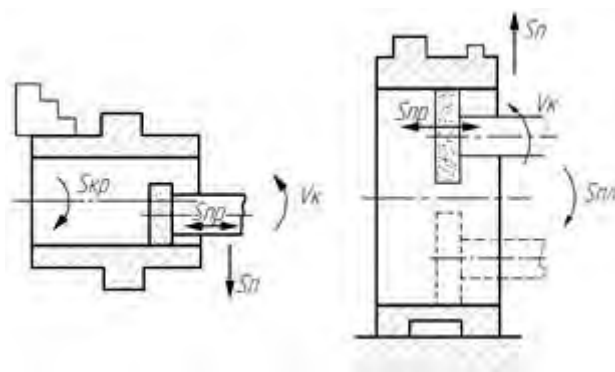


Рис.1.68. Схема обработки на внутришлифовальном станке

Внутришлифовальный станок по компоновке в основном идентичен круглошлифовальному станку, с той разницей, что у него отсутствует задняя бабка. Инструмент закрепляют на консольном шпинделе шлифовальной бабки, которая установлена на столе и совершает вместе с ним возвратно-поступательное продольное перемещение. Заготовку при шлифовании закрепляют в трехкулачковом самоцентрирующем патроне, в четырехкулачковом патроне (если заготовка несимметрична относительно оси отверстия) или в зажимном приспособлении.

Плоское шлифование является высокопроизводительным методом обработки плоских поверхностей разнообразных деталей машин из закаленных и незакаленных сталей, твердых сплавов, керамики и других материалов. Плоское шлифование обеспечивает высокую точность размеров, формы и расположения шлифованных поверхностей, высокое качество их поверхностного слоя. Благодаря значительной производительности плоское шлифование применяют вместо чистового строгания и фрезерования, а также вместо такой трудоемкой операции, как шабрение.

В зависимости от того, какая из поверхностей круга является рабочей, различают плоское шлифование периферией и торцом круга (рис.1.69), при этом заготовки устанавливают на прямоугольном или круглом столе.

Плоское шлифование периферией круга (рис.1.69, а) выполняется при возвратно-поступательном или вращательном движении касательной подачи. Шпиндель круга располагается горизонтально. Возвратно-поступательное касательное движение подачи осуществляется прямоугольным столом станка 1, на котором устанавливают обрабатываемые заготовки 2. Осевое движение подачи осуществляется

заготовкой или шлифовальным кругом периодически после каждого хода стола в касательном направлении или после каждого двойного хода. Подача на глубину (радиальная подача) осуществляется шлифовальным кругом периодически после завершения одного полного хода в осевом направлении перед началом другого хода.

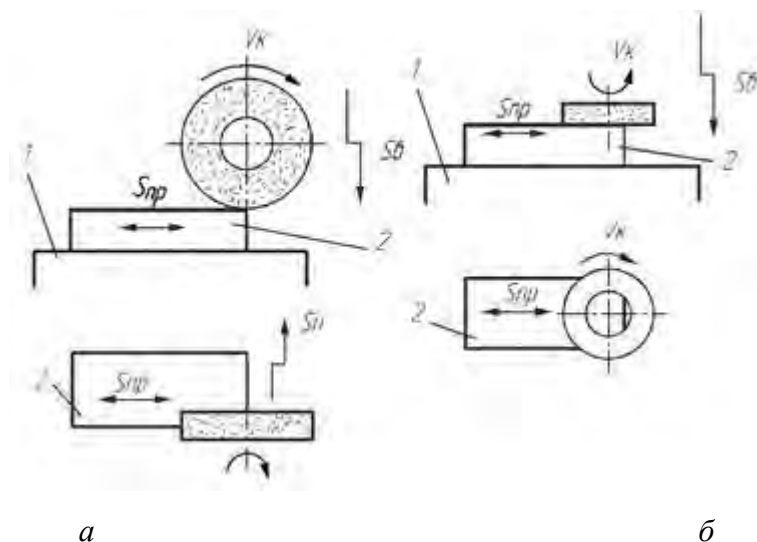


Рис.1.69. Схемы шлифования плоскости периферией (а) и торцом (б) круга

При плоском шлифовании с вращательным движением подачи обрабатываемые заготовки устанавливают на круглом вращающемся столе станка. Осевое движение подачи осуществляется шлифовальным кругом или заготовкой в направлении радиуса стола и является возвратно-поступательным; осевая подача задается в миллиметрах на оборот стола.

Станки, работающие периферией круга, отличаются универсальностью. Их применяют в средне- и мелкосерийном производствах.

Плоское шлифование торцом круга (рис.1.69, б) осуществляется при возвратно-поступательном, поступательном или вращательном касательном движении подачи. Шпиндель шлифовального круга располагается вертикально.

Возвратно-поступательное касательное движение подачи выполняет стол станка 1, на котором закрепляют обрабатываемые заготовки 2. При

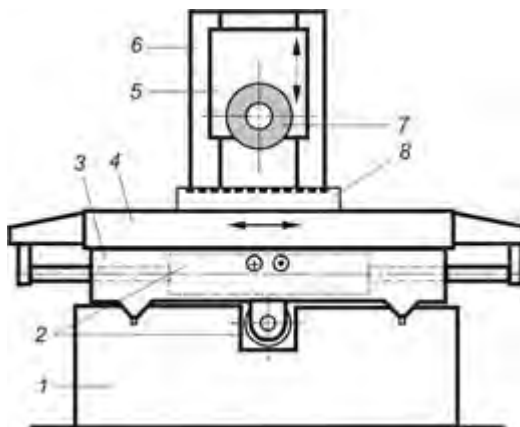
поступательном движении касательной подачи стол станка и шлифовальная бабка неподвижны, заготовку устанавливают на специальный транспортер, который опирается на рабочую поверхность стола станка. Транспортер осуществляет движение касательной подачи, перемещая заготовки вдоль стола через зону обработки. При вращательном движении подачи шлифование выполняется одним или несколькими кругами.

При торцовом шлифовании радиальное движение подачи обычно отсутствует, так как диаметр круга больше ширины рабочей зоны стола. Осевое движение подачи производится в большинстве случаев шлифовальным кругом.

Шлифование торцом является более производительным способом обработки, чем периферией круга, так как в резании одновременно участвует большее число режущих зерен. Однако увеличение площади контакта шлифовального круга с обрабатываемой заготовкой вызывает рост силы резания и интенсивное тепловыделение, что может явиться причиной деформации заготовки, образования прижогов и трещин на обработанной поверхности.

Плоскошлифовальные станки подразделяются на группы в зависимости от схемы обработки, характера движений подач и вида рабочей поверхности круга.

Плоскошлифовальные станки общего назначения с прямоугольным столом (рис.1.70) имеют шлифовальные бабки с горизонтальной или вертикальной осями вращения шпинделя. Такие станки различаются по степени автоматизации. Существуют неавтоматизированные станки и полуавтоматы с приборами активного контроля. Станки с вертикальным расположением шпинделя выполнены на базе станков с горизонтальным расположением шпинделя и отличаются только наличием каретки, на которой крепится шлифовальная бабка.

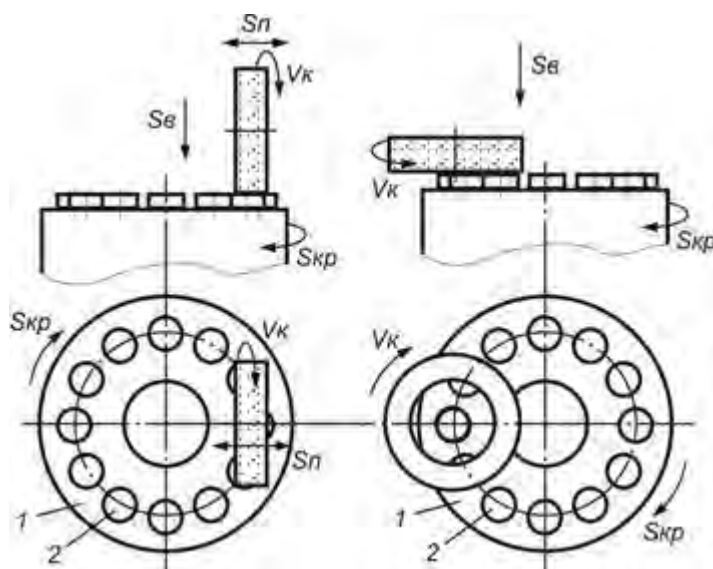


1 – станина; 2 – гидроцилиндры поперечной и продольной подач; 3 – поперечная каретка; 4 – продольный стол; 5 – шлифовальная бабка; 6 – стойка; 7 – шлифовальный круг; 8 – магнитная плита

Рис.1.70. Плоскошлифовальный станок

Плоскошлифовальные станки с круглым вращающимся столом и горизонтальным расположением шпинделя подразделяются на неавтоматизированные и полуавтоматы. Такие станки целесообразно использовать для обработки колец, шайб, втулок, дисков в серийном и массовом производстве. Стол станка имеет наклон, что позволяет шлифовать не только плоские, но и наружные и внутренние конические поверхности. Важной особенностью конструкции станков является возможность автоматического регулирования частоты вращения стола, а также скорости его движения в осевом направлении в зависимости от расстояния между центром вращения стола и шлифовальным кругом.

Плоскошлифовальные станки с круглым вращающимся столом и вертикальным расположением шпинделя предназначены для шлифования торцом круга открытых плоскостей заготовок различной конфигурации в условиях серийного и массового производства. Схемы обработки на плоскошлифовальных станках с круглым вращающимся столом представлены на рис. 1.71.



a – с горизонтальным; *б* – с вертикальным расположением шпинделя

Рис. 1.71. Схемы карусельно-шлифовальной обработки на станках

Двусторонние торцешлифовальные станки выпускают в двух модификациях: с горизонтальным и вертикальным расположением шпинделя. Например, такие станки могут быть использованы для шлифования двух параллельных торцов деталей типа колец подшипников.

Продольношлифовальные станки предназначены в основном для шлифования направляющих станков и плоскостей корпусных деталей. Эти станки выпускают одностоечными и двухстоечными двух модификаций: с одной или двумя шлифовальными бабками для работы периферией круга или с двумя бабками для работы и периферией и торцом круга.

Существуют разнообразные способы и устройства для установки и закрепления заготовок при плоском шлифовании. Их выбор определяется формой, размерами и материалом обрабатываемых заготовок, моделью шлифовального станка, типом производства и т.д.

В большинстве случаев плоскошлифовальные станки оснащают электромагнитными плитами различных размеров и типов. На станках с возвратно-поступательным движением стола применяют прямоугольные электромагнитные плиты, на станках с вращающимся столом – круглые. В

крупносерийном и массовом производствах могут быть использованы специальные приспособления.

Отделочные технологические процессы. Отделочными методами обработки являются тонкое обтачивание, тонкое растачивание, тонкое шлифование, полирование, притирка, абразивно-жидкостная отделка, хонингование, суперфиниширование.

Методы отделки поверхностей резцами и шлифовальными кругами. Тонким обтачиванием иногда заменяют шлифование. Процесс осуществляется при высоких скоростях резания, малых глубинах и подачах. Находят применение токарные резцы с широкими режущими лезвиями, расположенными строго параллельно оси обрабатываемой заготовки. Подача на оборот заготовки составляет не более 0,8 ширины лезвия, а глубина резания — не более 0,5 мм. Это приводит к уменьшению шероховатости обрабатываемой поверхности.

Алмазными резцами обтачивают заготовки из цветных металлов и сплавов, пластмассы и другие неметаллические материалы. Обладая очень высокой стойкостью, алмазные резцы продолжительное время работают без подналадки и обеспечивают высокую точность.

Тонкое обтачивание требует применения быстроходных станков высокой жесткости и точности, а также качественной предварительной обработки заготовок. Это необходимо и при тонком строгании. Применяют также тонкое фрезерование.

Тонким растачиванием заменяют шлифование, особенно в тех случаях, когда заготовки выполнены из вязких цветных сплавов, либо из стали, но являются тонкостенными. Тонкое растачивание целесообразно при точной обработке глухих отверстий или когда по условиям работы детали не допустимо, чтобы абразивные зерна оставались в порах обработанной поверхности.

Режимы резания при тонком растачивании аналогичны режимам при тонком обтачивании. Необходимо использование жестких станков и исключение вибраций шпинделей и оправок с расточным инструментом. Расточные резцы выполняют из твердого сплава или алмазов.

Тонкое шлифование производят мягким, мелкозернистым кругом при больших скоростях резания ($V > 40$ м/с) и очень малой глубине резания. Шлифование сопровождается обильной подачей охлаждающей жидкости. Особую роль играет жесткость станков, способных обеспечить безвибрационную работу.

Для тонкого шлифования характерен процесс «выхаживания». По окончании, например, обработки вала подача на глубину резания выключается, а продольная подача не включается. Процесс обработки, тем не менее, продолжается за счет упругих сил, возникающих в станке и заготовке, когда они были деформированы силой резания при шлифовании с подачей на глубину. В таком режиме станок работает некоторое время, силы резания постепенно уменьшаются, становясь исчезающе малыми, а точность обработки значительно повышается.

Полированием уменьшают шероховатость поверхностей заготовок. Этим методом получают зеркальный блеск на ответственных частях деталей (дорожки качения подшипников), либо на деталях для декоративных целей (облицовочные части автомобилей).

Обрабатывают полировальными пастами или абразивными зёрнами, смешанными со смазкой. Эти материалы наносят на быстро вращающиеся эластичные круги (например, фетровые) или колеблющиеся щетки. Хорошие результаты дает полирование быстродвижущимися бесконечными абразивными лентами (шкурками). Заготовку подводят к носителю пасты или абразива и перемещают так, чтобы вся поверхность подвергалась обработке. При полировании фасонных поверхностей заготовки, как правило, перемещают вручную, а при полировании плоских,

цилиндрических и конических поверхностей могут быть использованы полировальные станки.

В зоне полирования одновременно происходят следующие основные процессы: тонкое резание, пластическое деформирование поверхностного слоя, химические реакции — воздействие на металл химически активных веществ, находящихся в полировочной пасте. Качество и эксплуатационные свойства полированной поверхности зависят от того, какой из указанных процессов имеет преобладающее значение.

В качестве абразивного материала применяют порошки из электрокорунда и окиси железа при полировании стали; карбида кремния и окиси железа при полировании чугуна; окиси хрома и наждака при полировании алюминия и сплавов меди. Порошок смешивают со смазкой, которая состоит из смеси воска, сала, парафина и керосина. Полировальные круги изготовляют из войлока, фетра, кожи, капрона, спрессованной ткани и других материалов.

Притирка. Поверхности деталей машин, обработанные на металлорежущих станках, всегда имеют отклонения от правильных геометрических форм и заданных размеров. Эти отклонения могут быть незначительными. Волнистость, неплоскостность, нецилиндричность и другие погрешности, возникающие на заготовках после обработки и невидимые невооруженным глазом, могут быть устранены притиркой (доводкой). Этим методом достигается наивысшая точность и наименьшая шероховатость поверхности.

Процесс осуществляют с помощью притиров соответствующей геометрической формы. На притир наносят притирочную пасту или мелкий абразивный порошок со связующей жидкостью. Материал притиров должен быть, как правило, мягче обрабатываемого материала. Паста или порошок внедряются в поверхность притира и удерживаются ею, но так, что при относительном движении каждое абразивное зерно

может снимать весьма малую стружку. Поэтому притир можно рассматривать как очень точный абразивный инструмент, зерна которого одновременно обрабатывают всю или часть поверхности заготовки.

Притир или заготовка должны совершать разнонаправленные движения. Наилучшие результаты дает процесс, в ходе которого траектории движения каждого зерна не повторяются. Микронеровности сглаживаются за счет совокупного химико-механического воздействия на поверхность заготовки.

В качестве абразива для притирочной смеси используют порошки электрокорунда, карбида кремния, карбида бора, окиси хрома, окиси железа и др. Притирочные пасты состоят из абразивных порошков и химически активных веществ, например олеиновой и стеариновой кислот, играющих одновременно роль связующего материала. Материалами для притиров являются серый чугун, бронза, красная медь, дерево. В качестве связующей жидкости используют машинное масло, керосин, стеарин, вазелин.

Плоские поверхности можно притирать вручную или на специальных доводочных станках (рис.1.72). Заготовки 4 располагают между двумя чугунными дисками 3 в окнах сепаратора 5. Диски-притиры имеют плоские торцовые поверхности и вращаются в противоположных направлениях и с разными частотами вращения. Сепаратор относительно дисков расположен эксцентрично на величину e . Поэтому при вращении дисков притираемые детали совершают сложные движения со скольжением, и металл снимается одновременно с их параллельных торцов. Станок можно использовать и для доводки коротких цилиндрических деталей с отверстиями, с помощью которых они ориентируются в сепараторе.

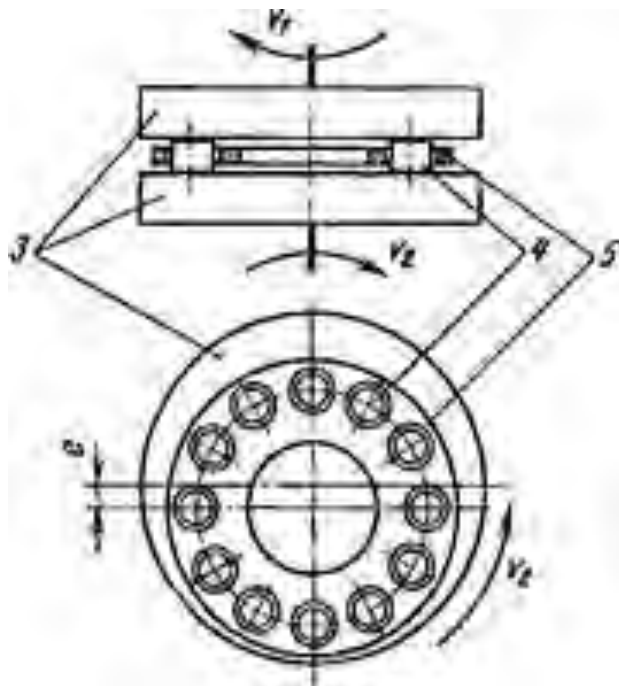


Рис.1.72. Схема притирки плоских поверхностей

Хонингование. Хонингование применяют для получения отверстий высокой точности и малой шероховатости, а также для создания специфического микропрофиля обработанной поверхности в виде сетки. Такой профиль необходим для удержания на стенках отверстия смазки при работе машины (например, двигателя внутреннего сгорания). Чаще обрабатывают сквозные и реже ступенчатые отверстия, как правило, неподвижно закрепленных заготовок.

Поверхность заготовки обрабатывают мелкозернистыми абразивными брусками, которые закрепляют в хонинговальной головке (хоне), являющейся режущим инструментом. Инструмент вращается и одновременно движется возвратно-поступательно вдоль оси обрабатываемого цилиндрического отверстия высотой h (рис.1.73). Соотношение скоростей V_1 и V_2 указанных движений составляет 1,5...10 и определяет условия резания. Скорость для стали составляет 45...60 м/мин, а для чугуна и бронзы - 60...75 м/мин.

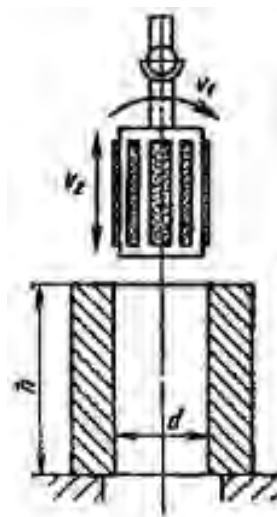


Рис.1.73. Схема хонингования отверстий

Хонингование отверстий по сравнению с внутренним шлифованием имеет ряд преимуществ: отсутствует упругий отжим инструмента, реже наблюдаются вибрации, более плавная работа.

Сочетание движений V_1 и V_2 приводит к тому, что на обрабатываемой поверхности появляется сетка микроскопических винтовых царапин - следов перемещения абразивных зерен.

Хонингованием исправляются такие погрешности предыдущей обработки, как овальность, конусообразность, нецилиндричность и другие, если общая величина снимаемого слоя не превышает 0,01...0,2 мм. Погрешности же расположения оси отверстия (например, увод ее или криволинейность) этим методом не исправляются, так как режущий инструмент самоустанавливается по отверстию. Это достигается шарнирным закреплением инструмента в шпинделе, которое может передать только вращательное движение.

Хонинговальные бруски изготавливают из электрокорунда или карбида кремния, как правило, на керамической связке. Для чистового хонингования хорошие результаты дают бруски на бакелитовой связке.

Число брусков в хонинговальной головке должно быть кратно трем. Поэтому в головке всегда найдутся три бруска, которые будут

обрабатывать реальную поверхность отверстия, имеющего погрешности формы от предыдущей обработки, и превращать ее в поверхность, близкую к круговому цилиндру.

Для хонингования используют одно- и многошпиндельные станки. Некоторые станки оснащают устройствами, позволяющими измерять на ходу обрабатываемое отверстие и выключать станки по достижении необходимого размера отверстия.

Суперфиниширование. Суперфинишированием в основном уменьшают шероховатость поверхностей, оставшуюся от предыдущей обработки. При этом изменяются высота и вид микровыступов, обработанные поверхности имеют сетчатый рельеф, а каждый микровыступ округляется и поверхность становится очень гладкой. В результате возникают более благоприятные условия взаимодействия трущихся поверхностей. Суперфинишем обрабатывают плоские, цилиндрические (наружные и внутренние), конические и сферические поверхности из закаленной стали, реже из чугуна и бронзы.

Поверхности обрабатывают абразивными брусками, устанавливаемыми в специальной головке. Характерным для суперфиниша является колебательное движение брусков наряду с движением заготовки. Процесс резания происходит при давлении брусков и в присутствии смазки малой вязкости.

Схема суперфинишной обработки наружной цилиндрической поверхности приведена на рис.1.74, а. Плотная сетка микронеровностей создается сочетанием трех движений: вращательного $S_{кр}$ заготовки, возвратно-поступательного $S_{пр}$ и колебательного брусков со скоростью V . Амплитуда колебаний брусков составляет 1,5...6 мм, а частота 400...1200 колебаний в минуту. Движение $S_{пр}$ ускоряет процесс съема металла и улучшает однородность поверхности. Брусочки, будучи подпружиненными, самоустанавливаются по обрабатываемой поверхности. Соотношение

скоростей $S_{кр}$ и V в начале обработки составляет 2...4, в конце 8...16. Процесс характеризуется сравнительно малыми скоростями резания (5...7 м/мин).

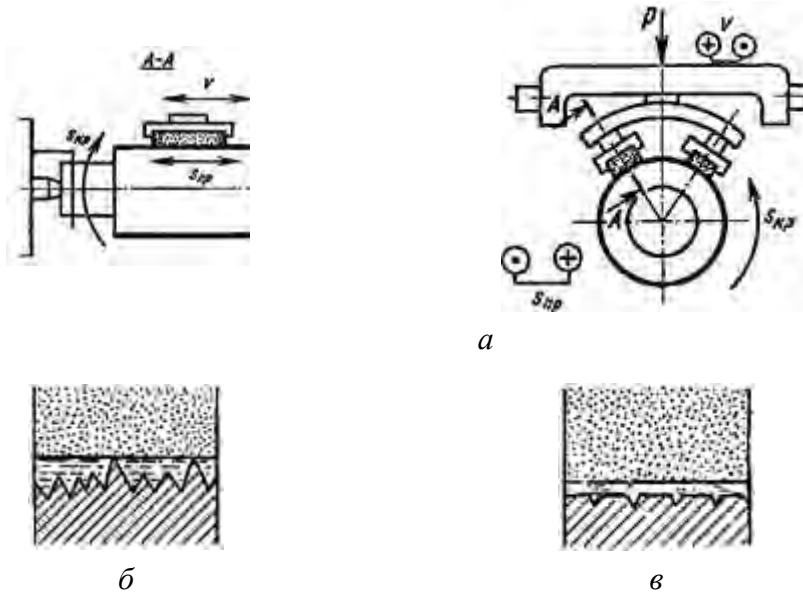


Рис.1.74. Схемы отделки суперфинишированием

Важную роль играет смазочно-охлаждающая жидкость. Масляная пленка покрывает обрабатываемую поверхность, но наиболее крупные микровыступы (рис.1.74, б) прорывают ее и в первую очередь срезаются абразивом. Давление брусков на выступы оказывается большим. По мере дальнейшей обработки давление снижается, так как все большее число выступов прорывает масляную пленку. Наконец наступает такой момент (рис.1.74, в), когда давление бруска не может разорвать пленку, она становится сплошной. Создаются условия для жидкостного трения. Процесс отделки автоматически прекращается. В качестве жидкости используют смесь керосина (80...90 %) с веретенным или турбинным маслом (20...10 %).

При обработке сталей наилучших результатов достигают, используя бруски из электрокорунда, при обработке чугуна и цветных металлов - из карбида кремния. В большинстве случаев применяют бруски на керамической или бакелитовой связке. Применение алмазных брусков увеличивает не только производительность обработки, но и стойкость

инструмента в 80...100 раз. Алмазные бруски работают на тех же режимах, что и абразивные, но с давлением, большим на 30...50 %.

Чаще для суперфиниша применяют два бруска, а при обработке крупных деталей - три или четыре.

Обычно суперфиниширование не устраняет погрешностей формы, полученных на предшествующей обработке (волнистости, конусообразности, овальности и др.), но при усовершенствовании процесса можно снимать увеличенные слои металла, использовать особые режимы обработки. В этом случае погрешности предыдущей обработки значительно уменьшаются.

1.8. Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые в приборостроении при обработке зубчатых колес

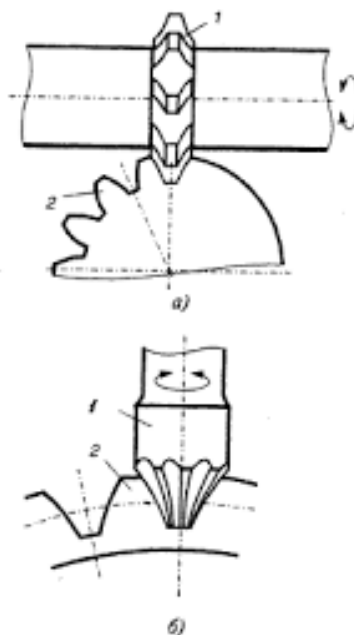
Цилиндрические зубчатые колеса являются самыми массовыми деталями машиностроения. Как известно, они предназначены для передачи вращательного движения между валами с параллельными (в основном) осями. Зубчатые колеса могут быть с прямыми, косыми и шевронными зубьями наружного и внутреннего зацепления.

Наиболее распространены зубчатые колеса с диаметром зубчатого венца от 20 до 1000 мм.

В зависимости от служебного назначения зубчатые колеса изготавливают, как правило, из углеродистых, легированных сталей и в ряде случаев из чугуна, бронзы, пластических масс, текстолита и древеснослоистых пластиков.

Все методы (способы) зубообработки разделяют на две группы: одна осуществляется методом копирования, другая - методом обката. При копировании профиль впадины зубчатого венца полностью повторяет профиль зубообрабатывающего инструмента, т. е. копирует его. При методе обката на зубообрабатывающем станке воспроизводится зацепление нарезаемого зубчатого колеса с зуборезным инструментом (червячной фрезой, долбяком, гребенкой и так далее). Профиль впадины (зуба) образуется как огибающая поверхность множества положений профилирующих кромок инструмента, которое они последовательно занимают в процессе движений инструмента и заготовки. Согласованные движения инструмента и заготовки, обеспечивающие образование необходимого зубчатого профиля (как правило, эвольвентного), называют движениями обката (откуда произошло название «метод обката»).

Метод копирования. Зубонарезание методом копирования можно выполнять дисковой или пальцевой модульными фрезами (рис.1.75).



a – дисковой, *б* пальцевой

Рис. 1.75. Обработка зубчатых колёс методом копирования

После нарезания очередной впадины заготовка поворачивается на $1/z$ часть (z - число зубьев колеса). Так как профиль впадины изменяется при изменении числа зубьев колеса и модуля (m), то одной фрезой можно теоретически точно (без погрешностей профиля) обработать только конкретное зубчатое колесо определенного модуля и с определенным числом зубьев. Для практики это неудобно. Поэтому одной фрезой нарезают группу колес одного модуля с определенным диапазоном чисел зубьев. При этом профиль впадины получает определенные искажения (кроме одного колеса с расчетным числом зубьев).

Нарезание производится на специальных станках (иногда на зубофрезерных станках), имеющих единичное деление, или на универсальных фрезерных станках использованием делительной головки для поворота заготовки на $1/z$ часть. Этим методом можно нарезать и косозубые колеса.

Производительность обработки невысокая.

Метод обкатки. Большинство современных зубообрабатывающих

станков работает по методу обкатки.

Этот метод имеет следующие преимущества: большая производительность и точность обработки, автоматичность работы, одним инструментом определенного модуля можно нарезать колесо с любым числом зубьев того же модуля. В процессе нарезания зубьев по методу обкатки воспроизводится работа зубчатой передачи, т.е. заготовка и инструмент копируют движения зубчатой пары передачи, находящейся в зацеплении. При обработке колес применяются следующие виды обработки: фрезерование, долбление, строгание, шлифование, шевингование и притирание. Кроме того, станки можно распределить на следующие категории:

1. Станки, где в процессе нарезания зубьев копируются движения червячной передачи. Работу червяка выполняет червячная фреза, а червячного колеса - нарезаемая заготовка (рис.1.76).

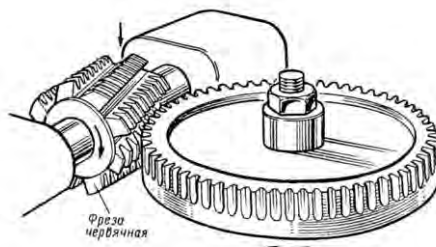


Рис. 1.76. Схема обработки червячной фрезой

2. Станки, где в процессе нарезания зубьев копируются движения пары зубчатых колес. Работу одного колеса выполняет долбяк, а другого колеса - нарезаемая заготовка (рис.1.77).

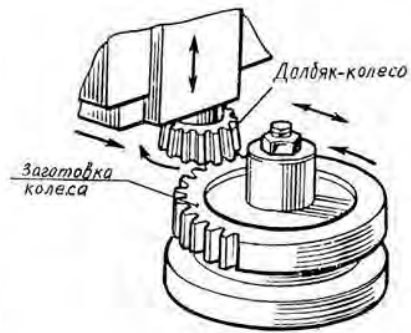


Рис. 1.77. Схема обработки долбяком

3. Станки, где в процессе нарезания копируются движения реечной передачи. Рейку представляет собой зуборезная гребенка 1, а реечного колеса - нарезаемая заготовка 2 (рис.1.78).

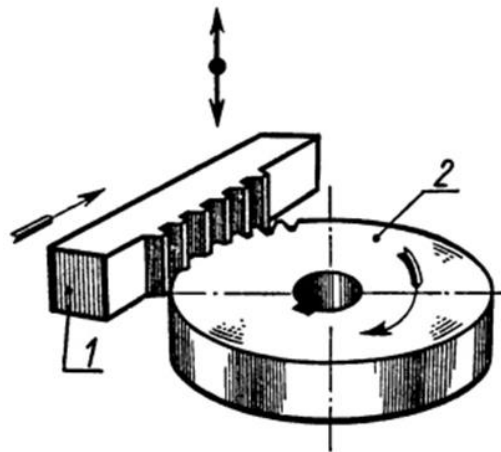


Рис. 1.78 Схема обработки зуборезной гребенкой

1.9. Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые в приборостроении при нарезании резьбы

В приборо- и машиностроении нарезание резьбы производят на токарно-винторезных, сверлильных станках, но в основном на резьбообрабатывающих станках, которые по классификатору относят к пятой группе. Основными типами резьбообрабатывающих станков являются резьбонарезные, резьбофрезерные, гайконарезные, резьбо- и червячно-шлифовальные станки. Способы резьбообработки и применяемый при этом резьбонарезной инструмент, и резьбообрабатывающие станки весьма разнообразны.

Образование резьбы способами нарезания и фрезерования производят:

- для наружной резьбы - резьбовыми резцами, винторезными головками, гребенчатыми и дисковыми резьбовыми фрезами, круглыми плашками;

- для внутренней резьбы - резцами, метчиками и гребенчатыми фрезами.

Вихревые головки используют при нарезании одно- и многозаходных винтов и червяков в условиях крупносерийного производства. Способ накатывания наружных резьб плоскими плашками применяют на резьбонакатных станках и резьбонакатных автоматах. Резьбофрезерование выполняется на специализированных резьбофрезерных станках.

В зависимости от типа резьбы (профиль, размеры, внутренняя или наружная, цилиндрическая или коническая), характера производства, требований к ее качеству применяют различные методы и инструменты для ее нарезания.

При нарезании резьбы используют следующие методы:

1) *копирования*, при котором профиль режущих кромок инструмента (резьбового резца, метчика, плашки, резьбонарезной головки, накатной плашки, абразивного круга) совпадает с профилем впадины или витка резьбы;

2) *центроидного огибания*, при котором линии, называемые центроидами и связанные соответственно с инструментом и заготовкой, в процессе нарезания резьбы катятся друг относительно друга без скольжения, при этом профиль резьбы получается как огибающая различных положений режущих кромок инструмента, профиль которых отличается от профиля нарезаемой резьбы. Примером инструмента, работающего по этому методу, служит обкатной резец.

3) *бесцентроидного огибания*, при котором профиль резьбы получается как линия, огибающая различные последовательные положения режущих кромок инструмента (дисковой фрезы, абразивного круга и др.), но при этом центроиды у инструмента и заготовки отсутствуют; профиль витка инструмента отличается от профиля впадины нарезаемой резьбы.

Для нарезания резьбы применяют следующие инструменты:

Резьбовые резцы (стержневые, призматические односторонние и гребенчатые, круглые односторонние и гребенчатые); метчики; плашки; винторезные головки с плашками или круглыми гребенками; резьбонарезные фрезы (дисковые и гребенчатые); головки для скоростного резьбофрезерования; накатные плашки и ролики; шлифовальные круги (односторонние и многосторонние); обкатные резцы.

Резьбовые резцы применяют для нарезания наружных и внутренних резьб. По конструктивному исполнению резцы бывают стержневые, призматические и круглые.

Винтовое движение, необходимое для получения резьбы резцом, складывается из двух движений: вращательного и поступательного.

При этом оба движения может совершать, например, заготовка или резец, либо одно из движений совершает заготовка, а другое - резец.

Призматические резцы применяют для нарезания резьб с небольшим углом подъема витка, так как в этом случае нельзя заточкой изменить боковые задние углы. При расположении передней поверхности резца в осевой плоскости профиль резца должен совпадать с профилем впадины или витка резьбы. При ином положении передней поверхности (например, при $\gamma > 0$) профиль резца должен быть криволинейным по аналогии со стержневым резцом.

Круглые резцы имеют резьбовой профиль, расположенный на цилиндре. Резец закрепляют в державке и для создания задних углов его центр устанавливают несколько выше оси заготовки. При расположении передней поверхности резца в осевой плоскости заготовки профиль резца должен совпадать с профилем впадины или витка резьбы. В ином случае режущие кромки должны быть соответствующим образом скорректированы. Для изготовления круглого резца необходимо определить размеры его профиля в диаметральном сечении, которые отличаются от соответствующих размеров профиля нарезаемой резьбы в ее осевом сечении.

Процесс формирования профиля резьбы рассмотренными резцами происходит за несколько рабочих ходов. Количество ходов зависит от материала заготовки и инструмента, размеров заготовки и профиля резьбы и др. В конце каждого рабочего хода резец выводят из впадины, возвращают в исходное положение, а затем перемещают в направлении к заготовке, устанавливая следующую глубину резания, и снова совершают рабочий ход.

Метчики предназначены для нарезания внутренних цилиндрических и конических резьб различного профиля. Метчик представляет собой винт

определенного профиля с продольными прямыми или винтовыми канавками, служащими для образования режущих кромок.

Плашки предназначены для нарезания наружных резьб. Плашку можно представить как гайку с необходимым профилем резьбы и продольными пазами для образования режущих кромок. Рабочая часть плашки состоит из заборного конуса, предназначенного для распределения нагрузки на несколько зубьев, и калибрующей части для калибрования резьбы. Угол заборного конуса φ выбирают в зависимости от материала обрабатываемой детали и размеров нарезаемой резьбы. Резьба формируется обычно за один рабочий ход плашки, которая совершает относительно заготовки винтовое движение.

Винторезные головки, имеющие несколько расположенных по окружности плашек или гребенок, служат для нарезания наружных резьб на деталях типа болтов, винтов и т. п. за один, два или несколько рабочих ходов. В конце каждого хода плашки или гребенки автоматически расходятся, поэтому головка не свинчивается с резьбы, а возвращается в исходную позицию перемещением вдоль оси заготовки, т.е. не требуется реверса заготовки, вследствие чего сокращается время холостого хода. Осевая подача головки на шаг резьбы осуществляется либо самозатягиванием, либо от механизма подачи станка.

Резьбовые фрезы применяют для нарезания наружных и внутренних резьб различного профиля фрезерованием. По конструкции они делятся на дисковые и гребенчатые. Последние представляют собой несколько дисковых фрез, расположенных рядом. Дисковые фрезы применяют в основном для фрезерования длинных резьб и резьб с крупным шагом, а гребенчатые для фрезерования коротких резьб треугольного профиля (длина фрезы при этом больше длины нарезаемой резьбы).

Резцовые головки получили широкое распространение при скоростном (вихревом) резьбофрезеровании внутренних и наружных резьб, особенно таких, как длинные винты и червяки. Резцовая головка представляет собой корпус с закрепленными в нем несколькими (одним - четырьмя) резцами соответствующего профиля. При фрезеровании наружных резьб применяют метод внутреннего или внешнего касания. В первом случае ось заготовки располагают внутри окружности, описанной резцами головки, а во втором случае - снаружи.

Резьбонакатные головки широко применяют для накатывания длинных резьб. Головки бывают с самораскрывающимися и нераскрывающимися роликами. Ролики выполняют с кольцевой или винтовой нарезкой. Ролики с кольцевой нарезкой установлены в головке под углом подъема винтовой линии накатываемой резьбы и смещены один относительно другого вдоль оси головки на $1/3$ шага, если роликов три, на $1/4$ шага, если роликов четыре и т.д. Ролики с винтовой нарезкой устанавливают вдоль оси заготовки, так как угол подъема витков ролика выбирают равным углу подъема накатываемой резьбы.

Принцип работы таких головок аналогичен принципу работы круглых резьбонарезных плашек. Ролики головки тоже как бы навинчиваются на заготовку, накатывание резьбы производится при самозатягивании головки, поэтому принудительная осевая подача инструмента на заготовку необходима только в первоначальный момент, пока ролики не захватят ее.

Резьбонакатные головки могут быть вращающимися или невращающимися (стационарными). Следует заметить, что резьбонакатные головки нередко используют для получения резьбы во внутренних отверстиях.

Резьбошлифовальные круги применяют для получения более точных резьб на деталях и инструментах, например, винтах, метчиках,

накатных роликах, червяках, червячных и резьбовых фрезах и др. Инструментом при шлифовании служат однониточные и многониточные цилиндрические или конические шлифовальные круги.

Шлифовальный круг представляет собой геометрическое тело определенных размеров и формы, в котором абразивные зерна, соединенные с помощью связки, являются режущими элементами. В зависимости от обрабатываемого материала, требований к точности и шероховатости поверхности, шага шлифуемой резьбы и т.д. применяют шлифовальные круги с различной характеристикой.

В характеристику шлифовального круга входят материал абразивных зерен (электрокорунд, карбид кремния, карбид бора, синтетический алмаз, эльбор) и их размеры (зернистость), связка (органическая, неорганическая, металлическая), твердость (способность связки удерживать зерна от вырывания), структура (процентное соотношение объемов, занимаемых абразивными зернами, связкой и порами), форма и размеры шлифовального круга, допустимая скорость вращения круга, обеспечивающая безопасную работу.

Процесс резания осуществляется вращающимся шлифовальным кругом, а винтовое движение, необходимое для образования винтовой поверхности резьбы, обеспечивается вращением заготовки и согласованным перемещением вдоль ее оси инструмента или заготовки.

1.10. Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые при протягивании

Протягивание - метод обработки разнообразных по форме наружных и внутренних поверхностей деталей многолезвийным инструментом - протяжкой. На протяжных станках можно обрабатывать отверстия круглой, квадратной формы, сквозные внутренние многогранники; шлицы с прямыми и винтовыми канавками; шпоночные пазы в отверстиях различных деталей. При наружном протягивании обрабатывают плоские и фасонные поверхности, канавки, рифления, профили конических, цилиндрических (прямозубых и косозубых) зубчатых колес и т.д. Этот метод отличается высокой производительностью, обеспечивает достаточно высокую точность обработки (7 - 9-й квалитет), хорошее качество обработанной поверхности ($Ra = 2,5...0,32$ мкм) и широко применяется в различных по серийности производствах.

Формообразование поверхностей при протягивании происходит по методу копирования профиля режущих кромок инструмента на обрабатываемую поверхность заготовки. Для обработки протягиванием достаточно только главного движения, которое может совершать либо инструмент, либо заготовка. Это движение может быть возвратно-поступательным или вращательным. Функция подачи, т.е. непрерывность врезания инструмента, обеспечивается за счет особенностей конструкции протяжки.

Группу протяжных станков составляют горизонтально-протяжные и вертикально-протяжные станки. На рис.1.79 представлены схемы обработки различных поверхностей на протяжных станках.

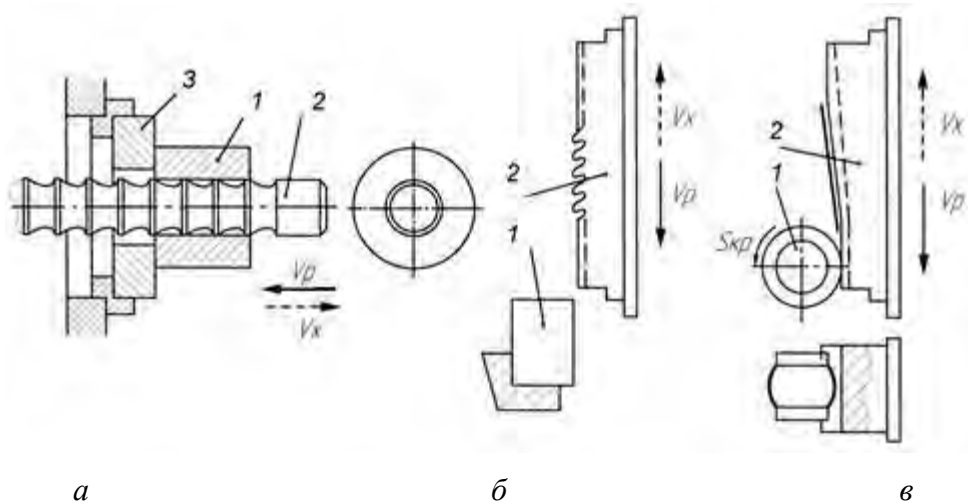


Рис.1.79. Схемы обработки поверхностей на протяжных станках

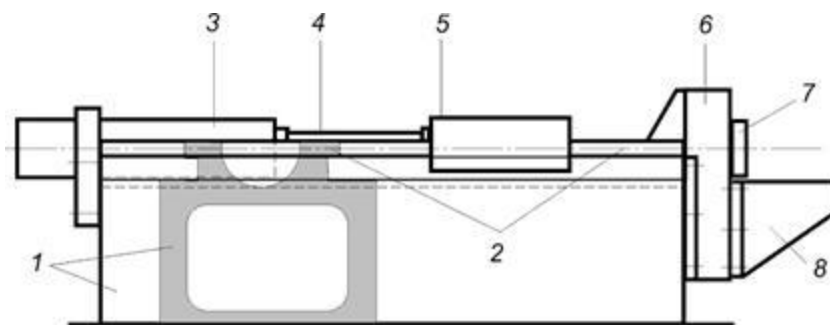
Обработка на горизонтально-протяжном станке цилиндрического отверстия в заготовке *1* происходит при главном поступательном движении инструмента - круглой протяжки *2* со скоростью V . Заготовку устанавливают с упором в вертикальную плоскость втулки *3* (рис.1.79, *a*). В том случае, если базовая поверхность заготовки неперпендикулярна оси обрабатываемого отверстия, применяют самоустанавливающуюся, например, сферическую опору. При обработке внутренних поверхностей других профилей (квадратного, шлицевого и др.) протягивание производится по аналогичной схеме с использованием инструментов соответствующей геометрии. Схема протягивания внутренней поверхности на вертикально-протяжном станке в принципе не отличается от рассмотренной.

При обработке винтовых шлицев или внутренних винтовых зубьев наряду с главным поступательным движением протяжки заготовка или инструмент совершают вращательное движение подачи, которое должно быть согласовано с шагом винтовой поверхности.

При наружном протягивании плоских и фасонных поверхностей на горизонтально-протяжных или вертикально-протяжных станках главное движение совершает инструмент или заготовка (рис.1.79, *б*, *в*). При

протягивании наружных поверхностей вращения плоской протяжкой дополнительно кроме главного движения инструмента необходима круговая подача заготовки.

На горизонтально-протяжных станках (рис.1.80) в основном обрабатываются внутренние поверхности различной формы и назначения - цилиндрические и фасонные поверхности, шпоночные пазы, шлицы, внутренние зубья и т. п. Эти станки отличаются достаточно высокой универсальностью и простотой обслуживания, могут быстро переналаживаться и поэтому применяются в практике машиностроения достаточно широко.



1 - станина; 2 - направляющие; 3 - гидроцилиндр; 4 - шток; 5 - каретка; 6 - стойка; 7 - адаптер; 8 - кронштейн

Рис.1.80. Компоновка горизонтально-протяжного станка

Вертикально-протяжные станки позволяют производить обработку как внутренних, так и наружных поверхностей. Эти станки имеют вертикальную компоновку, поэтому занимают меньшие цеховые площади, но большая высота станка осложняет их обслуживание. Вертикально-протяжные станки хорошо поддаются автоматизации, при соответствующей модернизации их можно использовать для обработки наружных поверхностей вращения. Основные узлы станка базируются на массивной опорной плите 1 (рис.1.81).

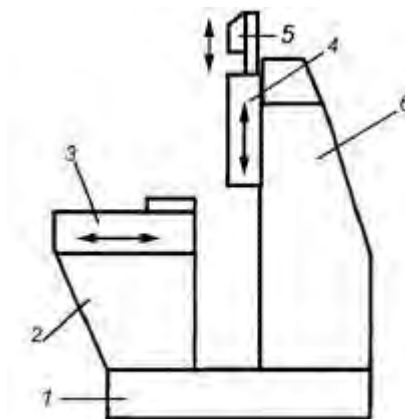


Рис.1.81. Схема компоновки вертикально-протяжного станка

По вертикальным направляющим стойки 6 движется рабочая каретка 4 и вспомогательная каретка 5. Заготовка устанавливается в приспособлении на столе станка 3, смонтированном на тумбе 2. Перед началом обработки обе каретки находятся в исходном крайнем верхнем положении, при этом протяжка удерживается патроном вспомогательной каретки.

После установки заготовки на стол станка вспомогательная каретка опускается и подает в отверстие заготовки переднюю направляющую часть протяжки. Протяжка, упираясь торцом в дно патрона рабочей каретки, захватывается в патрон и при включении вертикальной подачи рабочей каретки вместе с ней перемещается вниз, осуществляя при этом обработку поверхности заготовки за один рабочий ход. Когда рабочая каретка и инструмент находятся в крайнем нижнем положении, заготовку снимают со станка. Рабочая каретка возвращается в верхнее исходное положение; при этом рабочий патрон упирается в стол и его кулачки, разжимаясь, освобождают нижний конец протяжки. Одновременно патрон вспомогательной каретки захватывает протяжку за верхний конец и поднимает ее в крайнее верхнее положение. На стол устанавливается новая заготовка. Цикл обработки может быть полностью автоматизирован, если станок оснащен соответствующим загрузочно-разгрузочным устройством.

Различают два вида протягивания при обработке на протяжных станках: свободное и координатное. При свободном протягивании должны быть обеспечены точность размеров и формы обрабатываемых поверхностей и их шероховатость. Поэтому при свободном протягивании заготовка самоустанавливается относительно инструмента. При координатном протягивании кроме вышеперечисленных требований к точности и качеству обработанной поверхности дополнительно предъявляются определенные требования к точности размеров, определяющих положение обработанной поверхности относительно других поверхностей заготовки. Для этого при обработке на станке положение заготовки должно быть строго фиксированным относительно протяжки при помощи специальных приспособлений.

При обработке поверхностей на вертикально- и горизонтально-протяжных станках рассмотренных выше типов происходят значительные затраты времени на вспомогательные движения. Поэтому при протягивании больших партий заготовок целесообразно использовать горизонтально-протяжные станки непрерывного действия конвейерного или карусельного типа, которые дают выигрыш в производительности по сравнению, например, с вертикально-протяжными станками примерно в 5...10 раз. На этих станках в качестве инструмента используют плоские протяжки с неподвижным закреплением на станке.

1.11. Инструмент и оборудование для нанесения штрихов, линий и знаков

Цифры и знаки на циферблатах и шкалах могут быть получены следующими способами: литографическим; фотографированием; фототравлением; чеканкой; гравированием на пантографах; рельефной штамповкой с последующим фрезерованием, алмазными инструментами; наклейкой или приклепкой отдельных цифр и знаков к заготовке шкалы или циферблата; выжиганием.

В единичном и мелкосерийном производстве циферблаты и шкалы изготавливаются чаще всего фотографированием, фототравлением и гравированием на пантографах.

Для нанесения линий, надписей и знаков при изготовлении шкал, сеток, лимбов и подобных им точных деталей применяют металлические и алмазные резцы. Металлические резцы из инструментальной углеродистой стали (У8А, У10А и У12) или из легированной стали (ХВГ, 9ХС и ХВ5) обладают низкой износостойкостью.

Для нанесения делений по посеребренным покрытиям на стеклянных заготовках применяют кованые резцы из стали Р18. Сталь Р18 подвергают многократной ковке с 35-37%-ной усадкой по диаметру. Из кованой стали делают резцы с головкой необходимой конфигурации. Затем резец закаливают и отпускают. Такие резцы позволяют наносить штрихи общей длиной до 20 м. При массовом производстве шкал и нанесении штрихов на поверхности черных металлов и стекла для получения высокой точности геометрических размеров и высокого класса шероховатости необходимо применять алмазный инструмент, обладающий высокой износостойкостью и твердостью.

На выбор материала головки резца и на конструктивные ее особенности в сильной степени влияют параметры шкал и сеток и

материал заготовки. Если линии элементов шкал или сеток имеют одно направление, то выбирают резец трапецеидального или треугольного поперечного сечений.

Различие методов нанесения линий обуславливает конструктивное различие и в инструментах. Иногда резание или гравирование на делительных или копировально-гравировальных станках производят дисковыми фрезами и резцами, тело которых имеет цилиндрическую, коническую или многогранную форму, зависящую от формы цанги.

Гравирование штрихов, цифр, букв и знаков на циферблатах и шкалах производится на фрезерных станках-пантографах и специальных станках двумя методами: вращающимися фрезами-штихелями и вращающимися резцами путем строгания. Глубина гравированной линии может быть примерно 0,08-0,1 мм. Инструментом для гравирования служат штихели, изготовленные из быстрорежущей стали Р18 или твердых сплавов марки ВК6М. Для гравирования шкал из цветных металлов и сплавов, а также закаленной стали и стекла применяются алмазные штихели.

1.12. Станки с программным управлением и автоматические линии

Для автоматической обработки деталей на металлорежущем станке должен быть выполнен заранее установленный порядок перемещений рабочих органов станка, осуществляемых, но определенному закону - программе. На станках, работающих по полуавтоматическому или автоматическому циклу, автоматизация движения осуществляется путем применения различного рода кулачков, копиров, барабанов, шаблонов и др., которые выполняют функции программносителей. Такое управление целесообразно применять в крупносерийном и массовом производстве.

В настоящее время около 75% машиностроительной продукции выпускается в условиях мелкосерийного и единичного производства. Автоматизация процессов механической обработки в этих производствах путем использования автоматических станков традиционного исполнения (автоматы и полуавтоматы, автоматические линии и др.) нецелесообразна в связи с большими затратами на технологическую оснастку и большой трудоемкостью их наладки. Основной путь автоматизации механической обработки в мелкосерийном производстве — применение станков с числовым программным управлением (ЧПУ).

Система числового программного управления (СЧПУ) – это совокупность специализированных устройств, методов и средств, необходимая для осуществления числового программного управления станками.

Числовое программное управление обеспечивает необходимые движения рабочих органов станка, цикл обработки детали, режимы резания, вспомогательные функции. Программа работы станка задается в цифровом виде, которая на условном языке (коде) наносится на программноситель (перфолента, магнитная лента, магнитный диск,

оптический диск или вводится в блок магнитной памяти), т.е. вся исходная информация для обработки детали преобразовывается в символы и создается числовая модель обработки детали. В устройстве управления станком эта информация считывается, преобразуется в сигналы, управляющие исполнительными приводами станка. Станки с числовым программным управлением быстро переналаживаются путем замены программы без смены или перестановки механических элементов станка.

Одним из первых станков с программным управлением был токарный станок, созданный в СССР в 1949 г. Программоносителем являлась магнитная лента. Запись программы проводилась при ручном управлении обработкой первой детали. В 1958 г. были изготовлены два станка с числовым программным управлением — токарный и фрезерный, которые демонстрировались в этом же году на Всемирной выставке в Брюсселе. Первый в мировой практике токарный станок с ЧПУ (1К62ПУ) был удостоен высшей награды «Гран-при».

На первом этапе станки с ЧПУ создавались на базе универсальных станков. Они лишь частично модернизировались путем установки индивидуальных приводов подач по координатам, измерительных и других устройств, а также систем программного управления. Такой принцип создания станков с ЧПУ не обеспечивал заданной точности обработки и производительности.

Первый опыт создания и эксплуатации станков с ЧПУ, а также исследования в этой области позволили наметить пути принципиального изменения компоновки и конструкции станков для получения всех потенциально возможных преимуществ числового программного управления. Значительно упрощена их кинематика, обеспечена автономность приводов перемещений рабочих органов, что позволило одновременно осуществлять движение по нескольким координатам. Применяются шариковые винтовые пары, направляющие качения и др.

Станки начали снабжаться магазинами инструментов с автоматической сменой последних. Такие станки называют многоинструментными, многоцелевыми, многооперационными, обрабатывающими центрами. С созданием этих станков появилась возможность обработки сложных деталей за одну установку. Создание новых инструментальных материалов позволило значительно повысить скорости резания, при которых ручное управление станками стало в ряде случаев невозможным.

Возможность создания новых станков с ЧПУ тесно связана с бурным развитием электроники и вычислительной техники. Сочетание высокой производительности, присущей специальным станкам, с гибкостью, свойственной универсальному оборудованию, сделало станки с ЧПУ основным средством автоматизации механической обработки деталей в единичном и мелкосерийном производстве.

Станки с ЧПУ сочетают в себе широкие возможности быстрой переналадки с высоким уровнем автоматизации. Ни один другой вид металлообрабатывающего оборудования такими свойствами не обладает. Благодаря широким возможностям современных устройств числового программного управления их можно включать в общие системы управления от ЭВМ, что делает целесообразным применение станков с ЧПУ и в условиях массового производства, в том числе и в составе автоматических станочных линий. Это особенно важно, поскольку даже в массовом производстве обновление и смена выпускаемых изделий происходят часто.

В последние годы станки с ЧПУ комплектуются устройствами управления на базе мини-ЭВМ. Основные функции последних устройств — хранение в памяти ЭВМ программ управления и их распределение по запросам от станков. Кроме этого, устройство управляет другим вспомогательным оборудованием - загрузчиками заготовок, складами

заготовок и инструментов, выполняет функции диспетчера, ведет учет работы и простоев станков, числа обработанных деталей и др.

Создаются автоматизированные участки и автоматические линии с управлением от ЭВМ.

Современные станки с ЧПУ оснащаются промышленными роботами для загрузки заготовок, снятия готовых деталей и их транспортирования.

Дальнейшим развитием станков с ЧПУ явилось создание роботизированных технологических комплексов (РТК) и гибких производственных модулей (ГПМ), на базе которых создаются гибкие производственные системы (ГПС).

Применение станков с программным управлением позволяет создавать новые прогрессивные формы организации производства с использованием вычислительной техники и значительно сократить сроки освоения выпуска новых изделий. При применении станков с ЧПУ сокращается потребность в станках, так как один станок заменяет несколько универсальных станков. Сокращается потребность в производственных площадях, в станочниках, облегчается труд рабочих и происходит переориентация их труда с физического на умственный. Появляется возможность централизованной подготовки программ с применением современных средств вычислительной техники.

Большим преимуществом станков с ЧПУ является возможность создания самонастраивающихся (адаптивных) систем управления, которые могут самостоятельно выбирать оптимальные режимы резания.

ЧПУ обеспечивает возможность дистанционного управления станками и одновременного управления несколькими станками, а также высокую точность и идентичность обрабатываемых деталей, транспортабельность управляющих программ и удобство их хранения.

Опыт эксплуатации станков с ЧПУ позволил определить области производства, где их использование наиболее целесообразно:

1) при изготовлении первых деталей, когда отсутствует технологическая оснастка для их обработки на других станках, а изготовление оснастки нецелесообразно из-за малой партии деталей или возможных изменений в их конструкции;

2) при обработке деталей крупногабаритных, со сложными поверхностями (различных моделей, матриц, штампов и др.), с большим числом обрабатываемых поверхностей и жесткими допусками на их изготовление;

3) при частых сменах обрабатываемых деталей, когда стоимость частой переналадки обычных станков, изготовления и хранения оснастки к ним весьма высока;

4) при обработке партий деталей, имеющих небольшие отличия, когда оператор может осуществлять коррекцию программы непосредственно у станка;

5) в тех случаях, когда требуется быстрый переход на выпуск другого изделия (независимо от вида производства), а также во вредных производствах;

6) при обработке деталей, требующих высокоточной оснастки, когда ее стоимость составляет большой процент от стоимости детали.

Эффективность использования станков с ЧПУ значительно повышается при двух- и трехсменной их эксплуатации, а также при групповом использовании станков. Эффективность использования этих станков во многом определяется технологичностью обрабатываемых деталей. Форма заготовки (поковка, штамповка и др.) должна быть максимально приближена к конфигурации детали. Детали, подлежащие обработке на станках с ЧПУ, должны иметь унифицированные формы и размеры канавок, радиусы сопряжений поверхностей, нормализованные размеры отверстий и др.

Станки с ЧПУ расширяют возможности при выборе форм деталей и технологии их обработки. Сложные детали, которые раньше делались составными, на станках с ЧПУ можно изготавливать цельными.

Система координат станков с ЧПУ. Для всех станков с ЧПУ применяют единую систему обозначений координат, рекомендованную Международной организацией по стандартизации ISO. Координатами обозначают положение оси вращения шпинделя станка или заготовки, а также прямолинейные или круговые движения подачи инструмента или заготовки. При этом обозначение осей координат и направление движений в станках устанавливаются так, чтобы программирование операций обработки не зависело от того, перемещается инструмент или заготовка. За основу принимается перемещение инструмента относительно системы координат неподвижной заготовки.

Стандартная система координат представляет собой правую прямоугольную систему, связанную с заготовкой, оси которой параллельны прямолинейным - направляющим станка.

Все прямолинейные перемещения рассматриваются в системе координат X, Y, Z . Круговое движение по отношению к каждой из координатных осей обозначают буквами A, B, C (рис. 1.82, *a*). Во всех станках ось Z совпадает с осью шпинделя главного движения, т. е. шпинделя, вращающего инструмент в станках сверлильно-фрезерно-расточной группы или шпинделя, вращающего заготовку в станках токарной группы.

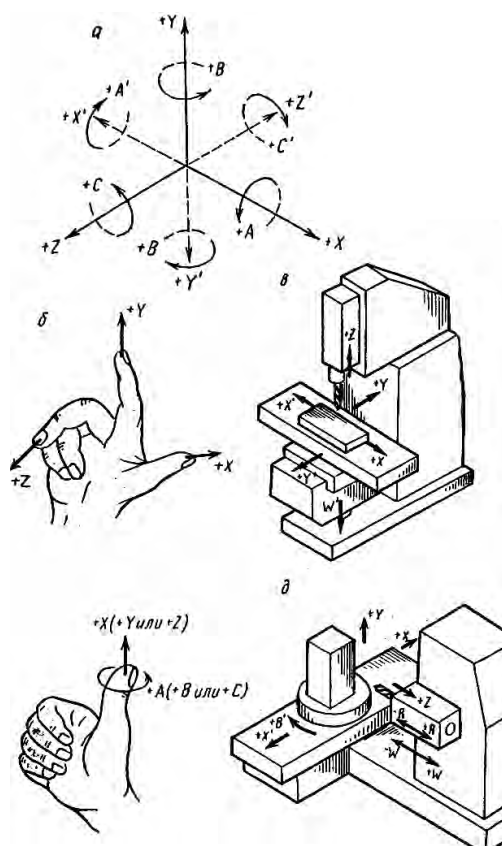


Рис. 1.82 Система координат станков с ЧПУ

При наличии нескольких шпинделей в качестве основного выбирают один из них, предпочтительно перпендикулярный к рабочей поверхности стола, на котором крепится заготовка. При неповоротной оси основного шпинделя за ось Z принимают одну из трех осей стандартной трехкоординатной системы, параллельную оси шпинделя. Если ось основного шпинделя может находиться в нескольких положениях, параллельных различным осям стандартной трехкоординатной системы, за ось Z , принимают стандартную ось, предпочтительно перпендикулярную к рабочей поверхности стола, на котором крепится заготовка. Движение по оси Z в положительном направлении должно соответствовать направлению отвода инструмента от заготовки. Если станок применяется для сверления или растачивания с использованием только трех основных линейных перемещений, то обработка происходит при перемещении инструмента в отрицательном направлении оси Z .

Ось X должна располагаться предпочтительно горизонтально и параллельно поверхности крепления заготовки. На станках с вращающейся заготовкой, например, токарных, движение по оси X направлено по радиусу заготовки и параллельно поперечным направляющим. Положительное движение по оси X происходит, когда инструмент, установленный на главном резцедержателе поперечных салазок, отходит относительно вращения заготовки.

На станках с вращающимся инструментом, например, фрезерных, сверлильных:

- при горизонтальной оси Z , положительное перемещение по оси X направлено вправо, если смотреть от основного инструментального шпинделя в сторону изделия;
- при вертикальной оси Z положительное перемещение по оси X направлено вправо: для одностоечных станков, если смотреть от основного инструментального шпинделя на стойку, а для двухстоечных — от основного инструментального шпинделя на левую стойку.

Положительное направление движения по оси Y следует выбирать так, чтобы ось Y вместе с осями Z и X образовывала правую прямоугольную систему координат. Для этого пользуются правилом правой руки: большой палец — ось X , указательный — ось Y , средний — ось Z (рис. 1.82, б).

При определении координатных перемещений станка правую руку мысленно кладут тыльной стороной на обрабатываемую плоскость заготовки (рис. 1.82, в) так, чтобы полусогнутый средний палец совпал с осью инструмента Z . Тогда большой палец покажет направление координаты X , а указательный — Y . Направления движения рабочих органов несущих инструмент, обозначаются буквами без штриха, а несущих заготовку — буквами со штрихом (рис. 1.82, а). При этом положительное направление движения, обозначаемое буквой со штрихом

противоположно соответствующему движению, обозначенному той же буквой без штриха. Так, на рис 1.82, *в* движения инструмента вдоль своей оси в направлении от заготовки обозначены $+Z$, а прямолинейные перемещения заготовки $+X$, $+Y$.

Вращательные движения вокруг осей, параллельных X , Y и Z , обозначаются соответственно буквам A , B и C . Для определения знака кругового перемещения мысленно охватывают правой рукой одну из координатных осей; так, чтобы большой палец показывал ее положительное направление.

Например, на рис.1.82, *д* движение стойки станка параллельно оси шпинделя обозначено через Z , параллельное ему движение пиноли шпинделя — через W , а быстрое перемещение шпиндельной бабки — через R . Для станков с двумя функционально одинаковыми рабочими органами, управляемыми от двух независимых двухкоординатных устройств ЧПУ (например, для токарных станков с функционально одинаковыми двумя шпинделями и суппортами), оси координат для обоих одинаково работающих органов (например, суппортов) обозначают одинаково — буквами Z и X .

Позиционные, контурные, комбинированные, адаптивные и групповые системы ЧПУ. Их особенности и область применения. Числовое программное управление станками бывает позиционным, контурным, комбинированным, адаптивным и групповым.

При позиционном (координатном) управлении обеспечивается перемещение рабочих органов станка в заданные точки с координатами в соответствии с программой (рис. 1.83, *а*). При этом траектории перемещений не программируются. Перемещения рабочих органов от одной точки к другой осуществляются на ускоренных ходах. Обработка ведется после перемещения с точным позиционированием и фиксации

рабочих органов. Этот способ управления применяется в основном на сверлильных и расточных станках.

Иногда позиционное управление применяют на токарных, фрезерных и шлифовальных станках, когда ведется обработка прямолинейных поверхностей по одной координате, параллельной направляющим станка. В этом случае программируются конечные координаты перемещений и задаются направление и скорость подачи рабочих органов. Обработка ведется в период перемещения рабочего органа (рис. 1.83, б). Такой вид управления иногда называют прямоугольным (линейным). Такое управление позволяет на токарных станках обрабатывать ступенчатые валики, проточку канавок, обработку фасонных поверхностей (фасонными резцами); на фрезерных станках можно обрабатывать одновременно несколько параллельных поверхностей и др.

Контурное числовое управление станками применяется для обработки деталей сложной формы, имеющих криволинейные поверхности (рис. 1.83, в). Для обработки таких поверхностей требуется управление перемещениями рабочих органов по двум или большему числу координат, при наличии непрерывной функциональной связи между ними. Характерная особенность контурного (размерного) управления — координация движений рабочих органов станка в каждый момент времени по пути и скорости. Контурное управление значительно сложнее позиционного. Процесс подготовки программ для этого вида управления более трудоемкий по сравнению с позиционным и устройства управления сложнее и дороже.

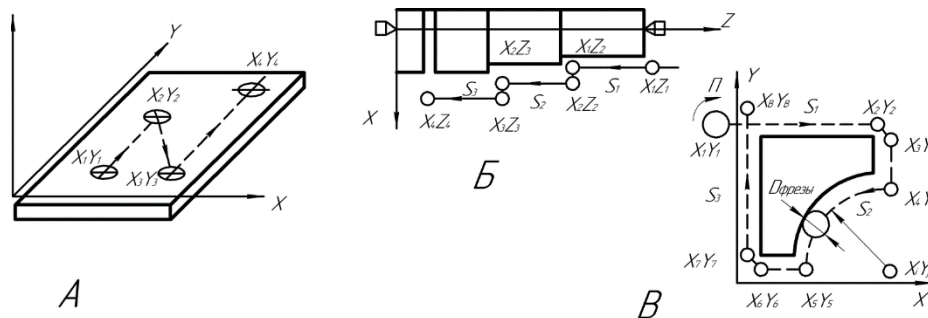


Рис. 1.83. Позиционные системы ЧПУ

Одной из разновидностей контурного управления является синфазное управление, которое применяется на токарно-винторезных станках с ЧПУ при нарезании резьбы. Приводы главного движения и подачи на этих станках кинематически независимы. Для получения требуемого шага резьбы необходимо за один оборот шпинделя обеспечить подачу резца, равную шагу нарезаемой резьбы. Задающим движением при этом является вращение шпинделя, оно контролируется соответствующим датчиком. Относительно этого движения задается рассогласование (синфазность) скорости движения подачи для обеспечения требуемого шага.

Адаптивное управление применяется для управления станков с ЧПУ, а также на других станках. При этом управлении обеспечивается автоматическое приспособление процесса обработки к изменяющимся условиям по определенным критериям. Причины, вызывающие изменение процесса обработки: изменение припуска на обработку, твердости обрабатываемого материала, затупление режущего инструмента, деформации в технологической системе и др. При изменении условий обработки в устройстве программного управления вырабатываются корректирующие сигналы, которые подаются на соответствующие исполнительные устройства и изменяется режим работы станка.

Комбинированное (универсальное) числовое управление обеспечивает обработку детали, как в режиме позиционирования, так и при контурной обработке. Этот вид управления применяется на многоинструментных станках.

Групповое управление — это числовое программное управление группой станков от ЭВМ, имеющей общую память для хранения управляющих программ, распределяемых по запросам от станков.

Большинство позиционных систем является замкнутыми. Работа их основана на том, что система ЧПУ сравнивает действительное положение рабочего органа станка с координатами, заданными программой. Положение рабочего органа определяется с помощью расположенных на нем датчиков обратной связи. Принципиальная схема управления перемещением по одной координате показана на рис. 1.84.

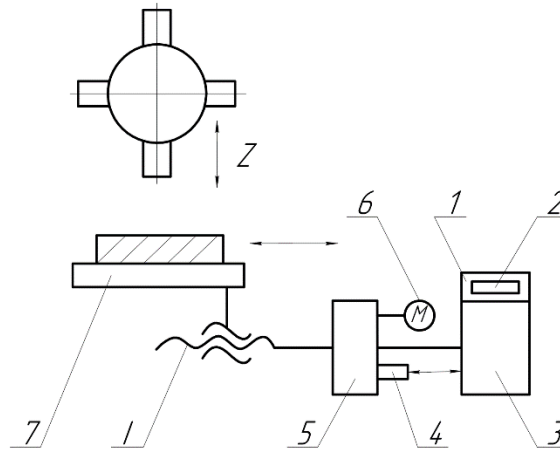


Рис. 1.84. Принципиальная схема управления перемещением по одной координате

Устройство ввода программы 1 содержит узлы для перемещения программоносителя 2 и узлы для считывания программы. Оно преобразует зафиксированную на программоносителе информацию в электрические импульсы, направляемые в устройство автоматического позиционирования 3. По команде последнего включается привод 6 рабочего органа (стола) 7. Привод может состоять из редуктора 5 с электромагнитными муфтами и ходового винта 1. В процессе обработки заданного перемещения датчик обратной связи 4 посылает в устройство автоматического позиционирования 3 электрические сигналы обратной связи. Как только вырабатывается сигнал о достижении координат заданной программы, узел позиционирования отключает привод.

Прямоугольные системы ЧПУ являются разновидностью позиционных систем и предназначены в основном для управления

движения режущего инструмента по одной из двух взаимно перпендикулярных координат. Эти системы позволяют обрабатывать детали типа ступенчатых валиков на токарных станках или детали с прямоугольным контуром на фрезерных станках.

Контурные системы ЧПУ обеспечивают фасонную обработку детали по траектории и с контурной скоростью, заданной программой в основном на токарных и фрезерных станках. Контурная скорость – результирующая скорость подачи рабочего органа станка, направление которой совпадает с направлением касательной в каждой точке заданного контура обработки.

Контурные системы ЧПУ подразделяются по типу интерполяции: *линейные, круговые, специальные.*

По типу привода: *следающие, шаговые.*

По числу одновременно управляемых координат: 2, 3...

Линейные интерполяторы наиболее просты. Их используют если обрабатываемый контур можно представить в виде отрезков прямых, расположенных под любыми углами к оси координат.

Криволинейные участки в этом случае представляют ряд прямых отрезков. Более сложные детали, форма которых описывается дугами окружности и отрезками прямых удобнее обрабатывать на станках с линейно-круговым интерполятором. Длина отрезка выбирается такой, чтобы погрешность, получаемая от замены одного профиля другим, не превышала допустимой. Каждый отрезок ломанной заменяется приращением его координат Δx , Δy . Они в свою очередь выражаются количеством выражаемых импульсов N_x , N_y , которые должны быть поданы η электродвигателя приводов для отработки перемещений Δx , Δy .

Литература

1. Кожевников, Д.В. Металлорежущие инструменты: Учебник / Д.В. Кожевников, С.В. Кирсанов - Томск: Изд-во Том. ун-та, 2013. - 392 с.
2. Фельдштейн, Е.Э. Режущий инструмент. Эксплуатация: Учебное пособие / Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич. – Москва: ИНФРА-М, Нов. знание, 2012. - 256 с.
3. Новиков, Н.В. Твердосплавные инструменты в процессах механической обработки / Н.В. Новиков: под ред. С.А. Клименко и Новикова Н.В.. – Киев: ИСМ им. В.Н. Бакуля, 2015. - 368 с.
4. Сибикин, М.Ю. Современное металлообрабатывающее оборудование: справочник / М.Ю. Сибикин; под ред. Н.В. Бухарова. – Москва: Издательство Машиностроение, 2013. - 308 с.
5. Валетов, В.А. Технологии изготовления деталей приборов / В.А. Валетов, – СПб: Университет ИТМО, 2017. - 152 с.
6. Черпаков Б. И. Технологическое оборудование машиностроительного производства : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Б. И. Черпаков, Л. И. Вереина. — 4-е изд., перераб. — М.: Издательский центр «Академия», 2012. - 448 с.
7. Грановский, Г.И. Резание металлов: Учебник для машиностр. и приборостр. спец. вузов / Г.И. Грановский, В.Г. Грановский. - М.: Вышш. Шк.,1985. – 304 с.
8. Ящерицын, П.И. Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах: Учеб. Для вузов / П.И.Ящерицын, М.Л.Еременко, Е.Э. Фельдштейн. - Минск: Вышш.шк., 1990. – 512 с.
9. Жигалко, Н.И., Яцура Е.С. Обработка материалов, станки и инструменты: Учебное пособие для вузов / Н.И. Жигалко, Е.С. Яцура. - Минск: Вышш.шк., 1984. - 373 с.
10. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. / А.Г Косилова [и др.]; под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова.- 4-е изд., перераб. и доп.-

Москва: Машиностроение, 1985.

11. Технологическое оборудование и оснастка в приборостроении: программа, методические указания и задания для студентов заочной формы обучения специальности Т.06.01.00 «Приборостроение» / сост.: Г.А. Есьман, В.Л. Габец. – Минск: БГПА, 2001. – 28 с.

12. Лабораторные работы (практикум) по дисциплине «Технологическое оборудование и оснастка в приборостроении», для студентов специальностей 38 01 01 «Механические и электромеханические приборы и аппараты», 38 02 02 «Биотехнические и медицинские аппараты и системы», 52 02 01 «Технология и оборудование ювелирного производства»: в 2-х ч / сост.: М.Г. Киселев, Г.А. Есьман, В.Л. Габец. – Минск: БНТУ, 2009. – Ч. 2. – 160 с.

13. Кочергин, А.И. Металлообрабатывающие станки, линии и инструменты / А.И. Кочергин, М.Ю. Пикус, В.И. Шагун. – Мн.: Выш. Шк., 1979. – 320 с.

14. Михнев, Р.А. Оборудование оптических цехов. / Р.А. Михнев, С.К. Штандель. - Москва: Машиностроение, 1981. – 240 с.

15. Краткий справочник металлиста /Под общ. Ред. П.Н. Орлова. - Москва: Машиностроение, 1988. – 350 с.

16. Справочник по электрохимическим и электрофизическим методам обработки. Под. Общ. ред. В.А. Волосатова. – Ленинград: Машиностроение, 1988. – 530 с.

17. Справочник технолога – машиностроителя. В 2-х томах. Под ред. Косиловой А.Г. и Мещерякова Р.К. – Москва: Машиностроение, 1985.

18. Металлорежущие системы машиностроительных производств. Под ред. Г.Г. Земскова. – Москва: Высшая школа, 1988. – 340 с.

19. Производство зубчатых колес. Под общ. Ред. Б.А. Тайца. – Москва: Машиностроение, 1990. – 390 с.

20. Тепинкичиев, В.К., Металлорежущие станки / В.К. Тепинкичиев, Л.В. Красниченко, А.А. Тихонов. - Москва: Машиностроение, 1970. – 390 с.

Раздел 2. Проектирование специальных приспособлений в приборостроении

2.1. Роль приспособлений в приборо- и машиностроении

Приспособлениями в машиностроении называют вспомогательные устройства, используемые при механической обработке, сборке и контроле изделий.

Приспособления, рабочие и контрольные инструменты вместе взятые называют *технологической оснасткой*.

Среди задач, решение которых достигается применением приспособлений, можно выделить три основных.

1) Установка заготовок на станках без выверки. Применение приспособлений для установки заготовок ликвидирует дорогостоящую и трудоемкую операцию разметки, устраняет выверку обрабатываемой детали на станке, обеспечивает возможность автоматического получения точных размеров, а следовательно, повышает точность обработки за счет устранения погрешностей, связанных с разметкой и выверкой.

2) Повышение производительности труда. Повысить производительность труда – это значит сократить норму штучного времени на операцию.

$$t_{\text{шт.к}} = t_0 + t_{\text{в}} + t_{\text{тех.об}} + t_{\text{орг.об}} + t_{\text{пер}} + \frac{t_{\text{п.з}}}{n};$$

$t_{\text{шт.к}}$ - штучно-калькуционное время.

Основное время t_0 можно сократить:

- увеличением числа одновременно работающих инструментов, для чего проектируют многошпиндельные сверлильные и фрезерные головки, многорезцовые державки и т.д. ;
- одновременной обработкой нескольких деталей, для чего проектируют многоместные приспособления, или приспособления для установки деталей пакетами;

- повышением режимов резания.

Вспомогательное время t_v можно сократить, уменьшив время на установку и закрепление деталей или совместив вспомогательное и основное время.

При использовании приспособлений рабочий может не проверять положение деталей при установке. Для сокращения времени закрепления детали устанавливают быстродействующие ручные, механизированные, автоматизированные, поворотные приспособления, автоматические загрузочные устройства и др.

Время технического обслуживания рабочего места $t_{\text{тех.об}}$ и *подготовительно-заключительное время $t_{\text{п.з}}$* сокращают, используя быстросменные патроны, многорезцовые державки, шаблоны для установки инструментов на размер и т.д.

Время организационного обслуживания $t_{\text{орг.об}}$ можно уменьшить при создании в приспособлениях окон и лотков для отвода стружки, устройств для автоматической очистки от стружки и ее транспортирования и т.п.

3) Расширение технологических возможностей оборудования. Приспособления, расширяющие технологические возможности станков, позволяют осуществить: крепление инструментов, редко используемых при работе на станке; дополнительные взаимные перемещения инструмента и обрабатываемой детали; крепление инструментов и обрабатываемых деталей на не предназначенных для этой цели поверхностях станка; точное направление инструмента.

Например, с помощью специальных приспособлений обработку шлифованием, протягиванием и фрезерованием можно производить на токарном станке, растачивание и долбление – на фрезерном, обработку точных отверстий – на сверлильных станках и т.п.

Кроме того, применение приспособлений позволяет:

- а) снизить себестоимость продукции;

- б) облегчить условия работы и обеспечить ее безопасность;
- в) организовать многостаночное обслуживание;
- г) применить технически обоснованные нормы времени;
- д) сократить число рабочих, необходимых для выпуска продукции.

2.2. Классификация приспособлений

Классификацию приспособлений проводят по нескольким признакам.

По целевому назначению приспособления делят на 5 групп:

1) *Станочные приспособления для установки и закрепления на станках обрабатываемых заготовок.* В зависимости от вида механической обработки эти приспособления делятся на приспособления для сверлильных, фрезерных, расточных, токарных, шлифовальных и других станков. Станочные приспособления составляют 80-90% в общем парке приспособлений. К ним относят также приспособления специального назначения (для гибки, рихтовки и других операций).

2) *Станочные приспособления для установки и закрепления рабочего инструмента,* осуществляющие связь между инструментом и станком, в то время, как первый вид осуществляет связь заготовки со станком. К ним относятся патроны для сверл, разверток, метчиков, многошпиндельные сверлильные и фрезерные головки, инструментальные державки для токарно-револьверных станков и автоматов и другие устройства. Эти приспособления, *называемые также вспомогательным инструментом,* характеризуются большим числом нормализованных конструкций.

С помощью приспособлений первой и второй группы выполняют наладку технологической системы СПИД.

3) *Сборочные приспособления* для соединения сопрягаемых деталей в узлы и изделия. Их применяют для:

- а) крепления базовых деталей (узлов), собираемого изделия;
- б) обеспечения правильной установки соединяемых элементов детали, изделия;
- в) предварительной сборки упругих элементов (пружин, разрезных колец и т.д.);
- г) для выполнения соединений с натягом.

4) *Контрольные приспособления* применяются для промежуточного и окончательного контролей, контроля деталей в процессе механической сборки и для контроля собранных узлов машин.

К этой группе относятся также испытательные и контрольно-измерительные стенды.

5) *Приспособления для захвата, перемещения и перевертывания обработанных заготовок и узлов* (так называемые транспортно-кантовальные приспособления), используемые при обработке и сборке тяжеломеханических деталей и изделий.

Станочными приспособлениями называются дополнительные устройства к металлорежущим станкам, позволяющие наиболее экономично в заданных производственных условиях обеспечить заложенные в конструкции детали требования к точности размеров, формы и расположения обрабатываемых поверхностей деталей.

К станочным приспособлениям относятся: устройства для установки и закрепления обрабатываемых деталей на станках (приспособления), устройства для установки и закрепления режущего инструмента на станках (вспомогательный инструмент).

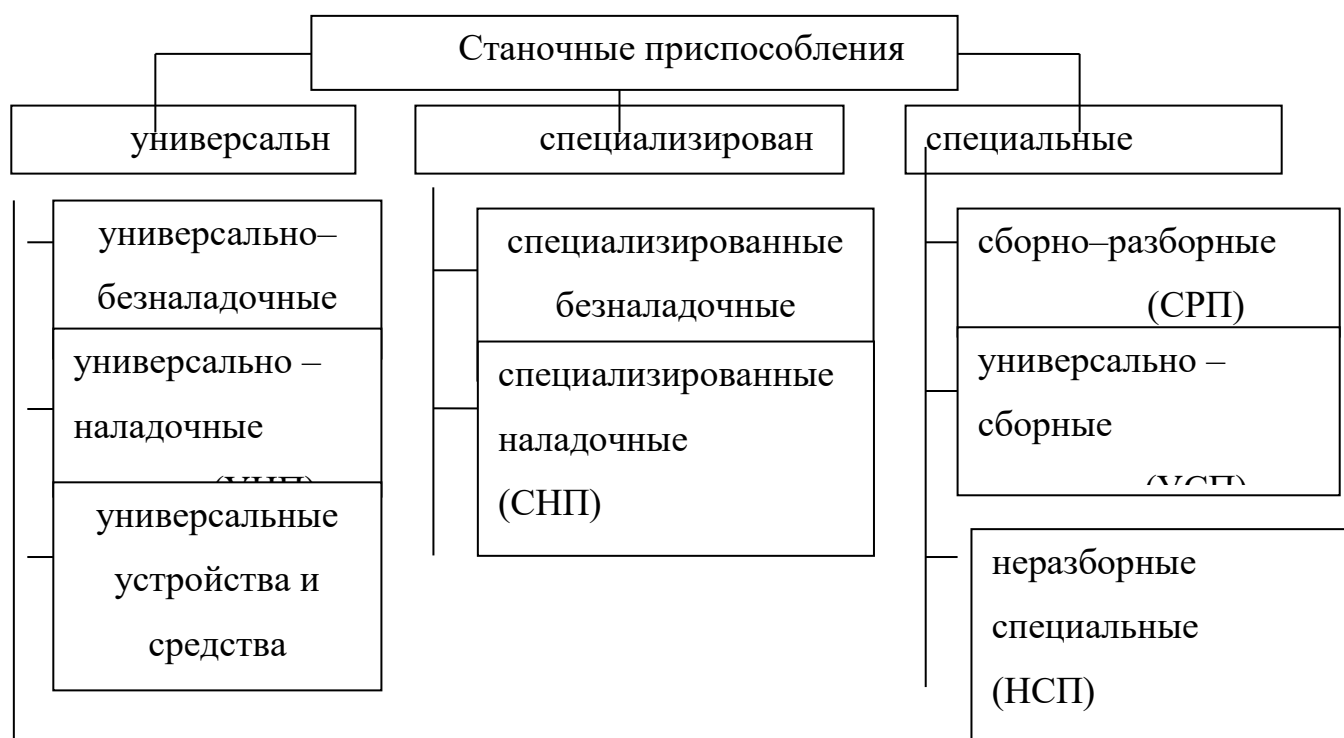
В современных производствах роль таких устройств настолько велика, что во многих случаях приспособления «сливаются» со станком так, что трудно найти границу между станком и приспособлением к нему.

По технологическому признаку станочные приспособления делятся на приспособления к станкам: токарным, сверлильным, расточным, фрезерным, протяжным, зуборезным, шлифовальным и т.д.

По степени специализации приспособления подразделяют на три группы, в каждую из которых входят соответствующие системы станочных приспособлений, предусмотренные ЕСТПП и ГОСТ 14.305-73 «Правила выбора технологической оснастки». В отдельную систему

можно выделить средства механизации зажима станочных приспособлений (СМЗСП).

Система приспособлений – совокупность приспособлений, конструкции которых komponуются на базе единых характерных правил для обеспечения единства выполнения их и использования в определенных организационных условиях технологического процесса изготовления различных деталей.



Система УБП – предусматривает применение универсальных регулируемых приспособлений, не требующих сменных установочных и зажимных элементов. Она включает комплексы универсальных приспособлений, входящих в комплекты оснастки, поставляемой машиностроительным предприятиям в качестве принадлежностей к станкам. Рекомендуется для единичного и многосерийного производства.

Система УНП – предусматривает разделение элементов приспособлений на два основных вида: базовые и сменные. Базовые элементы – постоянная многократно используемая часть приспособления,

изготавливаемая заранее по соответствующим стандартам. Сменные установочные и зажимные элементы наладки могут быть универсальными (тиски со сменными наладками, делительные устройства, поворотные столы и т. п.).

Рекомендуется для мелкосерийного и серийного производства, особенно эффективна при групповой обработке заготовок.

Система УУС – используются для механизации приспособлений с целью облегчения труда и повышения его производительности. К ним относятся:

- легкоперемещающиеся плавающие столы;
- подставки с ловителями инструмента;
- отдельно скомпонованные пневматические, пневмогидравлические, гидравлические, магнитные, электромагнитные, электромеханические и др. устройства.

Система УУС включает средства механизации зажима станочных приспособлений (СМЗСП).

Специализированные безналадочные приспособления (СБП) - используются для установки заготовок, близких по конструктивно-технологическим признакам и требующих одинаковой обработки и установки на одноразмерные или комбинированные установочные элементы (для однотипных операций предусмотрена возможность регулировки положения установочных элементов). К ним относятся: приспособления для групповой обработки заготовок типа валов, осей, втулок, стаканов, фланцев, дисков, колец, кронштейнов, корпусов и т.п.

Система СНП – так как и система УНП, включает базовые элементы и комплексы элементов-наладок, но отличается более высокой степенью механизации приводов и применением многоместных приспособлений.

Рекомендуется для специализированного серийного и крупносерийного производств. Важная особенность СНП (по сравнению с

УНП) состоит в том, что каждому из них соответствует единственно возможная схема базирования.

Система УСП – предусматривает комплекс стандартных заранее изготовленных из высококачественных легированных и инструментальных закаленных сталей (12ХН3А, 48А, У10А и др.) элементов – деталей и сборочных единиц высокой точности, из которых komponуют различные конструкции специальных приспособлений. После использования приспособление разбирают на составные элементы. Элементы УСП находятся в обращении 18..20 лет. Рекомендуется для единичного, мелкосерийного, серийного и различных опытных производств, в период освоения новых видов изделий.

Обычно комплект УСП содержит 25-30 тысяч деталей, из которых одновременно можно собирать до 300 приспособлений.

Основные требования к ним: большая надежность, износостойкость и долговечность.

Система СПП – содержит комплексы стандартных сборочных единиц с базовыми поверхностями для сборки различных приспособлений. По окончании эксплуатации (при смене объекта производства) компоновки разбирают на сборочные единицы и используют их в новых приспособлениях.

Рекомендуется для серийного и крупносерийного производств в условиях частой смены выпускаемых изделий с большим количеством модификаций.

Система НСП – содержит комплексы преимущественно стандартных сборочных единиц, деталей и заготовок, а также нестандартных элементов для изготовления высокопроизводительных специальных приспособлений и сменных специальных наладок.

Рекомендуется для стабильного крупносерийного и массового производства. Это одноцелевые приспособления, которые используются

для выполнения определенной операции при обработке конкретной заготовки.

По степени механизации и автоматизации приспособления делятся на:

- ручные;
- механизированные;
- полуавтоматические;
- автоматические.

В автоматизированном производстве приспособление является элементом сложного транспортирующего, загрузочно-разгрузочного комплекса.

Уровень автоматизации того или иного приспособления определяется количеством рабочих приемов, охваченных механизацией или автоматизацией.

В механизированных приспособлениях с помощью силового привода выполняются приемы закрепления и открепления, а при установке крупных деталей дополнительно и прием базирования. Остальные приемы выполняются вручную.

В полуавтоматических приспособлениях часть приемов выполняется автоматически, без участия рабочего, а остальные остаются механизированными или ручными.

В автоматических приспособлениях все приемы, начиная от загрузки и базирования и кончая съемом обработанных деталей, производятся без участия рабочего.

2.3. Основные направления в проектировании приспособлений

В условиях различных производств (массового, серийного, единичного) к конструкциям приспособлений и их приводов предъявляются различные требования, в зависимости от которых определяется степень специализации приспособлений, уровень их механизации и автоматизации и основные направления дальнейшего развития.

В крупносерийном и массовом производстве экономически оправдывается применение специальных приспособлений с встроенным или прикрепляемым силовым приводом (преимущественно пневматическим или гидравлическим). Помимо общих требований – точность, жесткость, компактность - главная задача при конструировании сводится к максимальной механизации и автоматизации приспособлений с целью повышения точности обработки, производительности и облегчения труда рабочих. Широко внедряются многоместные, полуавтоматические и автоматические приспособления, столы для непрерывной обработки, автоматические поворотные и делительные столы для позиционной обработки, многошпиндельные и агрегатные головки, загрузочные устройства и т.д.

В серийном производстве, как и в массовом, задача повышения производительности и облегчения труда рабочих являются главной, поэтому и здесь приспособления должны быть быстродействующими, т.е. максимально оснащенными механизированными силовыми приводами, а в ряде случаев полуавтоматическими.

Наряду с этим в серийном производстве к конструкциям приспособлений предъявляется ряд дополнительных требований, вытекающих из специфики этого производства:

1) сокращение сроков и себестоимости подготовки производства, что в условиях большой номенклатуры и частой смены объектов производства имеет решающее значение :

2) сокращение времени на переналадку оборудования, что очень важно при внедрении групповых технологических процессов и организации групповых потоков в серийном машино- и приборостроении:

3) экономичность приспособлений.

В наибольшей степени указанным требованиям отвечают переналаживаемые (групповые и универсальные) и универсально-сборные (система УСП) приспособления.

Таким образом, в конструировании приспособлений четко прослеживаются следующие направления:

1) механизация и автоматизация приспособлений;

2) стандартизация приспособлений;

3) экономичность приспособлений.

Механизация и автоматизация является одним из основных направлений в проектировании приспособлений.

Удельный вес машинной работы (резание) в среднем не превышает 50% от времени работы за смену. Остальное время затрачивается преимущественно на вспомогательную работу: установку и закрепление деталей, управление станком, контроль в процессе обработки. В зависимости от серийности производства t_b составляет 25..60% от времени работы смены.

При этих условиях становится очевидным значение механизации и автоматизации станочных приспособлений и внедрения прогрессивных конструкций.

Кроме того, автоматизация и механизация облегчают труд рабочих.

При проектировании приспособлений и загрузочных устройств можно обеспечить механизацию или автоматизацию любого из следующих приемов вспомогательной работы на станке:

1) загрузку обрабатываемых деталей в рабочую зону приспособления (производится с помощью загрузочного устройства или механической руки, а при обработке из прутка – с помощью специального подающего устройства);

2) базирование деталей, т. е. доведение их базовых поверхностей до полного контакта с установочными элементами приспособления (производится вспомогательными цилиндрами и мембранами, обычно сблокированными с цилиндрами, осуществляющими окончательный зажим);

3) закрепление и открепление деталей;

4) периодические повороты деталей при позиционной обработке с последующей фиксацией и зажимом поворотной части приспособления;

5) вращение при непрерывной обработке, например, при непрерывном фрезеровании с механизированным или автоматизированным закреплением и откреплением деталей на вращающемся столе;

6) удаление обработанных деталей из рабочей зоны приспособления (выталкивание пружинным, пневматическим или гидравлическим плунжером, скатывание по желобу); в ряде случаев работу выталкивателя блокируют с действием зажимного устройства;

7) очистку установочных поверхностей приспособления от стружки струей сжатого воздуха, охлаждающей жидкости или путем отсоса стружки с помощью специальных устройств.

Автоматизация приспособлений в большинстве случаев базируется на применении пневматических, пневмогидравлических или гидравлических приводов, управляемых через конечные выключатели,

золотниковые устройства и упоры перемещающимися рабочими органами станка.

Автоматизация цикла работы станка, дополненная автоматизацией цикла работы приспособления, позволяет превращать обычные универсальные станки в полуавтоматы и автоматы, а это, в свою очередь, обеспечивает возможность многостаночного обслуживания и значительное повышение производительности труда.

Стандартизация приспособлений. В области приспособлений стандартизацией охвачены:

- 1) конструктивные и размерные элементы (резьбы, конусы, шпоночные соединения, уклоны, посадки и т.п.);
- 2) заготовки корпусов;
- 3) узлы;
- 4) некоторые конструкции приспособлений;
- 5) элементы силовых приводов.

В результате применения стандартизованных узлов и деталей наряду с сокращением сроков проектирования уменьшается в 3 – 4 раза трудоёмкость механической обработки и примерно в 2 раза сокращается цикл изготовления приспособлений.

Проведённая стандартизация в области оснастки позволяет проектировать приспособления с применением стандартных деталей и узлов в объёме от 30 до 90% от общего количества деталей в конструкции.

В результате себестоимость изготовления приспособлений снижается на 20 – 30%, а общий цикл оснащения нового изделия сокращается на 30 – 40%.

Универсализация приспособлений. Быстрое развитие современного машиностроения вызывает необходимость частой замены выпускаемой продукции новой, более современной. При этом почти вся специальная оснастка списывается (старая) и проектируется и изготавливается новая.

Это влечёт за собой большой объём трудовых и денежных затрат на производство приспособлений, что, в свою очередь, отражается на сроках технологической подготовки производства и себестоимости производимой продукции. Более половины всех трудовых затрат (65%) в технологической подготовке производства приходится на изготовление приспособлений и оснастки.

В то же время для обеспечения роста производительности труда и снижения себестоимости продукции необходимо повышать оснащённость техпроцессов приспособлениями.

Это противоречие стремятся преодолеть путём нормализации деталей и узлов приспособлений, которая позволяет ускорить и удешевить изготовление технологической оснастки. При этом снижается объём конструкторских работ.

Изготовление нормализованных деталей большими партиями улучшает организацию работы инструментального цеха и удешевляет их изготовление.

В настоящее время специальные приспособления состоят почти на 70% из нормализованных стандартных деталей.

Нормализация проходит тремя этапами:

1-ый этап – нормализация общих конструктивных и размерных элементов (резьбы, конусы, посадки и др.)

2-ой этап – нормализация деталей приспособлений (пальцы, пластины, установы, корпуса и др.)

3-ий этап – нормализация узлов приспособлений (пневмоцилиндры, делительные механизмы, выталкиватели и др.).

Разработка нормалей ведётся передовыми машиностроительными заводами, проектно-технологическими и научно-исследовательскими институтами. Нормали бывают ведомственные и общесоюзные.

Однако, нормализация в том виде, как показано, даёт положительные результаты при проектировании приспособлений для массового и серийного производства и не решает вопроса для мелкосерийного и индивидуального производства. Нужны качественно иные формы оснащения этих производств технологической оснасткой.

Универсально-сборные приспособления.

Работы, проведённые предприятиями и НИИ показали, что из всех видов технологической оснастки, применяемых на заводах индивидуального и мелкосерийного производства, наибольшими достоинствами обладает система универсально-сборных приспособлений (УСП), созданная советскими инженерами В.С. Кузнецовым и В.А. Пономарёвым в середине сороковых годов.

Основным назначением системы УСП является высокооперативное обеспечение производства технологической оснасткой, повышение коэффициента оснащённости операций и производительности труда, снижение себестоимости технологического оснащения, а также повышение общей культуры производства.

Сущность системы УСП заключается в том, что вместо ряда необходимых специальных приспособлений из нормализованных и заранее изготовленных элементов непрерывно создаются самые разнообразные приспособления (компоновки). Когда надобность в таких приспособлениях отпала, они разбираются на составные части и из этих элементов собираются новые конструкции приспособлений.

Универсально-сборные приспособления создаются по принципу 100% применения стандартных и нормализованных деталей и узлов.

УСП по назначению представляет собой специальное приспособление и обладает всеми его качествами. В то же время УСП не идёт на лом после выполнения операции. В этой системе действует принцип длительной обращаемости элементов (свойственный

универсальным приспособлениям), обеспечиваемой их взаимозаменяемостью и высокой износоустойчивостью.

Обычно комплект элементов УСП включает 25000-30000 деталей, из которых одновременно может собираться до 300 приспособлений. Пусковой компонент для небольшого завода может иметь 1,5-2,5 тысячи деталей, из которых можно собирать 300-400 приспособлений в год.

Все детали УСП разбиты на 8 групп:

1) Базовые детали – плиты, планшайбы, угольники и др. Детали покрыты сеткой пазов – шпоночных для ориентировки деталей друг относительно друга и Т – образных для крепления на них других деталей болтами. Размеры пазов у всех деталей комплекта одинаковы. Он может быть 8, 12 или 16 мм. Комплект для тяжёлого машиностроения имеет пазы 16 мм, для приборостроения – 8 мм. Допускаемые отклонения от взаимной параллельности и перпендикулярности пазов $<0,01$ мм на длине 200мм, отклонения от параллельности и перпендикулярности плоскостей $<0,005$ мм на 100мм.

Шероховатость поверхностей - R_a 0,32 – 0,26 мкм.

2) Корпусные и опорные детали – призмы, угольники, подкладки и др. Они тоже покрыты сеткой пазов, но имеют еще прорезы и отверстия, сквозь которые пропускаются крепежные болты.

3) Установочные детали – шпонки, пальцы, установочные диски, центры, втулки, валики и др.

4) Направляющие детали – кондукторные втулки, кондукторные планки, колонки и др.

5) Прижимные детали – прихваты различных типов.

6) Крепежные детали – для крепления элементов УСП – винты, болты, гайки.

7) Разные детали – рукоятки, эксцентрики, пружины и др.

8) Неразборные узлы – поворотные головки, центровые бабки, фиксаторы, самоустанавливающиеся опоры, пневмогидравлические зажимы, пневмоцилиндры и др.

Детали набора УСП должны быть прочными, износостойкими и длительное время сохранять точные размеры и форму.

УСП могут применяться при выполнении самых разнообразных операций, таких как: токарные, фрезерные, сверлильные, строгальные, протяжные, шлифовальные, сборочно-сварочные, контрольные и многие другие.

Процесс конструирования, в основном, состоит в подборе необходимых деталей и узлов и нахождении правильного их сочетания в общей компоновке, которая должна отвечать всем эксплуатационным и технологическим требованиям. Крепление всех деталей в единую конструкцию производится с помощью болтов и гаек.

Как и при обычном проектировании специального приспособления, исходными данными для каждой компоновки УСП являются:

- чертеж детали (или эталон детали) с технологическими требованиями;
- вид обработки (фрезерование, точение);
- технологические данные – базы для установки, место крепления, тип станка, режущий и мерильный инструмент;
- величина партии обрабатываемых деталей.

Сборку выполняют рабочие высокой квалификации по чертежу или образцу детали без предварительного составления чертежей приспособления. Если предполагается, что сборка такого приспособления может повториться, то его целесообразно сфотографировать. Время, затрачиваемой на сборку компоновки УСП, составляет в среднем 3-3.5 часа (от 1 часа до 9 часов).

Время от момента заказа УСП до установки его на станок составляет 1-3 дня, вместо двух месяцев при изготовлении специального приспособления.

Технико-экономическая эффективность применения системы УСП складывается из следующих факторов:

1) сокращение цикла технологической подготовки производства и выпуска новых изделий;

2) повышение качества и снижение трудоемкости изготавливаемых изделий;

3) сокращение расхода металла и экономия денежных средств на изготовление оснастки. Для УСП считается, что расход металла идет на изготовление новых деталей и на пополнение случайной убыли.

Подсчитано, что это составляет $\sim 0,3$ кг металла стоимостью 3 коп. на каждую компоновку;

4) высвобождение значительной части станочного оборудования и производственных площадей.

Опыт эксплуатации системы УСП показывает, что применение комплекта УСП в рамках одного завода не всегда рентабельно. В этом случае целесообразна организация прокатных баз, услугами которых пользуется большое количество предприятий.

Область применения УСП – мелкосерийное, опытное и индивидуальное производство. Кроме того, УСП применяются и при больших масштабах производства во время перехода на выпуск новой продукции, а также в инструментальных и ремонтных цехах.

Универсально-наладочные приспособления.

Система универсально-наладочных приспособлений (УНП) основана на использовании сменных наладок к универсальной нормализованной части приспособления.

Приспособления системы УНП состоят из двух частей:

- постоянной, куда обычно относится корпус приспособления и привод;
- сменной, в которую входят направляющие, установочные и зажимные элементы.

В этих приспособлениях, также как и в УСП, обеспечивается принцип обратимости, т.к. они используются для выполнения комплекса различных детали-операций.

УНП применяются в серийном производстве. При запуске новой партии деталей приспособление не снимается со станка, а производится лишь перестановка сменных элементов и их регулировка. Сменные детали и узлы УНП не сдаются на склад, а хранятся на рабочем месте у станка. На перестановку сменных элементов требуется очень мало времени. Это приводит к сокращению подготовительно-заключительного времени и улучшению использования оборудования.

Применение УНП сокращает сроки подготовки производства, удешевляет стоимость приспособлений, т.к. наиболее дорогие элементы приспособлений – корпус и привод сочетаются с различными сменными наладками и создают целый ряд специальных приспособлений.

Примерами УНП могут быть машинные тиски, скальчатые кондукторы, пневматические патроны со сменными кулачками, планшайбы с переставными угольниками, раздвижные кондукторы для сверления отверстий во фланцах различного диаметра и др. При обработке мелких деталей на фрезерных и др. станках применяются УНП со сменными кассетами.

Количество перенастраиваемых приспособлений непрерывно растет. Приобретается опыт их эксплуатации. Это создает прочную основу дальнейшего развития системы УНП.

УНП применяются при обработке деталей, закрепленных за групповой поточной линией. Кроме того, для групповых поточных линий

применяются комбинированные приспособления для одновременной обработки нескольких деталей.

Экономический анализ вариантов приспособлений.

Для выполнения одной и той же технологической операции могут быть использованы приспособления равноценные по точности, но различные по сложности, стоимости и производительности. Предпочтение отдается тому приспособлению, которое дает наименьшую стоимость операции.

Экономическое обоснование выбора того или иного варианта приспособления основывается на сопоставлении технологических себестоимостей операции, по одному и другому варианту, включающих в себе лишь те статьи себестоимости, которые зависят от применяемого приспособления.

Все статьи технологической себестоимости условно делятся на две группы:

1) переменные расходы, зависящие от объема производства. Сюда входят:

Z – зарплата станочника;

$S_{э.ст.}$ – стоимость эксплуатации станка;

$A_{ст.}$ – стоимость амортизации станка;

W_{xx} – стоимость электроэнергии, расходуемой на холостые ходы станка.

Эти расходы считаются на 1 деталь.

2) постоянные расходы, не зависящие от объема производства. Сюда относятся:

S_n – годовая стоимость наладки приспособления;

$A_{пр} = 0,6S_{пр}$ – стоимость амортизации и эксплуатации приспособления, где $S_{пр}$ – стоимость приспособления.

Эта статья расходов исчисляется из расчета, что при трех годичном сроке службы приспособления амортизация составляет 33%, а эксплуатационные расходы на содержание приспособления составляет примерно 27% от его стоимости.

Тогда годовая технологическая себестоимость $E_{г.т.}$ будет равна:

$$E_{г.т.} = (3 + A_{ст.} + S_{э.ст.} + W_{хх}) \Pi + S_{н} + 0,6S_{пр};$$

где Π – годовая программа деталей, обрабатываемых в данном приспособлении.

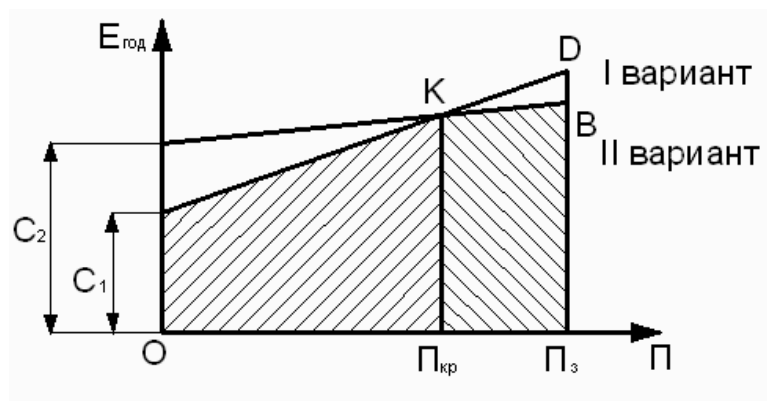
Если ввести обозначения

$V = 3 + A_{ст.} + S_{э.ст.} + W_{хх}$ – переменные расходы;

$C = S_{н} + 0,6S_{пр}$ – постоянные расходы,

то $E_{г.т.} = V \Pi + C$.

Эта зависимость легко представляется графически линией в координатах ЕОП, у которой переменные расходы характеризуют угол наклоны прямой, а постоянные величины – отрезок на оси Е.



Если сравнить два варианта приспособлений, то будем иметь следующие уравнения:

$$E_1 = V_1 \Pi + C_1 \text{ и } E_2 = V_2 \Pi + C_2.$$

Выразим это графически (см. рисунок выше). Для примера зададимся, что $C_1 < C_2$ и $V_1 > V_2$, тогда график будет иметь вид как на рисунке.

Рассмотрение графика показывает, что при годовой программе меньшей $\Pi_{кр}$ первый вариант приспособления дает меньшую

технологическую себестоимость, а при программе большей $\Pi_{кр}$ – выгоднее второй вариант. При программе $\Pi_{кр}$ оба варианта равноценны, то есть $E_1=E_2$.

$$V_1 \Pi_{кр} + C_1 = V_2 \Pi_{кр} + C_2;$$

$$\Pi_{кр} = \frac{C_1 - C_2}{V_1 - V_2}.$$

Для определения стоимости приспособлений $S_{пр}$ можно пользоваться заводскими данными или, подсчитав приближенно по формуле:

$$S_{пр} = C_{пр} N;$$

где N – количество деталей в приспособлении;

$C_{пр}$ – постоянная, зависящая от стоимости приспособления и его габаритных размеров.

Величина $C_{пр}$ принимается:

- для простых приспособлений $C_{пр}=1,5$;
- для приспособлений средней сложности $C_{пр}=3,0$;
- для сложных приспособлений $C_{пр}=4,0$.

Количество оснастки, применяемой на машиностроительных заводах столь велико, что необходимо всемерно стремиться к снижению ее стоимости. Для этого необходимо:

- количество деталей приспособления сводить к минимуму;
- облегчать вес приспособлений без снижения его жесткости;
- проектировать детали простой формы и наименьшим количеством мест обработки;
- максимально применять нормализованные и стандартизованные детали и узлы;
- использовать вышедшие из употребления приспособления, снимая или переделывая узлы и так далее.

2.4. Элементы конструкций станочных приспособлений

В любом приспособлении можно выделить отдельные группы деталей и механизмы, имеющие одинаковое назначение. Их принято называть элементами.

Под *элементом приспособления* понимают деталь или элемент конструкции, выполняющий определенную функцию.

По функциональному назначению элементы приспособлений делят на:

- установочные, которые определяют правильность установки обрабатываемых деталей в приспособлении относительно инструмента;

- зажимные, которые устраняют возможность вибрации или смещения заготовки относительно установочных элементов под действием собственного веса и сил, возникающих в процессе обработки (сборки). Необходимость применения зажимных устройств механизмов исчезает в двух случаях: а) когда обрабатывают (собирают) тяжелую, устойчивую заготовку (сборочную единицу), по сравнению с весом которой силы обработки (сборки) малы; б) когда силы, возникающие при обработке (сборке), приложены так, что они не могут нарушить положение заготовки, достигнутое базированием;

- установочно-зажимные – выполняют одновременно функции установочных и зажимных элементов (например, трехкулачковый самоцентрирующий патрон). Их применяют для повышения точности положения координатной системы технологической базы относительно координатной системы приспособления при установке. Установочные элементы в таком механизме должны быть подвижными в направлении зажима, а для сохранения установочных свойств, закон их относительного движения должен быть одинаково задан и реализован в конструкции приспособления с достаточной точностью;

- силовые приводы, основное назначение которых – создание исходной силы тяги, необходимой для зажима заготовки. Кроме этого силовые приводы используют для механизации и автоматизации приемов загрузки и выгрузки заготовок, поворота приспособления, включения и выключения станка, удаления стружки, транспортирования деталей и др.;

- элементы для определения положения и направления инструментов (шаблоны, установочные, кондукторные втулки, копиры и т.п.);

- делительные устройства, предназначенные для изменения положения обрабатываемой детали в приспособлении без нарушения ее положения относительно инструмента;

- корпуса приспособлений;

- вспомогательные элементы (рукоятки, сухари, шпонки и т.п.).

2.4.1. Установка заготовок при обработке на станках.

Установочные элементы приспособлений.

Под установкой заготовок понимают последовательное выполнение двух приемов: базирования и закрепления. Базирование осуществляется доведением до полного контакта баз заготовки с установочными элементами приспособления, а закрепление – приложением сил и пар сил к заготовке для обеспечения постоянства ее положения, достигнутого при базировании.

2.4.1.1. Базирование заготовок.

Базирование – это придание заготовке или детали (изделию) требуемого положения относительно выбранной системы координат. Это положение заготовки достигается наложением геометрических связей через соприкосновение поверхностей самой заготовки с поверхностями других тел (стол станка, установочные элементы приспособления и т.п.) и приложения сил и пар сил для обеспечения контакта между ними. При наложении геометрических связей заготовка лишается трех перемещений

вдоль координатных осей OX , OY , OZ и трех поворотов вокруг этих осей, т.е. она становится неподвижной в выбранной системе координат $OXYZ$.

Заготовка (деталь), ограниченная в пространстве совокупностью реальных поверхностей (цилиндрической, плоской, конической, сферической и т.п.), может контактировать с телами, определяющими ее положение, в общем случае лишь по отдельным элементарным площадкам, условно считающимися точками контакта.

Шесть связей, лишаящих заготовку движения в шести направлениях, могут быть созданы контактом соединяемых тел в шести точках. В случае идеализации формы поверхностей считается, что осуществление необходимых связей достигается контактом заготовки с другими телами по поверхностям, а наличие реальных связей символизируется опорными точками, имеющими теоретический характер. Для придания требуемого положения заготовке с использованием ее плоскостей симметрии или осей поверхностей связи должны быть наложены непосредственно на плоскости симметрии, оси, линии или точки их пересечения.

Материализация координатных плоскостей точками контакта исходит из физической сущности сопряжения тел по поверхностям, имеющим отклонения формы от идеального. Положение заготовки или детали, устанавливаемой на реальные поверхности, определяется через координаты точек контакта, возникающих на базах.

Теория базирования является общей и распространяется на все тела, которые могут рассматриваться как твердые, в том числе и на изделия машино- и приборостроения в сборе и на всех стадиях производственного процесса: механическая обработка, транспортирование, измерение, сборка, ремонт, эксплуатация и т.д.

Базой называется поверхность или выполняющее ту же функцию сочетание поверхностей, ось, точка, принадлежащая заготовке (детали, изделию) и используемая для базирования.

Согласно ГОСТ 21495-76 базы можно классифицировать по нескольким признакам следующим образом.

1) *По назначению* базы делятся на:

а) *конструкторские* – для определения положения детали или сборочной единицы в изделии (основные), или определения положения присоединяемого к ним изделия (вспомогательные);

б) *технологические* - для определения положения заготовки (детали, изделия) при их изготовлении или ремонте;

в) *измерительные* - для определения относительного положения заготовки (детали, изделия) и средств измерения.

2) *По лишаемым степеням свободы* различают следующие базы:

а) *установочную*, которая лишает объект трех степеней свободы – перемещения вдоль одной координатной оси и поворотов вокруг двух других осей;

б) *направляющую*, которая лишает объект двух степеней свободы - перемещения вдоль одной координатной оси и поворот вокруг другой оси;

в) *опорную*, которая лишает объект одной степени свободы - перемещения вдоль одной координатной оси или поворота вокруг оси;

г) *двойную направляющую*, которая лишает объект четырех степеней свободы – перемещений вдоль двух координатных осей и поворотов вокруг этих же осей;

д) *двойную опорную*, которая лишает объект двух степеней свободы – перемещений вдоль двух координатных осей.

3) *По характеру проявления* база может быть:

а) *скрытой* – в виде воображаемой плоскости, оси или точки;

б) *явной* – в виде реальной поверхности, разметочной риски или точки пересечения рисок.

Кроме того, различают:

- *проектную базу*, которая выбирается при проектировании изделия, технологического процесса изготовления или ремонта этого изделия;

- *действительную базу*, которая фактически используется в конструкции, при изготовлении, эксплуатации или ремонте изделия.

Конструктор, пользуясь конструкторскими базами, задает размеры и (или) положение отдельных простейших поверхностей на чертеже детали. Технологию важно определить по чертежу основную конструкторскую базу данной детали или сборочной единицы (например, торец и отверстие зубчатого колеса), чтобы правильно построить технологический процесс обработки детали или сборки изделия.

В процессе изготовления деталь проходит путь от заготовки до готовой детали в соответствии с маршрутной технологией. При этом на каждой из операций технологического процесса имеются обрабатываемые и необрабатываемые поверхности. Последние используются в качестве конструкторских (измерительных) и технологических баз.

Конструкторской базой обрабатываемой поверхности называется совокупность элементов детали (заготовки), с которыми обрабатываемая поверхность или ее ось связана координирующими размерами или допусками расположения на чертеже (операционном эскизе) (рис. 4.1).

Под элементом детали понимают поверхность, линию пересечения поверхностей, ось или плоскость симметрии, точку, которые принадлежат детали.

Если два элемента детали связаны координирующими размерами или допусками взаимного расположения, то любой из них можно принимать за базу относительно другого (принцип обратимости конструкторских баз).

Обрабатывают деталь обычно на разных станках согласно операционным эскизам. На каждой операции (установке) деталь предварительно базируют на станке, затем закрепляют и производят обработку одной или нескольких поверхностей. Каждая обрабатываемая поверхность (группа поверхностей) должна иметь свою технологическую базу.

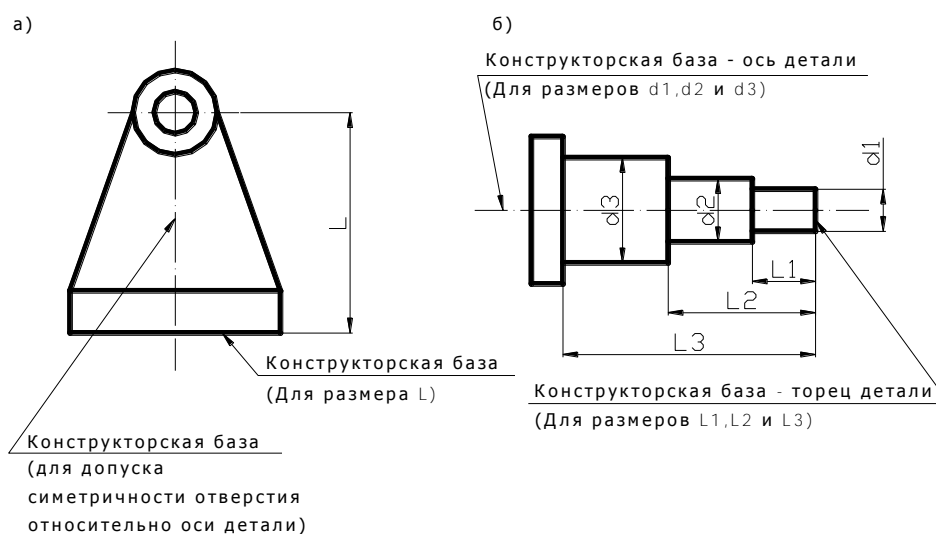


Рис. 4.1- Примеры определения положения конструкторских баз для обрабатываемого сквозного отверстия (а) и ступенчатого вала (б).

Технологической базой обрабатываемой поверхности называется совокупность элементов детали (заготовки), с помощью которых эту поверхность или ее ось правильно ориентируют на станке относительно траектории режущего инструмента. В некоторых случаях, наоборот, режущий инструмент ориентируют относительно технологической базы обрабатываемой поверхности.

Технологическая база может быть опорной или проверочной. Соответственно применяют два метода базирования:

- по опорным технологическим базам;
- по проверочным технологическим базам.

Под опорной технологической базой понимают совокупность элементов детали (заготовки), которыми при базировании она непосредственно соприкасается с установочными элементами приспособления.

Под проверочной технологической базой понимают совокупность элементов детали (заготовки), по которым производится выверка ее положения на станке при базировании. В качестве проверочной базы, кроме поверхностей, могут служить линии, оси и центры, наносимые разметкой, а иногда и сами обрабатываемые поверхности.

Выверка производится с помощью различных измерительных инструментов, при этом деталь приходится смещать, подклинивать и т. п. Базирование деталей с выверкой отнимает много времени и применяется обычно в единичном производстве.

Базирование по опорным технологическим базам не требует выверки и разметки, необходимая ориентация детали достигается сразу же, как только ее базовые поверхности войдут в контакт с установочными элементами (опорами) приспособления. Такое базирование выполняется значительно быстрее, не требует высококвалифицированного труда и применяется в серийном и массовом производстве.

Правило шести точек.

Для обеспечения неподвижности заготовки или изделия в избранной системе координат на них необходимо наложить шесть двухсторонних геометрических связей, для создания которых необходим комплект баз. Если в соответствии со служебным назначением изделие должно иметь определенное число степеней свободы, то соответствующее число связей снимается. Лишая деталь всех шести степеней свободы, получают схему полного базирования, которая строится в соответствии с *правилом шести точек*. Формулируется оно следующим образом: *для полного базирования детали с лишением ее всех шести степеней свободы необходим комплект*

из трех баз, несущих шесть опорных точек (под опорной точкой понимают точку, символизирующую одну из связей заготовки или изделия с выбранной системой координат).

Исключение из этого правила составляет базирование длинных конических деталей, при котором для полного базирования их необходим комплект из двух базовых поверхностей.

В серийном и особенно в массовом производстве широко применяют метод автоматического получения размеров заданной точности на предварительно настроенных станках. При настройке станка установку режущих инструментов на размер или установку упоров и копиров производят от опорных технологических баз детали, точнее – от соответствующих им установочных поверхностей приспособления. Если на данной операции технологического процесса требуется получить координирующие размеры в трех направлениях, по осям Ox , Oy и Oz , то для базирования заготовки необходим комплект из трех поверхностей, т.е. каждому направлению выполняемых размеров должна соответствовать своя базовая поверхность. В этом случае применяют схему полного базирования с лишением детали всех шести степеней свободы (рис. 4.2.а). При получении размеров в двух или только в одном направлении применяют схемы упрощенного базирования; комплект баз в этом случае состоит из двух или одной базы (рис. 4.2, б, в).

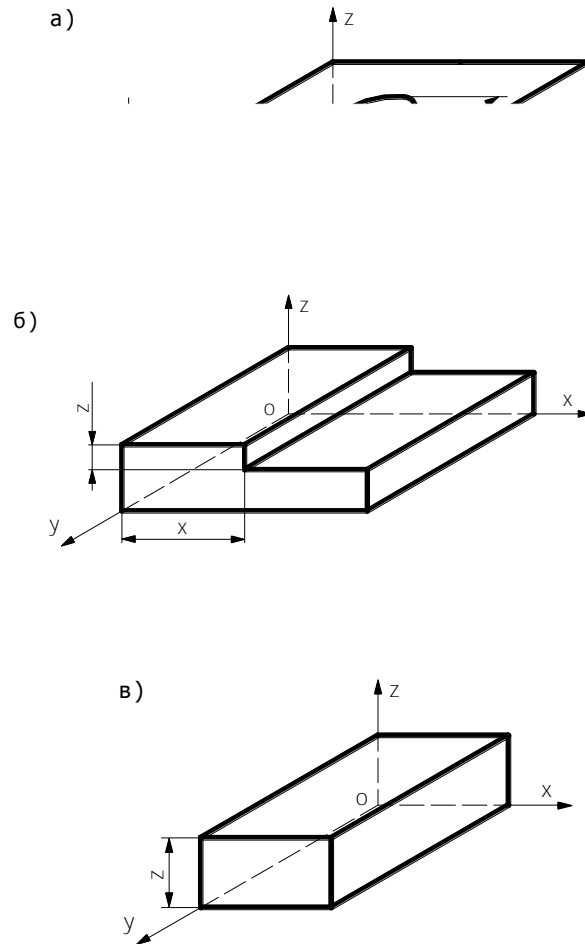


Рис.4.2 - Схемы обработки детали.

- а) – полное базирование (комплект из 3-х баз, несущих шесть опорных точек)
- б) – упрощенное базирование (комплект из 2-х баз, несущих пять опорных точек)
- в) – упрощенное базирование (одна база несущая три опорные точки)

Принцип постоянства и совмещения баз.

Выбор баз имеет важное значение при проектировании технологических процессов. При выборе баз желательно в качестве технологической базы использовать конструкторскую или измерительную базу обрабатываемой поверхности, т.е. соблюдать *принцип совмещения баз*. В этом случае погрешности базирования при изготовлении или измерении детали будут равны нулю. Возможность совмещения технологической, конструкторской и измерительной баз при прохождении

детали всего производственного цикла (от изготовления до измерения, эксплуатации и ремонта) должна учитываться конструктором в процессе проектирования и технологом при разработке технологического процесса.

Кроме того, при выборе технологических баз следует придерживаться *принципа постоянства баз* на основных операциях механической обработки, т. е. по возможности использовать в качестве технологических баз одни и те же поверхности (элементы) детали. Целесообразность соблюдения этого принципа особенно очевидна, если конструкторские (измерительные) базы при выполнении различных операций переменны и в связи с этим, трудно осуществить принцип совмещения баз. Для соблюдения принципа постоянства баз в ряде случаев на деталях (заготовках) создают вспомогательные (дополнительные) поверхности, не имеющие конструктивного назначения, но используемые в качестве технологических баз: центровые гнезда на валах, специально обработанные отверстия в корпусных деталях, центрирующие пояски и выточки на платах (платах) и др.

Если по условиям обработки не удастся выдержать принцип постоянства баз, то в качестве новой базы принимают обработанную поверхность, по возможности наиболее точную и обеспечивающую жесткость установки заготовки. Если вновь принятая база не является конструкторской (измерительной), то производят расчет допуска на полученный размер с учетом появляющейся погрешности базирования и, если необходимо, ужесточают допуск на размер, определяющий положение новой технологической базы относительно конструкторской.

Соблюдение принципа постоянства баз позволяет уменьшить погрешности базирования, связанные с переменной технологических баз и зависящие от состояния поверхностей и точности их расположения относительно ранее применявшихся баз.

Например, при фрезеровании паза (рис. 4.3, а) должны быть выдержаны размеры 1 и 2. Для размера 1 принцип совмещения баз выдержан, т.к. технологическая и конструкторская базы совпадают (плоскость 1), а для размера 2 этот принцип не соблюдается, поскольку технологической базой является плоскость 3, конструкторской – плоскость 2. Поэтому погрешность базирования для размера 1 будет равна нулю ($\varepsilon_{\delta 1}=0$), а для размера 2 она будет равна допуску на базисный размер Н ($\varepsilon_{\delta 2}=T_H$). Базисный размер – это расстояние между конструкторской и технологической (измерительной) базами или их проекциями на направление выполняемого размера. Аналогично имеем (рис. 4.3, б): для размера 2 – принцип совмещения баз выдерживается ($\varepsilon_{\delta 2}=0$), для размера 1 – не выдерживается ($\varepsilon_{\delta 1}=T_L$).

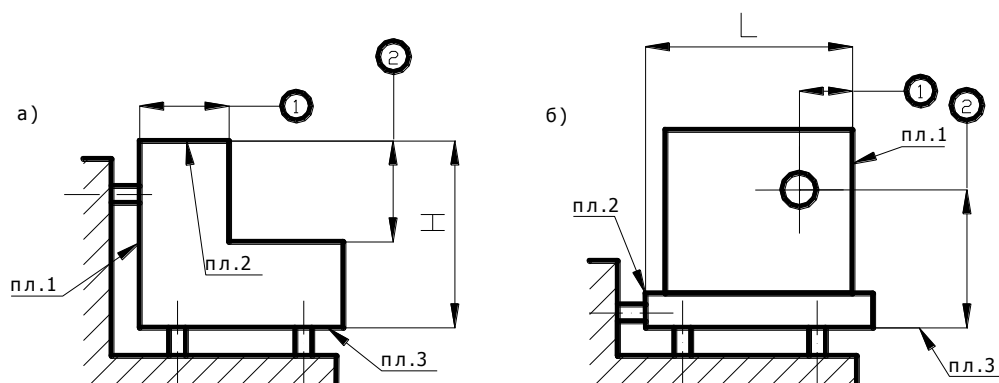


Рис. 4.3 - Базирование заготовки при фрезеровании углового паза (а) и сверлении отверстия (б).

Анализ схем базирования типовых деталей.

Под схемой базирования понимают схему расположения опорных точек на базах. Все опорные точки на схеме базирования изображают условными знаками (рис. 4.4) и нумеруют порядковыми номерами, начиная с базы, на которой располагается наибольшее количество опорных точек (такая база называется основной). При наложении в какой-либо проекции одной опорной точки на другую, изображается одна точка и около нее проставляют номера совмещенных точек.

Число проекций заготовки или изделия на схеме базирования должно быть минимальным, но достаточным для четкого представления о размещении опорных точек.

Схемы базирования типовых (как и любых других деталей) строят в соответствии с правилом шести точек.



Рис. 4.4. Условное обозначение опорных точек:

а – на виде спереди и сбоку;

б – на виде сверху (снизу).

Схема базирования призматических деталей.

На рис. 4.5 показана схема установки призматической (в виде параллелепипеда) заготовки. Опоры (точки) расположены на трех координатных плоскостях. Стрелками показаны силы W_1 , W_2 и W_3 , принимающие заготовку к опорам. В процессе обработки закрепление заготовки осуществляют одной силой, направление которой, как правило, перпендикулярно основной базе. В нашем случае это сила W_1 , вызывающая возникновение сил трения между нижней базовой поверхностью и опорами, что препятствует смещению заготовки в остальных направлениях. Изменяя направление и точку приложения силы W_1 , можно прижать заготовку ко всем опорам одновременно.

При соблюдении условия неотрывности заготовки от всех шести опор (они показаны жирными точками), она не может быть сдвинута вдоль координатных осей и повернута вокруг них, т.е. лишается всех шести степеней свободы. Комплект баз, таким образом, будет состоять из

установочной базы – нижняя плоскость (несет три опорные точки и лишает заготовку перемещения вдоль оси OZ и двух поворотов вокруг осей OX и OY), направляющей базы – боковая плоскость (несет две опорные точки и лишает заготовку перемещения вдоль оси OX и поворота вокруг оси OZ) и опорной базы (несет одну опорную точку и лишает заготовку перемещения вдоль оси OY).

В качестве установочной базы (основная базирующая поверхность) принимают такую плоскость призматической заготовки, которая имеет наибольшие размеры; в качестве направляющей – плоскость (поверхность) наибольшей протяженности.

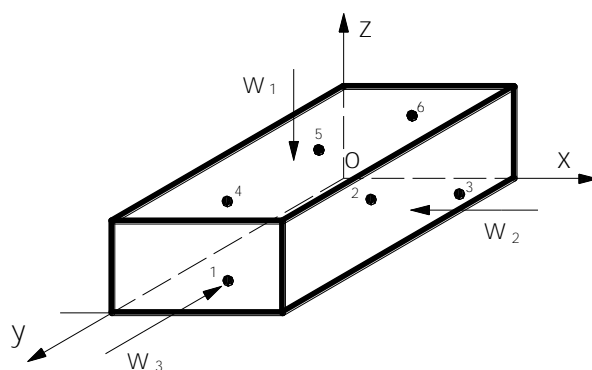


Рис.4.5 Схема установки призматической заготовки.

Схемы базирования цилиндрических деталей.

Схемы базирования цилиндрических деталей можно условно разделить на две группы:

- базирование длинных цилиндрических деталей ($l/d > 1$, где l – длина детали, d – ее диаметр).
- базирование коротких цилиндрических деталей ($l/d \leq 1$).

Базирование длинных цилиндрических деталей.

Для точного определения положения гладкого вала в пространстве необходимо задать пять жестких координатных связей (точек, опор), которые лишат его пяти степеней свободы. Базовая цилиндрическая поверхность задается четырьмя координатными точками: две из них лежат

на образующей 1-2 (лишают вал перемещения вдоль оси OZ и поворота вокруг оси OX) и две – на образующей 3-4 (лишают деталь перемещения вдоль оси OX и поворота вокруг оси OZ) (рис. 4.6.). Таким образом, цилиндрическая поверхность является двойной направляющей базой – основной базой длинной цилиндрической детали.

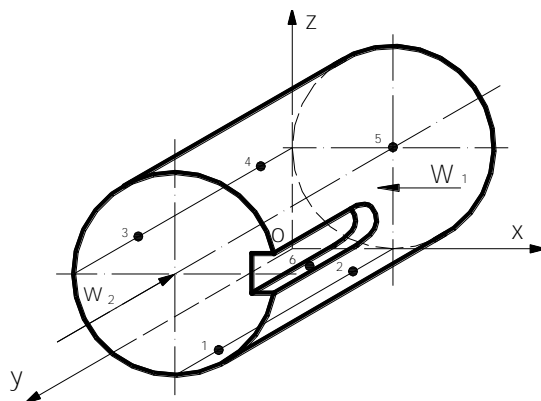


Рис. 4.6 - Схема установки длинной цилиндрической детали.

На торце вала задается координатная точка 5, лишающая вал перемещения вдоль оси OY (опорная база). В большинстве случаев для гладкого вала этого достаточно. При необходимости лишения вала всех шести степеней свободы шестая координатная точка 6 может быть задана на поверхности шпоночной канавки (лыски или радиально просверленного отверстия), которая лишает вал вращения вокруг оси OY (опорная база).

Таким образом, комплект баз для полного базирования длинной цилиндрической детали включает двойную направляющую базу и две опорных базы.

Базирование коротких цилиндрических деталей.

При базировании коротких цилиндрических деталей координатные точки, лежащие на образующих цилиндра, настолько близко располагаются друг к другу, что практически сливаются в одну, и деталь не сможет занять достаточно устойчивого положения. Поэтому за основную базирующую поверхность принимается торец детали, несущий три опорные координатные точки 1, 2, 3 и лишающие деталь перемещения

вдоль оси OY и поворотов вокруг осей OX и OZ (установочная база) (рис.4.7).

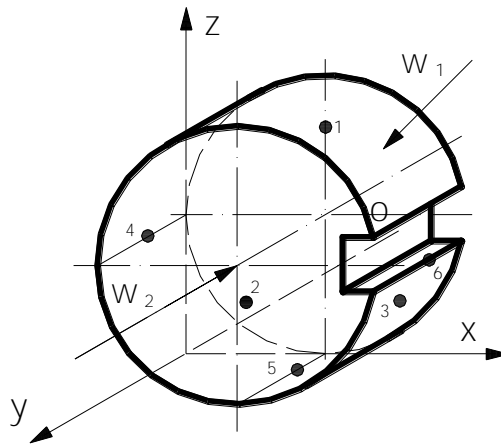


Рис.4.7 - Схема установки короткой цилиндрической детали.

Цилиндрическая поверхность несет две координатные точки 4, 5, лишаящие деталь двух перемещений вдоль осей OX и OZ (двойная опорная база). Фиксация от поворота вокруг оси OY осуществляется опорной точкой 6, расположенной на поверхности шпоночного паза, лыски или отверстия.

Таким образом, для полного базирования коротких цилиндрических деталей необходим также комплект из трех баз: установочной, двойной опорной и опорной.

Установку по наружным цилиндрическим поверхностям производят на призмы, во втулку или в самоцентрирующие патроны.

Схемы базирования с использованием конических поверхностей.

Также как в предыдущем случае, эти схемы можно разделить на две группы:

- базирование с использованием длинных конических поверхностей (конусы Морзе и т.п.);
- базирование с использованием коротких конических поверхностей (центровые отверстия и центры различных конструкций).

При установке детали длинной конической поверхностью, например, в конусном отверстии шпинделя станка, она лишается пяти степеней свободы, так как на длинной конической поверхности находятся пять координатных опорных точек 1, 2, 3, 4, 5 (рис.4.8) и она является одновременно двойной направляющей и опорной базой (основная база). Для ориентирования детали в угловом положении (вокруг оси OX) требуется еще одна опорная точка, которая располагается либо на поверхности лапки (рис. 4.8, точка 6), либо в отверстии под штифт или шпонку.

Таким образом, для полного базирования длинных конических деталей необходим комплект из двух баз: двойной направляющей и одновременно опорной и опорной базы. Это является исключением из правила шести точек.

При установке детали в центрах станка используются короткие конические поверхности (центровые гнезда), выполненные в торцах детали. Различают установку в жестких центрах, а также на передний (левый) плавающий и правый (задний) жесткий центры.

При установке в жестких центрах (рис. 4.9) левое центровое отверстие является основной базой и несет три опорные точки, а правое – только две. Вместе они лишают деталь пяти степеней свободы и образуют двойную направляющую и опорную базу. Шестую степень свободы (поворот вокруг оси OX) можно отнять, если расположить опорную точку в радиально просверленном отверстии, шпоночном пазу (рис. 4.9) или на фрезерованной лыске.

При установке на один плавающий и один жесткий центры распределение опорных точек несколько изменяется (рис. 4.10). В каждом из центровых отверстий расположены по две опорные точки (вместе они образуют двойную направляющую базу и лишают деталь 4-х степеней свободы: двух перемещений вдоль осей OY и OZ и двух поворотов вокруг

этих же осей), пятая опорная точка расположена на левом торце детали (опорная база, которая лишает деталь перемещения вдоль оси OX) и шестая опорная точка, в случае необходимости, может быть расположена в шпоночном пазу, отверстии или на лыске.

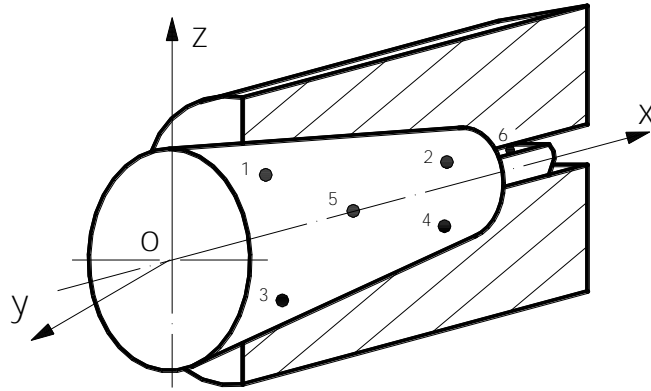


Рис. 4.8 - Схема установки длинной конической

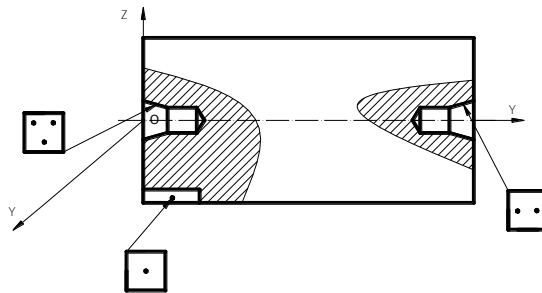


Рис. 4.9 - Схема установки детали в жестких центрах.

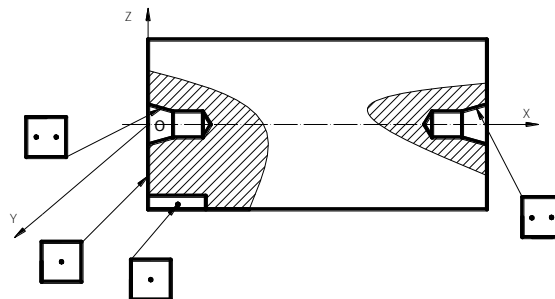


Рис. 4.10 - Схема установки детали на передний плавающий и задний жесткий центры.

Таким образом, для полного базирования деталей по коротким коническим поверхностям необходим комплект из трех баз: двойной направляющей базы и двух опорных баз.

Схемы базирования по плоскости и отверстиям с применением установочных пальцев.

Заготовка отверстиями базируется на установочные элементы, называемые пальцами. Установочные пальцы в зависимости от конструкции и способа крепления в корпусе приспособления бывают:

- постоянными и сменными;
- цилиндрическими и срезанными;
- высокими и низкими.

Высокие цилиндрические пальцы лишают заготовку четырех степеней свободы и реализуют двойную направляющую базу, низкие цилиндрические лишают заготовку двух степеней свободы и реализуют двойную опорную базу.

Схемы базирования по плоскости и отверстиям можно разделить на три группы:

- базирование по торцу и отверстию;
- базирование по плоскости, торцу и отверстию, ось которого параллельна плоскости;
- базирование по плоскости и двум отверстиям, оси которых перпендикулярны плоскости.

При базировании деталей по торцу и отверстию возможны два случая:

- а) основной базирующей поверхностью является отверстие;
- б) основной базирующей поверхностью является торец (плоскость).

Для правильного построения этих схем необходимо придерживаться следующего правила: для статической определенности установки торец и отверстие должны вместе нести только пять опорных точек.

В первом случае (рис. 4.11) распределение опорных точек выглядит следующим образом: отверстие лишает заготовку четырех степеней свободы и является двойной направляющей базой, а торец – одной степени свободы и является опорной базой.

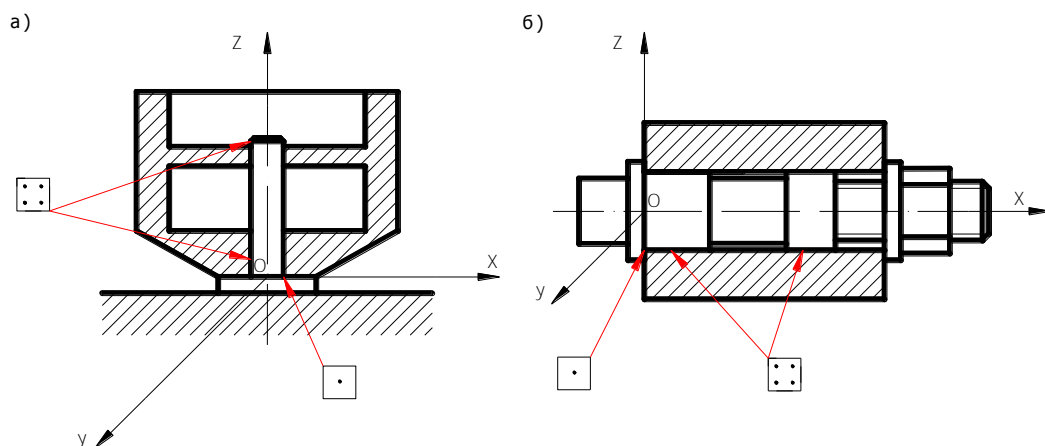


Рис. 4.11 - Схемы установки детали на высокий цилиндрический палец (а) и цилиндрическую оправку (б).

Во втором случае (рис. 4.12), когда за основную базу требуется принимать торец детали, установочный палец должен быть низким, а распределение опорных точек следующее: торец лишает заготовку трех степеней свободы и является установочной базой, отверстие – двух степеней свободы и является двойной опорной базой (рис. 4.12,б).

Таким образом, эти схемы обеспечивают упрощенное базирование.

Установка по плоскости, торцу и отверстию, ось которого параллельна плоскости, применяется при обработке корпусных деталей редукторов, коробок скоростей и т.п., когда требуется обеспечить высокую точность взаимного расположения осей отверстий между собой, а также относительно базовой плоскости.

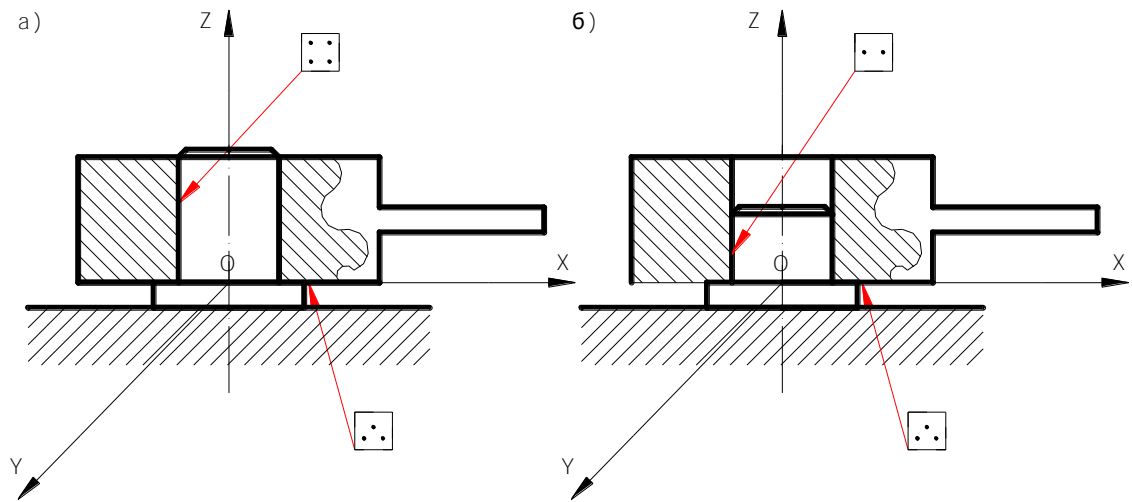


Рис. 4.12 - Схемы базирования по торцу и отверстию, когда основной базирующей поверхностью является торец: а – неправильно, б – правильно.

Эта схема обеспечивает полное базирование детали с лишением ее всех шести степеней свободы. При этом плоскость является основной базой – установочной и лишает заготовку трех степеней свободы (три опорные точки); на торце имеется одна опорная точка (опорная база), которая лишает заготовку перемещения вдоль оси OX ; в отверстии расположены две опорные точки (направляющая база, которая реализуется с помощью высокого срезанного пальца с главной диагональю, параллельной основной плоскости) (рис. 4.13).

Установка по плоскости и двум отверстиям с осями, перпендикулярными плоскости, используется очень широко при обработке деталей малых и средних размеров типа корпусов, плит, рам, картеров и др.

Базирование приспособлений-спутников на поточных и автоматических линиях осуществляется по этой же схеме. Теоретически схема базирования выглядит следующим образом (рис. 4.14): плоскость несет три опорные точки и является основной базирующей поверхностью (установочная база), в одном из отверстий образуются две опорные точки (двойная опорная база), а в другом – одна опорная точка (опорная база).

Таким образом, данная схема базирования обеспечивает полное базирование заготовки в соответствии с правилом шести точек.

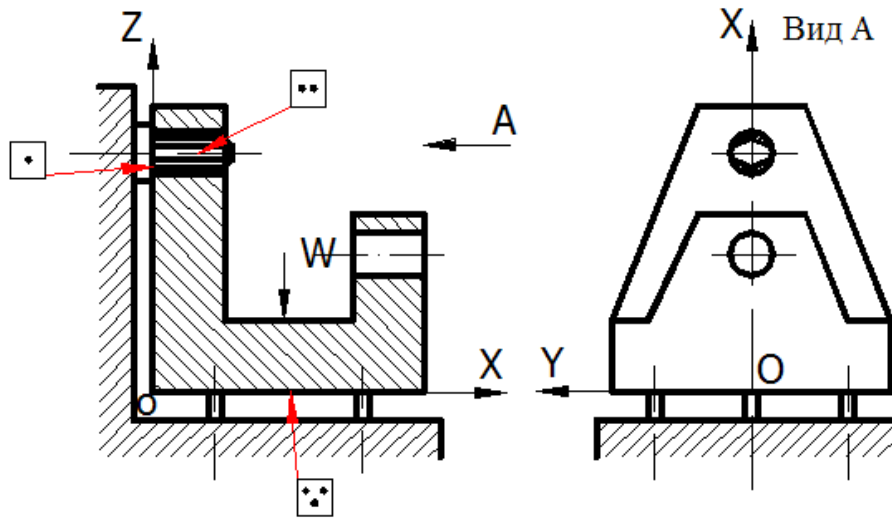


Рис. 4.13 - Схема базирования по плоскости, торцу и отверстию, ось которого параллельна плоскости.

Такую схему можно применять, если размеры базовой плоскости заготовки больше или соизмеримы с ее высотой, иначе заготовка занимает недостаточно устойчивое положение.

Распределение опорных точек между поверхностями, входящими в комплект баз, может быть изменено, если глубина хотя бы одного из отверстий больше его диаметра. Тогда в этом отверстии могут быть расположены четыре опорные точки (основная базирующая поверхность – двойная направляющая база), а во втором отверстии и на плоскости по одной (опорные базы) (рис. 4.14,б).

Плоскость и два отверстия – всегда чистовые базы. Плоскость обрабатывают начисто на одной из первых операций, а отверстия, как правило, развертывают по 7 качеству. В качестве установочных элементов применяют опорные пластины или кольца и два неподвижных или выдвижных пальца.

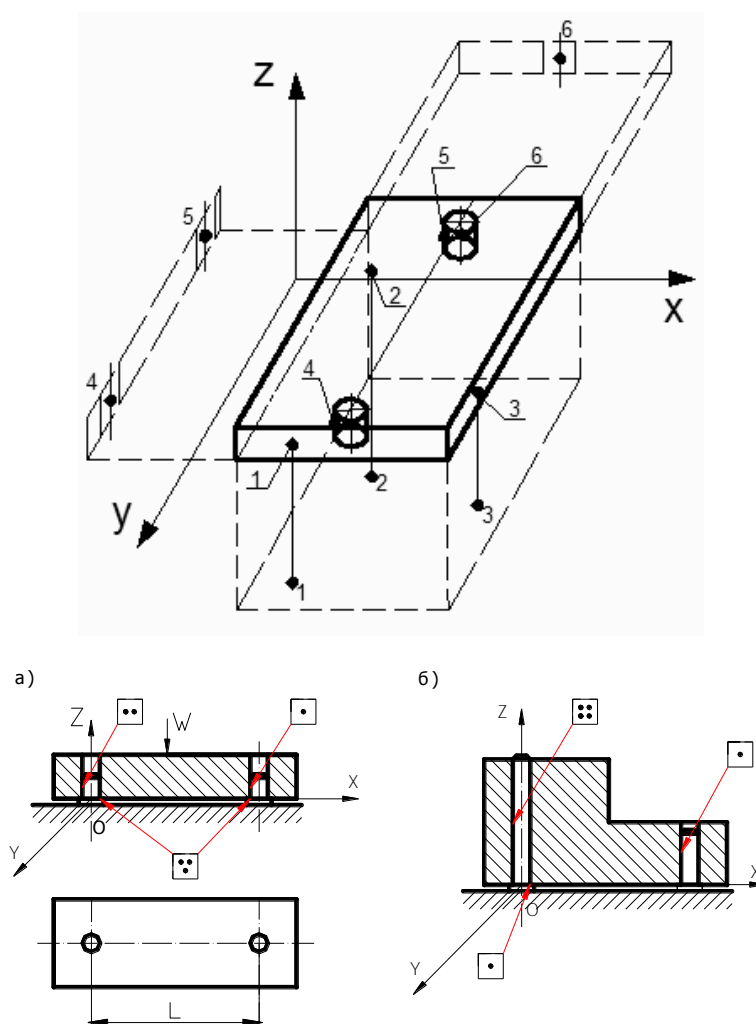


Рис. 4.14 - Схемы базирования по плоскости и двум отверстиям: а – традиционная, б – с использованием высокого цилиндрического пальца.

Конструктивно различают установку на два цилиндрических пальца или на один цилиндрический и один срезанный пальцы. Последняя схема обеспечивает большую точность.

Рассматриваемая схема установки обладает рядом преимуществ:

- позволяет наиболее полно реализовать принцип постоянства баз на различных операциях техпроцесса;
- позволяет достаточно просто осуществлять передачу и фиксацию заготовок на поточных и автоматических линиях;
- обеспечивает свободный доступ режущего инструмента к обрабатываемой заготовке с различных сторон.

Граница применимости этих сочетаний определяется точностью диаметров и взаимного расположения базовых отверстий и требуемой точностью выдерживаемых на операции относительных расстояний и поворотов обрабатываемых поверхностей.

При проектировании приспособлений с двумя пальцами перед конструктором всегда стоит задача определения диаметров пальцев, допусков на их изготовление и износ, допуска на межцентровое расстояние пальцев. Исходными условиями, которыми должен руководствоваться конструктор при решении этой задачи являются: обеспечение установки на два пальца любой заготовки с межцентровым расстоянием и диаметром отверстий в пределах заданного допуска, обеспечение требуемой точности получаемых на операции размеров и взаимного положения поверхностей.

Диаметр одного из пальцев обычно задают равным номинальному размеру диаметра базового отверстия, а допуск назначают по f_6 , f_7 или e_9 в зависимости от точности отверстия. Диаметр второго пальца определяют исходя из первого условия.

Существуют определенные условия, определяющие возможность установки заготовок на два цилиндрических пальца.

При установке деталей по плоскости и двум отверстиям необходимо выполнять расчеты, связанные с установкой на пальцы.

1) *Установка на два цилиндрических пальца.* Для вывода условия такой установки детали предполагаем худший случай из всех возможных, а именно: межцентровое расстояние отверстий у детали выполнено по наибольшему предельному размеру ($L_g + IT_g/2$), зазоры в сопряжениях отверстий с пальцами выполнены минимальными: S_{1min} и S_{2min} (рис. 4.15).

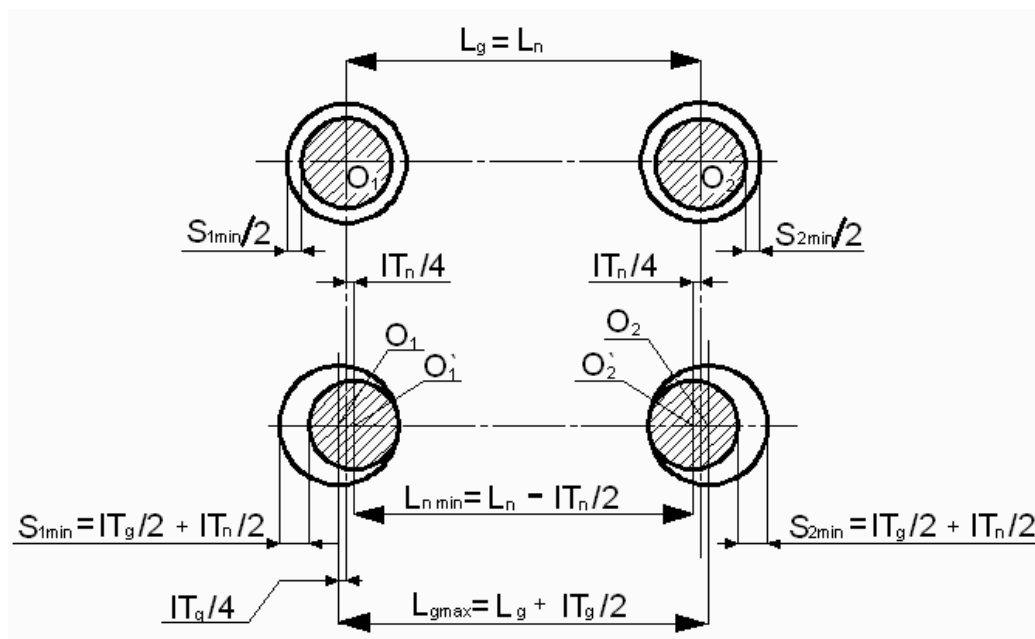


Рис. 4.15. Схема к выводу условия установки на два цилиндрических пальца.

$$O_1O'_1 = O_2O'_2 = \frac{IT_g}{4} + \frac{IT_n}{4}.$$

Оси отверстий относительно осей пальцев могут сместиться на величину $S_{1min}/2$ и $S_{2min}/2$.

Из графического построения находим:

$$\frac{S_{1min}}{2} + \frac{S_{2min}}{2} = 2\left(\frac{IT_g}{4} + \frac{IT_n}{4}\right);$$

Отсюда можно определить условие установки заготовки на два цилиндрических пальца:

$$S_{1min} + S_{2min} \geq IT_d + IT_n. \quad (1)$$

Если необходимо выбрать минимальный зазор между пальцем и вторым отверстием так же, как и для первого отверстия по f6-e9, то как видно из условия (1), допуски на межцентровые расстояния должны быть очень малы. Это делает обработку базовых отверстий дороже. Обычно допуски на межцентровые расстояния пальцев и отверстий значительно шире (больше) допусков на их диаметры. Поэтому, чтобы выдержать условие (1) диаметр второго пальца придется значительно уменьшить.

Определим диаметр второго пальца, исходя из условия, что зазор $S_{2\min}$ равен разности между минимальным диаметром отверстия $d_{o\min2}$ и максимальным диаметром пальца $d_{n\max2}$, то есть $S_{2\min} = d_{o\min2} - d_{n\max2}$.

Подставив это выражение в уравнение (1), получим:

$$S_{1\min} + d_{o\min2} - d_{n\max2} = IT_g + IT_n.$$

$$\text{Отсюда} \quad d_{n\max2} = (d_{o\min2} + S_{1\min} - IT_g - IT_n) - IT_{n2}; \quad (2)$$

где IT_{n2} – допуск на диаметр второго пальца, который выбирают так же, как и для первого.

Пример. В приспособление необходимо установить заготовки, имеющие базовые отверстия $\varnothing 20^{+0,023}$ и межцентровые расстояния $L_g \pm 0,05$ и $L_n \pm 0,02$ мм. В первое отверстие устанавливают палец по посадке H/f7, имеющий размер $\varnothing 20_{-0,04}^{-0,02}$ мм. Тогда $S_{1\min} = 0,02$ мм, а диаметр второго пальца по формуле (2):

$$d_{n2} = (20 + 0,02 - 0,1 - 0,04)_{-0,02} = 19,88_{-0,02} \text{ мм.}$$

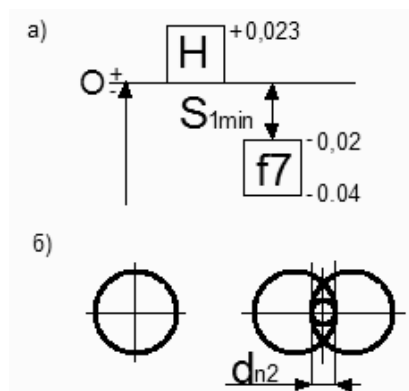


Рис. 4.16. а) схема расположения полей допусков в сопряжении первого пальца с отверстием; б) схема расположения второго пальца во втором отверстии.

Следовательно, чтобы сохранить возможность установки на два цилиндрических пальца, необходимо увеличивать минимальные зазоры в сопряжениях пальцев и отверстий, что чаще всего приводит к

недопустимому снижению точности установки. Значительно повысить эту точность, при сохранении возможности гарантированной установки любой детали из партии с межцентровым расстоянием базовых отверстий в пределах заданного допуска, удастся, если второй палец будет срезанным, а не цилиндрическим.

Рассмотрим условие возможности установки деталей на один цилиндрический и один срезанный палец.

Чтобы уменьшить расчетные минимальные зазоры и тем самым повысить точность базирования, не нарушая условия возможности установки на два пальца (1), один из них срезают, чем увеличивают зазор в направлении размера L_0 (рис. 4.17).

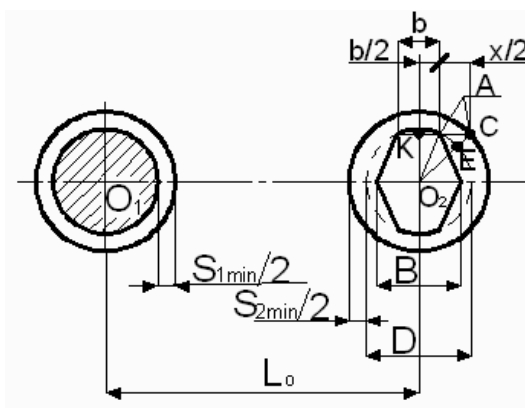


Рис. 4.17. Схема к расчету зазора между срезанным пальцем и отверстием в направлении L_0 .

Из ΔKO_2C имеем: $(O_2E + EC)^2 = (O_2K)^2 + (KA + AC)^2$;

Из ΔAO_2K имеем: $(O_2K)^2 = (AO_2)^2 - (AK)^2$.

Подставляя значения величин отрезков, получим:

$$\left(\frac{D}{2} + \frac{S_{2min}}{2}\right)^2 = \frac{D^2}{4} - \frac{b^2}{4} + \left(\frac{b}{2} + \frac{x}{2}\right)^2;$$

Квадратами малых величин X и S_{2min} можно пренебречь. Тогда:

$$\frac{D^2}{4} + 2 \frac{DS_{2min}}{2 \cdot 2} + \frac{S_{2min}^2}{4} = \frac{D^2}{4} - \frac{b^2}{4} + \frac{b^2}{4} + 2 \frac{bx}{2 \cdot 2} + \frac{x^2}{4};$$

$$\frac{DS_{2min}}{2} = \frac{bx}{2}, \text{ откуда } X = \frac{D}{b} S_{2min} \quad (2)$$

Следовательно, чем уже цилиндрический участок b срезанного пальца, тем больше зазор X . Однако чрезмерное уменьшение цилиндрического участка приводит к быстрому износу пальца, поэтому ширину b следует брать наибольшую из возможных, определяя ее расчетом.

Подставляя в уравнение (1) значение X вместо S_{2min} , получим условие возможности установки на цилиндрический и срезанный пальцы.

$$S_{1min} + S_{2min} \frac{D}{b} \geq T_g + T_n; \quad (3)$$

$$\text{Откуда } b \leq \frac{S_{2min}}{T_g + T_n - S_{1min}} D. \quad (4)$$

Если получим $S_{1min} > T_g + T_n$, то есть $b < 0$, то базировать заготовку можно на два цилиндрических пальца.

Определим величину предельного смещения (поворота) детали при установке ее по плоскости и отверстиям на два пальца.

Предполагаем худший предельный случай, то есть что зазоры в сопряжениях пальцев с отверстиями оказались максимальными (рис 4.18).

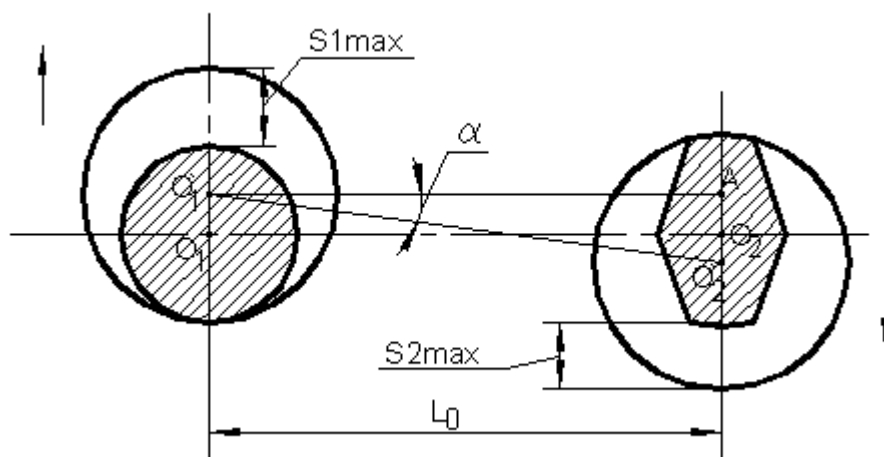


Рис. 4.18 . Схема к расчету поворота детали при установке на два пальца

Из построения имеем:

$$O_2A = O_1O'_1 = \frac{S_{1max}}{2};$$

$$O_2O'_2 = \frac{S_{2max}}{2};$$

$$O'_2A = \frac{S_{1max} + S_{2max}}{2};$$

Из $\Delta O'_2O'_1A$ находим:

$$\tan \alpha = \frac{O'_2A}{L_0} = \frac{S_{1max} + S_{2max}}{2L_0};$$

$$\text{Откуда: } \alpha = \arctg \frac{S_{1max} + S_{2max}}{2L_0} \quad (5)$$

При базировании по плоскости и одному отверстию на высоком срезанном пальце $S_{1min} = 0$. Условие возможности установки получаем из формулы (3):

$$S_{2min} \frac{D}{b} \geq T_{gL} + T_{nL}; \quad (6)$$

$$\text{Соответственно } b \leq \frac{S_{2min}}{T_{gL} + T_{nL}} D; \quad (7)$$

где T_{gL} – допуск на расстояние L между базовой плоскостью детали и осью отверстия.

T_{nL} – то же между установочной плоскостью приспособления и осью пальца.

Допуски T_n и T_{nL} в зависимости от требуемой точности задаются в пределах $1/5 \dots 1/2$ от допуска на межцентровые расстояния отверстий.

Установку на один палец проводят по посадкам: $\frac{H7}{l7}$; $\frac{H9}{f9}$ или $\frac{H7}{f7}$;
установку на два пальца – по посадкам $\frac{H7}{f7}$ или $\frac{H7}{l7}$.

Погрешности установки заготовок в приспособлениях

Обрабатываемые детали в любой стадии обработки и в готовом виде имеют отклонения от геометрически точной формы и номинальных размеров, заданных чертежами. Эти отклонения (погрешности) должны лежать в пределах заданных допусков.

Различают:

1) погрешности отдельных элементарных поверхностей в виде отклонения из размеров от номинала и искажений формы в продольных и поперечных сечениях;

2) погрешности во взаимном расположении элементарных поверхностей и их осей в виде отклонения координирующих размеров от номинала и искажений в параллельности, перпендикулярности, соосности и т.д.

Погрешности установки, связанные с базированием, закреплением и неточностью приспособлений, оказывают прямое влияние на пространственные отклонения, то есть на отклонения координирующих размеров и соотношений, и не оказывают влияния на отклонения размеров и формы отдельных поверхностей, за исключением случаев зажима тонкостенных деталей.

Суммарная погрешность любого координирующего размера складывается из первичных погрешностей, которые принято делить на три группы:

- 1) погрешность установки деталей;
- 2) погрешность настройки станка;
- 3) погрешность обработки.

$$\varepsilon = \varepsilon_y + \Delta_n + \Delta_{обр}.$$

Погрешность установки ε_y возникает в процессе установки деталей в приспособления и складывается из погрешности базирования $\varepsilon_б$, погрешности закрепления $\varepsilon_з$ и погрешности приспособления $\varepsilon_{пр}$, связанной с неточностью его изготовления, неточностью установки на станке, износом его установочных элементов, т.е.

$$\varepsilon_y = \varepsilon_б + \varepsilon_з + \varepsilon_{пр}.$$

Погрешность настройки Δ_n возникает в процессе установки режущего инструмента на размер или регулировки упоров и копиров для автоматического получения заданных размеров на станке.

Погрешность обработки $\Delta_{обр}$ возникает в процессе непосредственной обработки и вызывается:

- 1) геометрической неточностью станка в ненагруженном состоянии;
- 2) деформацией упругой технологической системы СПИД под нагрузкой;
- 3) износом и температурными деформациями режущего инструмента и другими причинами.

Если все эти погрешности сложить, то получим условие обеспечения заданной точности координирующего размера

$$\varepsilon_y + \Delta_n + \Delta_{обр} \leq T,$$

где T – допуск на размер, выполняемый на данной операции (установке).

Каждая из составляющих погрешностей установки, то есть $\varepsilon_б$, $\varepsilon_з$ и $\varepsilon_{пр}$, представляет собой величину поля рассеяния получаемого координирующего размера при данной установке. $\varepsilon_б$, $\varepsilon_з$ и $\varepsilon_{пр}$ представляют собой поля рассеяния случайных величин, распределение которых

подчиняется закону нормального распределения (закон Гаусса), то погрешность установки будет равна:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2}.$$

Погрешностью базирования ε_{δ} называют отклонение фактического положения заготовки от требуемого. Оно возникает при несовмещении конструкторской и установочной (технологической) баз заготовки: положение конструкторских баз отдельных заготовок в партии будет различным относительно обрабатываемой поверхности.

Погрешность базирования численно равна разности предельных расстояний между конструкторской базой и установленным на размер инструментом или упором.

Например (рис.4.19).

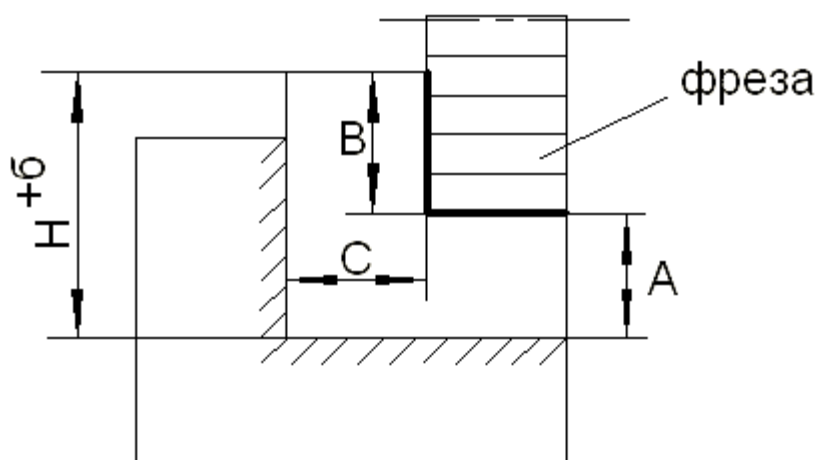


Рис. 4.19. Схема базирования детали при фрезеровании уступа

$$\varepsilon_{\delta A} = \varepsilon_{\delta C} = 0.$$

$\varepsilon_{\delta B} = \delta$; то есть погрешность базирования для размера В равна допуску на базисный размер Н, соединяющий установочную и конструкторскую базы.

Погрешность базирования влияет на точность выполнения размеров (кроме диаметральных и размеров, связывающих поверхности, одновременно обрабатываемые одним инструментом или одной инструментальной наладкой), на точность взаимного положения поверхностей и не влияет на точность формы последних.

Для уменьшения погрешности базирования следует совмещать технологические и конструкторские базы, выбирать рациональные размеры и расположение установочных элементов, устранять или уменьшать зазоры при посадке заготовки на охватываемые или охватывающие установочные элементы.

Погрешностью закрепления заготовки ε_z называют величину поля рассеяния координирующего размера, возникающего по причине смещения (осадки) конструкторской базы под действием сил резания.

Погрешность закрепления, как и погрешность базирования, численно равна разности предельных расстояний между конструкторской базой и установленным на размер режущим инструментом или упором.

Для партии заготовок погрешность закрепления равна нулю, если величина смещения постоянна; при этом поле допуска выполняемого размера не изменяется, а его положение можно скорректировать настройкой станка.

Однако в связи с колебанием сил зажима (удельных давлений) при переходе от одной детали к другой, неоднородностью качества поверхности у деталей партии неизбежны колебания величины осадки конструкторской базы. Смещение этой базы происходит в результате деформации звеньев цепи, через которую передается сила закрепления (заготовка – установочные элементы – корпус приспособления). Из всего баланса перемещений в этой цепи наибольшую величину имеют перемещения в стыке заготовка – установочные элементы.

Контактные деформации в постоянных сопряжениях приспособления, деформации сжатия заготовки и деталей приспособления малы.

Зависимость контактных деформаций для стыков заготовка – опоры приспособления выражается нелинейным законом:

$$y = C Q^n;$$

где Q – сила, приходящаяся на опору ($n < 1$);

C – коэффициент, характеризующий вид контакта, материал, шероховатость поверхности и верхний слой заготовки.

Для типовых случаев C и n находят экспериментально. При обработке партии заготовок сила Q колеблется от Q_{\max} до Q_{\min} , а коэффициент C – от C_{\max} до C_{\min} .

$Y_1 = Y_{\max} - Y_{\min} = C_{\max} Q_{\min}^n - C_{\min} Q_{\max}^n$ – характеризует поле рассеяния перемещений заготовки в результате ее деформации при контакте с опорами приспособления.

Величину ε_3 можно уменьшить, стабилизируя силу закрепления (пневматические и гидравлические зажимы вместо ручных), повышая жесткость стыка опоры приспособления – базовая поверхность заготовки, улучшая качество базовых поверхностей, а также увеличивая жесткость приспособления в направлении передачи силы закрепления.

Погрешность закрепления, как и погрешность базирования, не влияет на точность диаметров и размеров, связывающих обрабатываемые при данном установе поверхности, а также на точность формы обрабатываемых поверхностей.

Погрешность приспособления $\varepsilon_{пр}$, вызываемая неточностью приспособления, определяется погрешностями при изготовлении и сборке его установочных элементов $\varepsilon_{ус}$, износом последних $\varepsilon_{и}$ и ошибками установки приспособления на станке $\varepsilon_{с}$.

Составляющая ε_{yc} характеризует неточность положения установочных элементов приспособления. При использовании одного приспособления это – систематическая постоянная погрешность, которую частично или полностью устраняют настройкой станка.

При использовании нескольких одинаковых приспособлений (приспособлений-дублеров, приспособлений-спутников) эта величина не компенсируется настройкой станка и полностью входит в состав $\varepsilon_{пр}$. Технологические возможности изготовления приспособлений обеспечивают ε_{yc} в пределах 0...15 мкм, а для прецизионных приспособлений – 0...10 мкм.

Составляющая ε_u характеризует износ установочных элементов приспособления. Величина износа зависит от программы выпуска изделий, их конструкции размеров, материала и массы заготовки, состояния ее базовой поверхности, а также условий установки заготовки в приспособления и снятия ее.

Износ опор ограничивают расчетной величиной износа и контролируют при плановой периодической проверке приспособлений. Если износ достигает предельно допустимой величины, производят смену опор.

Составляющая ε_c выражает погрешность установки приспособления на станке, обусловленную смещением корпуса приспособления на столе станка.

В массовом производстве при неизменяемом закреплении приспособления на станке ε_c доводится выверкой до определенного минимума и постоянна во времени. Она может быть компенсирована настройкой станка. В серийном производстве – периодически меняют приспособления на станках, величина ε_c становится при этом некомпенсируемой случайной. То же происходит на автоматических линиях при использовании приспособлений-спутников. На величину ε_c

дополнительно влияет износ поверхностей сопряжения при регулярной смене приспособлений.

Смещения приспособлений на станке уменьшаются применением направляющих элементов (шпонка для пазов станка, центрирующие пояски, фиксаторы), правильным выбором зазоров в сопряжениях, а также равномерной затяжкой крепежных деталей. Величина ε_c составляет 10...20 мкм.

Величины ε_{yc} , ε_n и ε_c представляют собой поле рассеяния случайных величин.

При использовании приспособлений в серийном производстве:

$$\varepsilon_{пр} = t \sqrt{\lambda_1 \varepsilon_u^2 + \lambda_2 \varepsilon_c^2} + \varepsilon_{yc};$$

где t – коэффициент, определяющий долю возможного брака, %; рекомендуется принимать $t=3$;

λ_1 и λ_2 – коэффициенты, зависящие от кривой распределения; для кривой равной вероятности $\lambda_1=1/3$, для кривой Гаусса $\lambda_2=1/9$.

Величина ε_{yc} рассматривается как постоянная, учитываемая и компенсируемая настройкой станка.

Для указанных значений t , λ_1 и λ_2

$$\varepsilon_{пр} = \sqrt{3\varepsilon_u^2 + \varepsilon_c^2} + \varepsilon_{yc}.$$

При использовании приспособления в массовом производстве (операции закреплены за каждым рабочим местом и ε_{yc} , ε_c компенсируются настройкой станка):

$$\varepsilon_{пр} = \varepsilon_n.$$

При использовании приспособлений-спутников на автоматической линии:

$$\varepsilon_{пр} = \sqrt{\varepsilon_{yc}^2 + 3\varepsilon_u^2 + \varepsilon_c^2}.$$

Погрешность установки как суммарное поле случайных величин ($t=3, \lambda=1/9$) определяется по формуле:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{пр}^2} \leq \varepsilon_{доп},$$

где $\varepsilon_{доп}$ – допустимая погрешность установки, которая находится из выражения для технологического допуска на выполняемый размер:

$$T_{тех} = \sqrt{(\Delta_y)^2 + (\Delta_n)^2 + \varepsilon_y^2 + 3(\Delta_n)^2 + 3(\Delta_T)^2 + \sum \Delta_\phi};$$

где Δ_y – погрешность, вызываемая упругими отжатиями технологической системы под влиянием сил резания;

Δ_n – погрешность настройки станка;

Δ_n – погрешность от размерного износа инструмента;

Δ_T – погрешность обработки, вызываемая тепловыми деформациями технологической системы;

$\sum \Delta_\phi$ – суммарная погрешность формы обрабатываемой поверхности в результате геометрических погрешностей станка и деформацией заготовки при ее закреплении. Эта величина входит в выражения $T_{тех}$, так как погрешность формы поверхности является частью поля допуска на ее размер.

$$\varepsilon_{фп} = \sqrt{(T_{тех} - \sum \Delta_\phi)^2 - (\Delta_y)^2 - (\Delta_n)^2 - 3(\Delta_n)^2 - 3(\Delta_T)^2};$$

Для принятой схемы установки должно выполняться условие $\varepsilon \leq \varepsilon_{доп}$. В противном случае изменить построение операции обработки или схему установки заготовки.

4.1.3 Расчет погрешностей базирования и закрепления

Для приближенного определения допустимой погрешности базирования можно пользоваться формулой:

$$\varepsilon_{\text{б фак}} \leq \varepsilon_{\text{б доп}} \leq T - \Delta,$$

где T – допуск на размер,

Δ – суммарная погрешность (без погрешности базирования), определяемая для размера, получаемого в данном переходе, по таблицам средней экономической точности.

Действительная, или фактическая, погрешность базирования должна быть меньше или равна допустимой, то есть $\varepsilon_{\text{б действ.}} \leq \varepsilon_{\text{б доп}}$.

Методика расчета погрешности базирования заключается в следующем:

- определить положение конструкторской и технологической баз для выполняемого размера;
- спроецировать эти базы на направление выполняемого размера;
- если проекции совпали, то погрешность базирования равна нулю;
- если не совпали, то необходимо определить допуск на размер, соединяющий эти проекции (базисный размер). Это и будет величина погрешности базирования.

Погрешности базирования при установке деталей плоскостью.

Рассмотрим схемы обработки (фрезерования) плоскости 2 при различных схемах базирования (рис. 4.20).

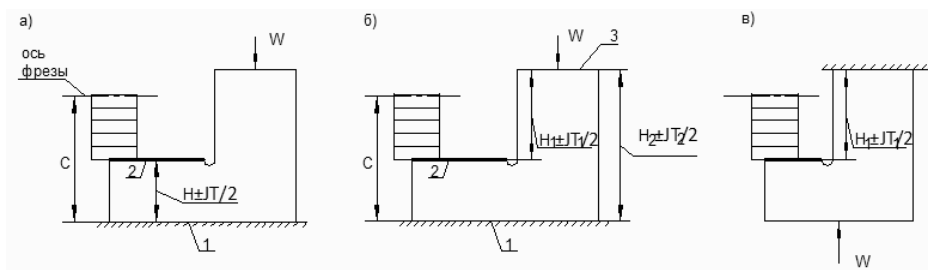


Рис. 4.20. Схема обработки плоскости 2 при различном базировании.

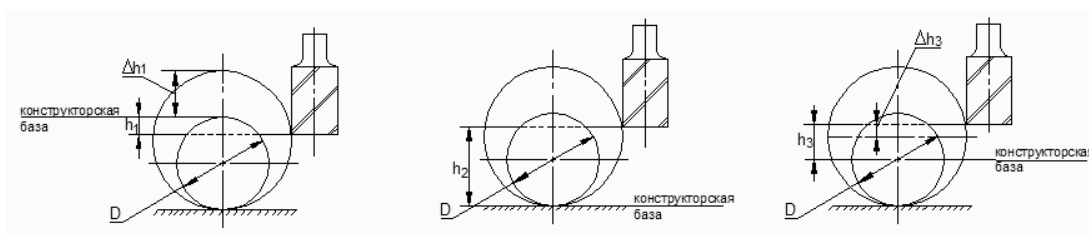
Рис. 4.20, а – опорная установочная база (плоскость 1) является конструкторской. $\varepsilon_{\text{б}} = 0$.

Рис. 4.20, б – установочная база- плоскость 1 , а конструкторской является плоскость 3.

Настроечный размер C в обоих случаях постоянен, то есть $C = \text{const}$, а конструкторская база 3 будет колебаться относительно лезвий фрезы в пределах допуска на базисный размер H_2 , полученный на предыдущей операции. Это и будет погрешностью базирования $\varepsilon_{\text{бн1}} = IT_2$. Эта погрешность входит в суммарную погрешность получаемого при данной установке размера $H_1 \pm \frac{IT_1}{2}$. Для того, чтобы погрешность базирования $\varepsilon_{\text{бн1}}$ свести к нулю, необходимо конструкторскую базу совместить с установочной, как показано на рисунке 4.20, в.

Погрешности базирования при установке деталей наружной или внутренней цилиндрической поверхностью

При фрезеровании лыски на цилиндрической детали (вал), ее положение может быть задано размерами h_1 , h_2 или h_3 (рис. 4.21).



а) $\varepsilon_{\delta h1} = \Delta_{h1} = T_D$

б) $\varepsilon_{\delta h2} = 0$

в) $\varepsilon_{\delta h3} = \Delta_{h3} = 0,5 T_D$

Рис. 4.21. Схемы обработки лыски на валу при базировании на плоскость.

В первом и третьем случаях валы установлены вспомогательной базой, поэтому неизбежны погрешности базирования, которые зависят от допуска T_D на диаметр устанавливаемых валов D . При установке вала на призму погрешности базирования зависят также от угла призмы α (рис. 4.22).

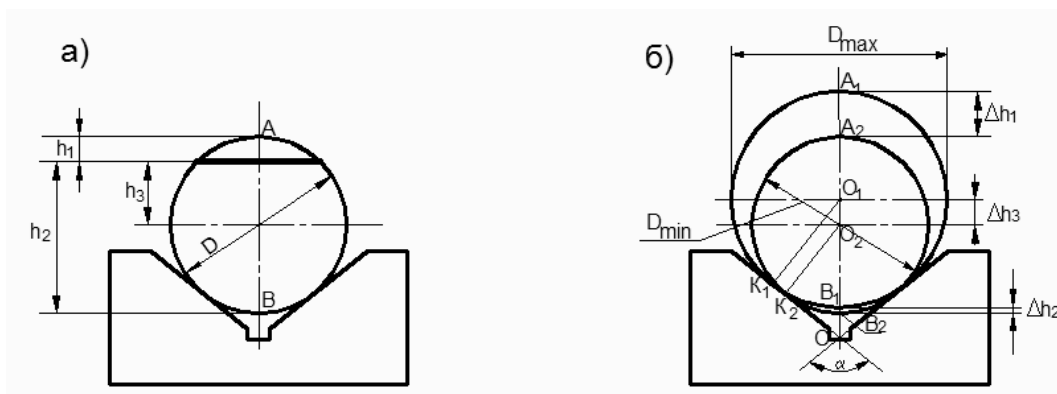


Рис. 4.22. Схема обработки лыски при установке вала в призме.

Для определения этих погрешностей предположим, что на призму поочередно установлены два вала из партии: один с наибольшим диаметром D_{max} , другой с наименьшим D_{min} (рис. 4.22, б).

Рассчитаем расстояния:

- 1) Δ_{h1} между верхними образующими валов;
- 2) Δ_{h2} между нижними образующими валов;
- 3) Δ_{h3} между их осями.

Эти расстояния и будут погрешностями базирования соответствующих размеров при установках детали по схемам, показанным на рисунках а и б.

Из геометрических построений находим:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\delta h1} = \Delta_{h1} &= A_1C - A_2C = \left(\frac{D_{max}}{2} + \frac{D_{max}}{2\sin\alpha/2} \right) - \left(\frac{D_{min}}{2} + \frac{D_{min}}{2\sin\alpha/2} \right) = \\ &= \frac{T_D}{2} + \frac{1}{\sin\alpha/2} \left(\frac{D_{max} - D_{min}}{2} \right) = \frac{T_D}{2\sin\alpha/2} (1 + \sin\alpha/2). \end{aligned}$$

Аналогично

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\delta h2} = \Delta_{h2} &= CB_1 - CB_2 = \left(\frac{D_{max}}{2\sin\alpha/2} - \frac{D_{max}}{2} \right) - \left(\frac{D_{min}}{2\sin\alpha/2} - \frac{D_{min}}{2} \right) = \\ &= \frac{T_D}{2\sin\alpha/2} (1 - \sin\alpha/2). \end{aligned}$$

$$\varepsilon_{\delta h3} = \Delta_{h3} = CO_1 - CO_2 = \frac{D_{max}}{2\sin\alpha/2} - \frac{D_{min}}{2\sin\alpha/2} = \frac{T_D}{2\sin\alpha/2}.$$

При $\alpha=90^\circ$ получим:

$$\varepsilon_{\delta h1} = 1,21T_D; \varepsilon_{\delta h2} = 0,21T_D; \varepsilon_{\delta h3} = 0,71T_D.$$

При $\alpha=180^0$ получим:

$$\varepsilon_{\delta h1} = T_D; \varepsilon_{\delta h2} = 0; \varepsilon_{\delta h3} = 0,5T_D.$$

Рассмотрим схему фрезерования шпоночного паза на валу при его базировании, как показано на рис. 4.23.

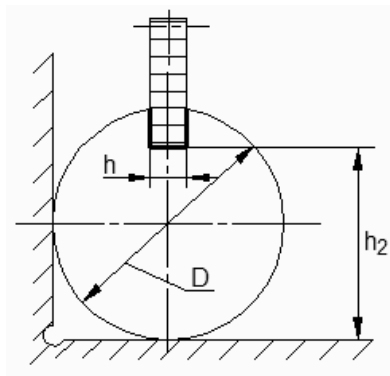


Рис. 4.23. Схема фрезерования шпоночного паза на валу.

В этом случае $\varepsilon_{\delta h2} = 0$, так как конструкторская и установочная (технологическая) базы совпадают.

$\varepsilon_{\delta h} = 0$ – размер получен мерным инструментом (фреза).

Кроме указанных на рисунке размеров здесь имеется «скрытый» допуск – допуск не указанной на схеме симметричности паза относительно вертикальной оси, который будет равен половине допуска на размер h . Погрешность базирования для этого допуска будет равна:

$\varepsilon_{\delta} = 0,5T_D$ (конструкторская база – вертикальная ось, технологическая база – левая образующая цилиндра).

Для самоцентрирующего патрона: $\varepsilon_{\delta h1} = 0; \varepsilon_{\delta h2} = 0,5T_D$ (рис. 4.24).

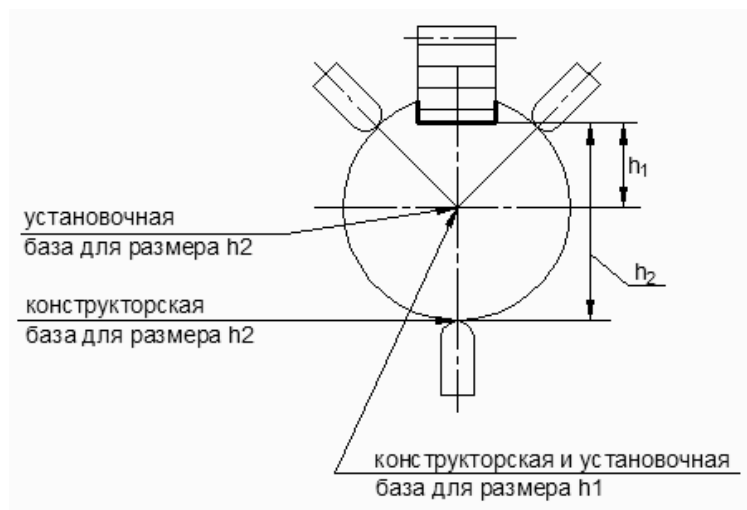


Рис. 4.24. Обработка детали в самоцентрирующем патроне.

При обработке детали на цилиндрической оправке (рис. 4.25) можно получить размеры как в диаметральном, так и в осевом направлении.

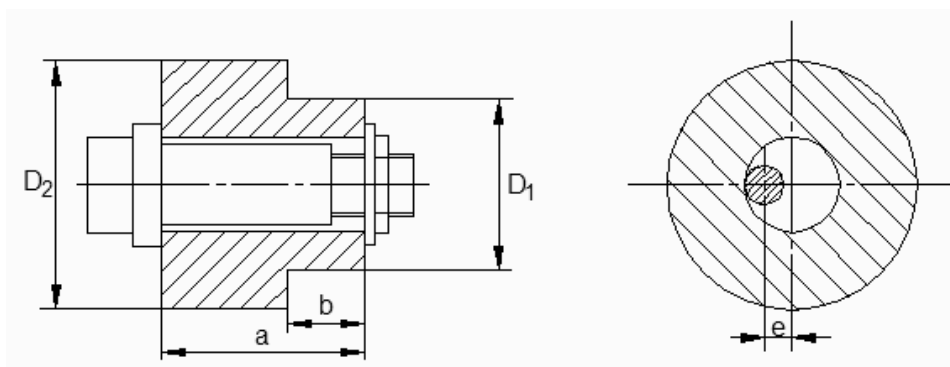


Рис. 4.25. Обработка детали на цилиндрической оправке.

Конструкторской базой наружных поверхностей D_1 и D_2 является ось отверстия, а установочной базой – ось оправки. Конструкторской базой размера a является левый торец детали, установочной – тот же торец.

Конструкторской базой размера b является правый торец детали, установочной – левый торец.

При наличии зазора ось отверстия (конструкторская база) может смещаться относительно оси оправки (установочной базы) на величину эксцентриситета e , равного половине зазора. В результате возникает погрешность базирования в виде биения наружной поверхности

относительно внутренней, равная двум эксцентриситетам $2e$. Предполагая худший случай, то есть что в сопряжении возможен максимальный зазор $S_{max}=2e$, получим:

$$\varepsilon_{\delta D1} = \varepsilon_{\delta D2} = S_{max} = S_{min} + T_A + T_B ,$$

где T_A – допуск на диаметр отверстия,

T_B – допуск на диаметр оправки.

$$\varepsilon_{\delta a} = 0; \varepsilon_{\delta b} = T_a.$$

При установке деталей на оправки или пальцы с натягом погрешности базирования в радиальном направлении исключаются.

Погрешности базирования при установке деталей в жестких центрах.

При этой схеме базирования возможны погрешности в радиальном и осевом направлениях.

На первом переходе погрешность в радиальном направлении создается погрешностью зацентровки, то есть смещением оси центровых гнезд относительно оси заготовки. Приблизительно эту погрешность можно определить по формуле

$$\varepsilon_{\delta} = 0,25T_D;$$

где T_D – допуск на диаметральный размер заготовки.

Она определяется в виде биения заготовки при обработке. На последующих переходах погрешность уменьшается и вместе с другими погрешностями укладывается в поле допуска.

При установке в центрах погрешность базирования по длине шеек валов создается за счет колебания размера левого центрального гнезда, являющегося одновременно и упорной базой,

$$\varepsilon_{\delta l} = \Delta_y;$$

где Δ_y – разность между наибольшей и наименьшей высотами конуса центрального гнезда у партии деталей.

Для центровых гнезд с углом конуса 60° эта погрешность в зависимости от размера гнезд колеблется в пределах $0,1 \dots 0,25$ мм. Чтобы исключить эту погрешность, применяют плавающий центр, при котором обеспечивается постоянство положения деталей в осевом направлении.

Погрешности базирования при обработке деталей из прутка на револьверном станке по упорам.

Погрешности базирования в этом случае можно свести к нулю (исключить) правильной настройкой (регулировкой) упоров резцов (рис. 4.26).

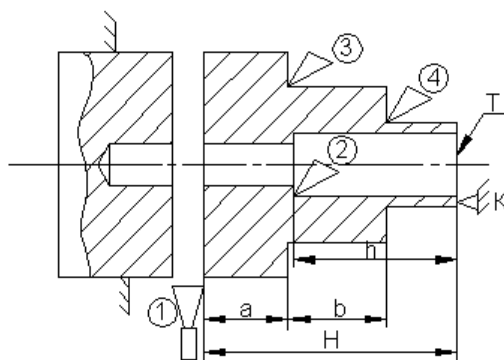


Рис. 4.26. Схема обработки на токарно-револьверном станке.

Сначала настраивают упор К, определяющий положение торца Т. от упора К – упор резца 1 (размер Н) и упор расточного резца 2 (размер h). От упора резца 1 настраивают упор резца 3; а от упора 3 – упор резца 4.

Погрешности базирования при установке деталей плоскостью и двумя отверстиями.

При таком базировании возможно получение размеров в различных направлениях (h_1 , h_2 и l) как показано на рис. 4.27.

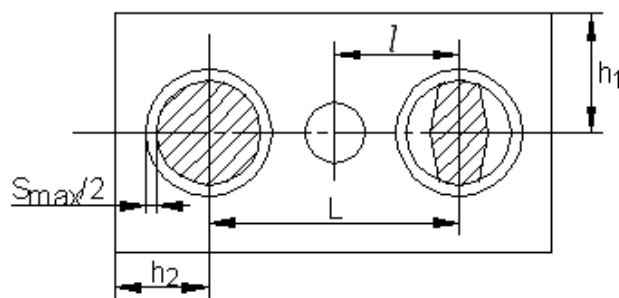


Рис. 4.27. Базирование на плоскость и два отверстия, оси которых перпендикулярны плоскости.

Если зазоры между отверстиями и пальцами равны, то $\varepsilon_{\delta h_1} = \varepsilon_{\delta h_2} = \varepsilon_{\delta l} = S_{\max}$, если не равны, то погрешность базирования будет равна меньшему из двух максимальных зазоров.

Погрешности закрепления при установке деталей в цанговых патронах.

При обработке заготовок в патронах с втягиваемой цангой возникают погрешности в размерах по длине, так как при зажиме цанга оттягивает заготовку от лезвия инструмента на величину, зависящую от допуска на диаметр базовой поверхности (рис. 4.28).

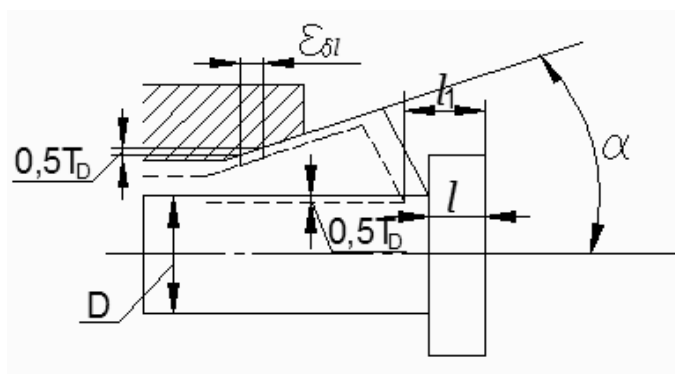


Рис. 4.28. Обработка детали в цанговом патроне.

Погрешность базирования для размера l в этом случае будет равна:

$$\varepsilon_{\delta l} = \frac{0,5T_D}{\operatorname{tg} \alpha};$$

где α – угол конуса цанги.

Правила выбора установочных баз

Погрешности, возникающие при базировании и закреплении обрабатываемых деталей, непосредственно влияют на точность выполнения координирующих размеров и соотношений. Поэтому правильный выбор баз имеет большое значение.

Готовая деталь может иметь комплекс черновых и комплекс обработанных поверхностей. Взаимная увязка комплекса черновых поверхностей обеспечивается в процессе получения заготовки путем воспроизведения на ней фигуры штампа, литейной формы и т.п. взаимная увязка комплекса обработанных поверхностей обеспечивается с необходимой точностью выбором баз и всей постановкой технологического процесса.

Для взаимной увязки этих двух комплексов поверхностей необходимо придерживаться определенных правил выбора баз.

Выбор черновых баз.

Черновыми, то есть необработанными установочными базами приходится пользоваться на первой операции; общие правила выбора черновых баз следующие:

1) Если у деталей после окончательной обработки некоторые поверхности остаются черновыми, рекомендуется принимать их за установочные базы на первой операции и от них обрабатывать поверхности, используемые затем в качестве установочных баз. Этим обеспечивается взаимная увязка комплексов черновых и обработанных поверхностей.

2) У деталей, обрабатываемых шлифовальным кругом, за черновые базы следует принимать поверхности с наименьшими припусками. Такой выбор исключает возможность появления брака из-за недостатка припуска на этих поверхностях.

3) Черновые базы должны быть по возможности ровными и чистыми. Нельзя принимать за базу места, где расположены прибыли, летники, разъемы опок (в отливках) или разъемы штампов (в поковках). Поверхность, используемая в качестве основной базы, должна обеспечивать наибольшую устойчивость и жесткость заготовки при обработке.

Выбор чистовых баз.

1) Чистовые установочные базы должны быть конструктивными, а не вспомогательными, что исключает погрешность базирования.

2) Они должны обеспечивать наибольшую устойчивость и наименьшие деформации детали от зажима и усилий резания. В тех случаях, когда поверхности не удовлетворяют этим требованиям, создают искусственные базы путем обработки платиков, поясков, выточек или отверстий.

3) Необходимо стремиться соблюдать принцип постоянства баз, то есть чтобы все точные поверхности на всех операциях (установках) обрабатывались с использованием одних и тех же установочных баз. При перемене баз в ходе технологического процесса возникают дополнительные погрешности, зависящие от состояния поверхностей установочных баз и точности их расположения относительно ранее применявшихся баз.

4.1.4 Конструкции установочных элементов приспособлений

Базовым поверхностям обрабатываемой детали соответствуют установочные поверхности приспособлений. Детали приспособлений, несущие установочные поверхности изготавливаются в виде опорных пластин, призм, установочных пальцев и т.п. в ряде случаев в установочную систему входят ориентирующие или центрирующие механизмы и механизмы опор.

Установочные элементы делятся на основные и вспомогательные.

Основными опорами (элементами) называются элементы, которые предусматриваются схемой базирования и определяют положение детали в пространстве в соответствии с правилом 6 точек. Поэтому основные опоры, как правило, неподвижны.

Вспомогательными элементами называются детали или механизмы, предназначенные лишь для придания заготовке дополнительной жесткости или устойчивости в процессе обработки.

Вспомогательная опора не должна нарушать положение детали, достигнутое установкой на основные опоры, поэтому она должна быть подвижной жестко стопориться только после установки заготовки на основные опоры.

Общие требования к установочным элементам.

1) Количество и расположение установочных элементов должно обеспечивать необходимую ориентировку заготовки в пространстве, устойчивость заготовки в пространстве, устойчивость и жесткость ее закрепления.

2) Рабочие поверхности установочных элементов должны обладать высокой износоустойчивостью.

3) Конструкция установочных элементов должна обеспечивать быструю их замену при износе или повреждении.

4) Установочные элементы должны быть жесткими и обеспечивать жесткость их сопряжения с корпусом приспособления.

5) Установочные элементы не должны портить базовые поверхности (вмятины, царапины) при установке на точные и чистовые базы.

6) Рабочие поверхности установочных элементов должны быть, по возможности, небольших размеров, чтобы исключить влияние макронеровностей базовой поверхности на точность установки.

7) Конструкции и размеры установочных элементов должны выбираться по ГОСТам или нормальям машино- и приборостроения.

Материал. Установочные элементы изготавливаются из сталей У10А, У8А, У7А с закалкой до твердости HRC 50...55, или из стали 20 с цементацией на глубину 0,8...1,2 и закалкой до той же твердости. Реже их изготавливают из сталей 45 и 40Х с закалкой до твердости HRC 35...40.

4.1.5 Основные опоры под базовые плоскости

1) *Опоры постоянные* выполняются с плоской, сферической или насеченной головкой (рис. 4.24). Диапазон размеров (в мм) стандартных опор с плоской и сферической головкой по ГОСТ 13440-68 и ГОСТ13441-68: $d=3...25$; $D=5...40$; $H=3...60$; $L=7...92$; опоры с насеченной головкой (ГОСТ 13442-68) имеют $d=6...25$; $D=10...40$; $M=6...60$.

Отверстия под опоры в корпусе приспособления выполняются сквозными. Опорные площадки под головки опор должны слегка выступать и обрабатываться одновременно, для чего по размеру M оставляется припуск 0,2...0,3 мм на шлифование после сборки (рис. 4.30).

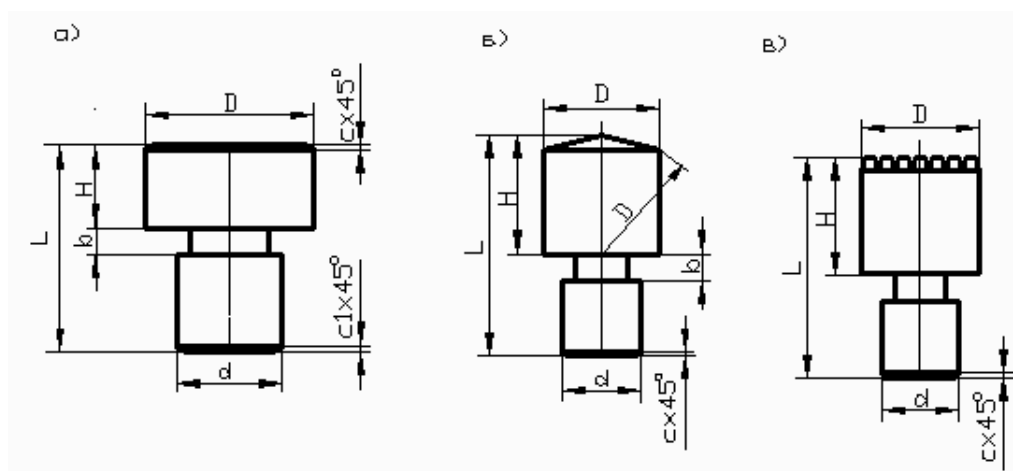


Рис. 4.29. Опоры постоянные с плоской (а), сферической (б) и насеченной головкой (в)

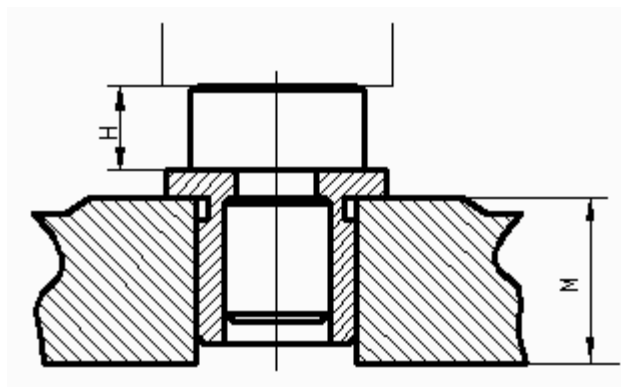


Рис. 4.30. Установка опор постоянных в корпусе приспособления.

Иногда в отверстия корпуса под опоры запрессовываются стальные закаленные втулки (рис. 4.30). Торцы втулок одновременно шлифуют, обеспечивая необходимую плоскостность, а высоту опор выполняют с отклонениями. При этом отпадает необходимость шлифовать установочные поверхности опор при сборке и сокращается время на ремонт.

Опорные пластины

В соответствии с ГОСТ 4743-68 опорные пластины два имеют исполнения (рис. 4.31): плоские (исполнение 1) и с косыми пазами (исполнение 2).

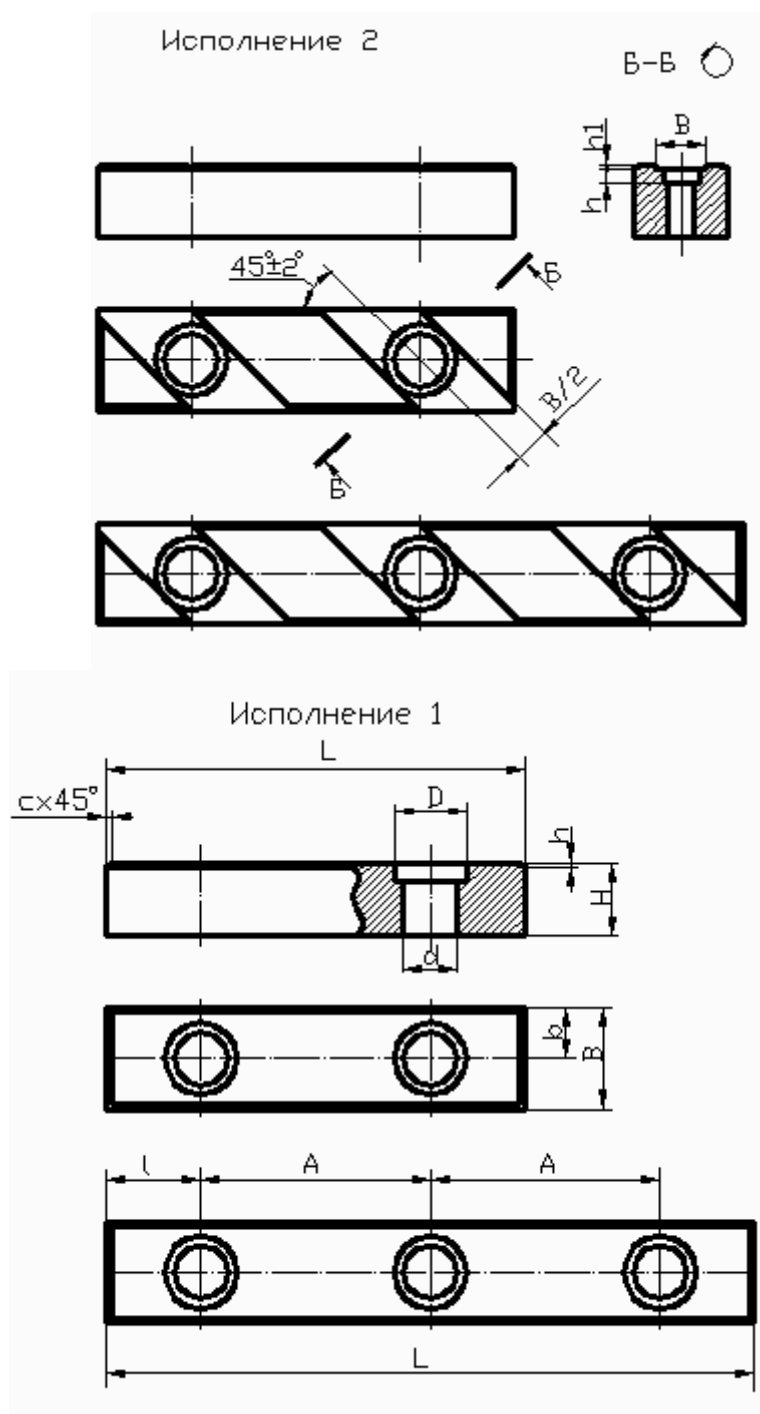


Рис. 4.31. Опорные пластины.

Размеры стандартных пластин (в мм): $B=10 \dots 40$; $L=25 \dots 200$; $H=5 \dots 25$; $h=2,5 \dots 7$; $h_1=1 \dots 2,5$; $b=8 \dots 20$; $d=3,4 \dots 11$; $d_1=6 \dots 18$; $A=13 \dots 80$; $l=6 \dots 30$; $c=0,6 \dots 1,6$. Предельные отклонения H : $(-0,010 \dots -0,014 \text{ мм})$, размера A : $(\pm 0,1 \text{ мм} \dots \pm 0,25 \text{ мм})$. Пластины крепятся двумя или тремя винтами.

Материал – сталь марки 20Х по ГОСТ 4573-71. Твердость HRC 55...60, глубина цементации $h=0,8...1,2$ мм.

Плоские пластины целесообразно закреплять на вертикальных стенках корпуса, так как при горизонтальном их положении в углублениях над головками винтов (1-2 мм) скопится мелкая стружка, трудно удаляемая при очистке приспособления. Пластины с косыми пазами устанавливают на горизонтальных поверхностях корпуса. В этом случае стружка, сдвигаемая при перемещении устанавливаемой детали, попадает в углубление (косой паз) пластин и не нарушает контакта при установке.

Пластины, как и опоры, закрепляют на корпусе; при наличии нескольких площадок в одной плоскости они обрабатываются совместно.

Пример применения опорных пластин представлен на рис. 4.32.

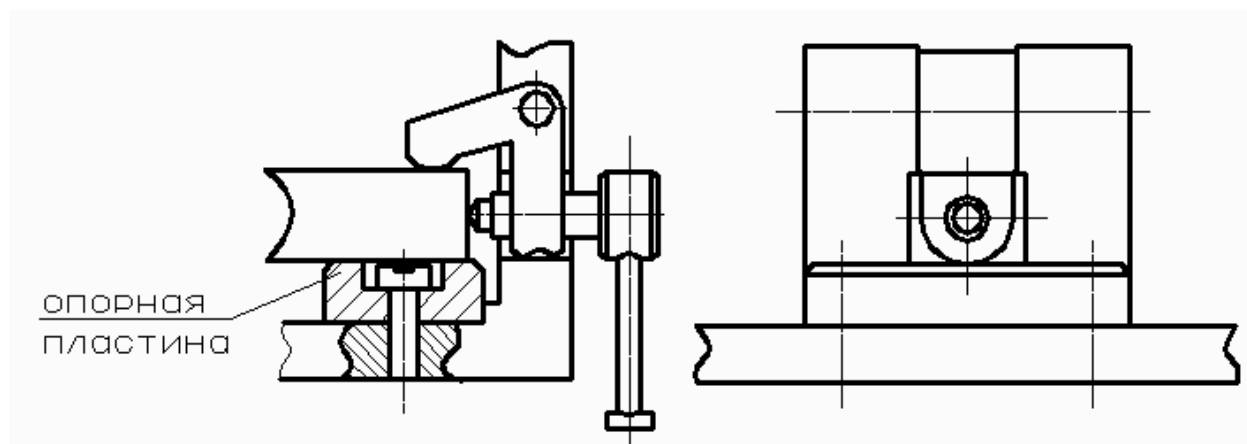


Рис. 4.32. Пример использования опорных пластин.

Выбор типа и размеров опор зависит от размеров и состояния базовых поверхностей.

1) Детали с начисто обработанными базовыми плоскостями больших размеров (в ряде случаев полученные методом точного литья) устанавливают на опорные пластины, а небольшие – на опоры с плоской головкой. При этом предельная нагрузка на опоры не должны превышать 400 кгс/см^2 .

2) Детали с необработанными поверхностями устанавливают на опоры со сферической или насеченной головкой. При этом предельная нагрузка на опоры со сферической головкой при установке стальных либо чугунных заготовок не более: при $D=10$ мм – 200 кгс; $D=16$ мм – 500 кгс; $D=25$ мм – 1200 кгс; $D=400$ мм – 3000 кгс. Для заготовок из цветных металлов предельные нагрузки следует уменьшить на 30-40%. Опоры с рифленой головкой допускают вдвое большие нагрузки (от 400 до 6000 кгс). Опоры с насеченной головкой обычно применяются для закрепления в вертикальных станках корпуса, когда очистка их от стружки не представляет затруднения.

3) Количество опор и их расположение выбираются в соответствии со схемами базирования. Во всех случаях при конструировании приспособлений необходимо обеспечить условия для легкого удаления стружки с установочных поверхностей.

Иногда в качестве основных опор применяются самоустанавливающиеся и регулируемые опоры.

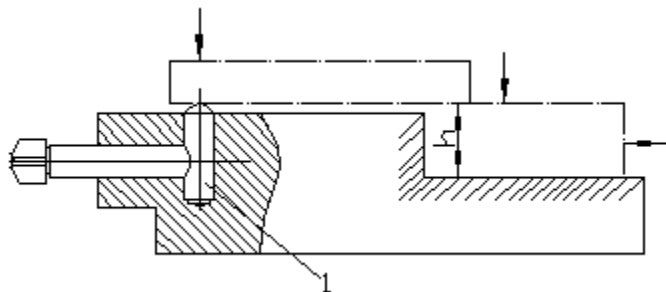
Опоры вспомогательные

Вспомогательные опоры применяют дополнительно к основным, когда необходимо повысить жесткость и устойчивость устанавливаемых деталей. Так, например, на рисунке 4.33,а деталь имеет ступенчатую базовую плоскость. Размер h между плоскостями приспособления и детали колеблется в пределах допуска, и полное совмещение ступенчатых поверхностей невозможно. В этом случае за базу принимают одну плоскость, а под другую – подводят вспомогательную опору 1.

У детали, изображенной на рисунке 4.33, б, требуется фрезеровать плоскость k бобышки, перпендикулярную к базовой плоскости b . Для повышения жесткости детали в приспособлении предусмотрена вспомогательная опора 1.

В конструкциях приспособлений находят применение два типа вспомогательных опор: самоустанавливающиеся и подводимые.

а)



б)

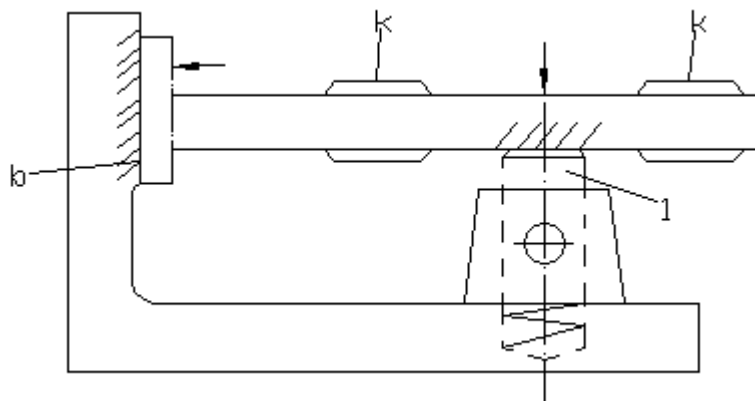
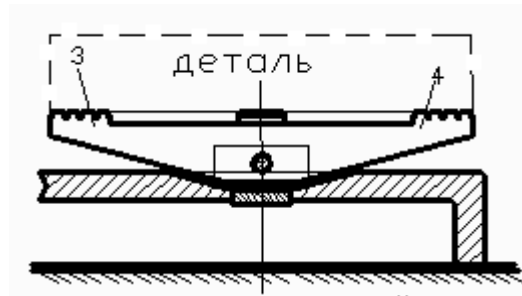


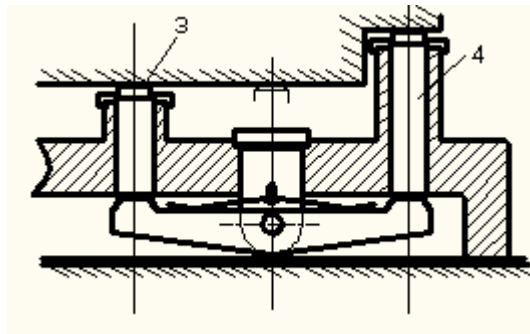
Рис. 4.33. Применение вспомогательных опор.

Самоустанавливающиеся опоры усложняют конструкцию приспособления и применяются лишь в специальных случаях. Так, например, при базировании детали плоскостями ее бобышек, расположенными по периметру четырехугольника, целесообразно одну из постоянных опор заменить двухточечной (рис. 4.34,а, в). При базировании ступенчатой плоскостью можно применить двухточечную опору (рис. 4.34,б).

а)



б)



в)

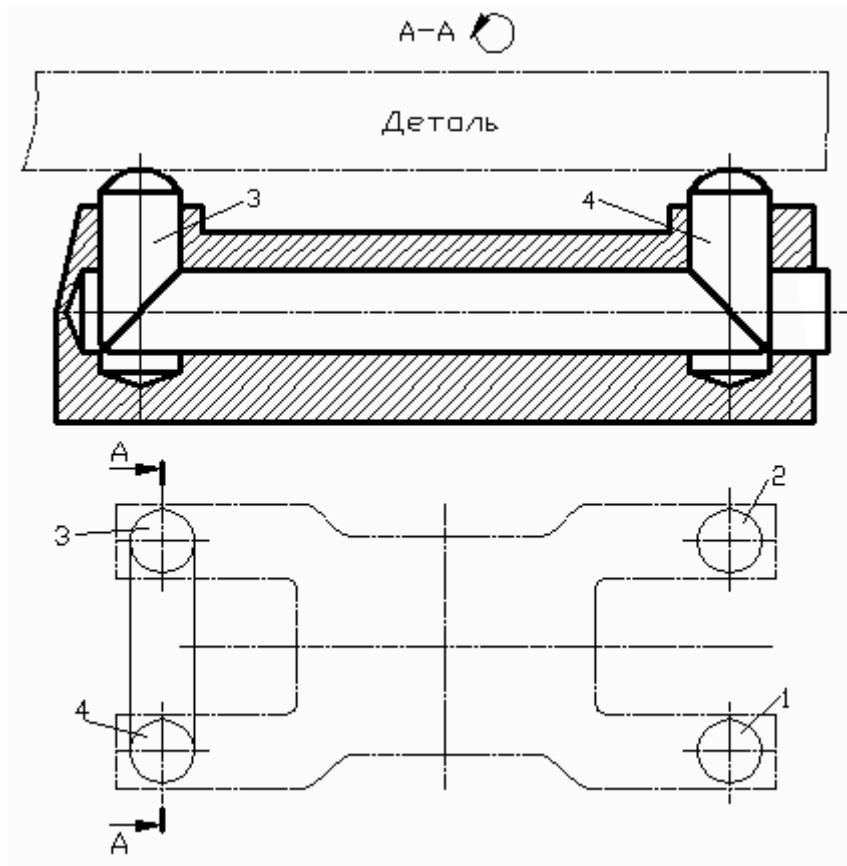


Рис. 4.34. Самоустанавливающиеся основные опоры: 1,2 – жесткие опорные штыри; 3,4 – плавающие опоры.

На рисунке 4.35 изображена самоустанавливающаяся опора (МН 351-60).

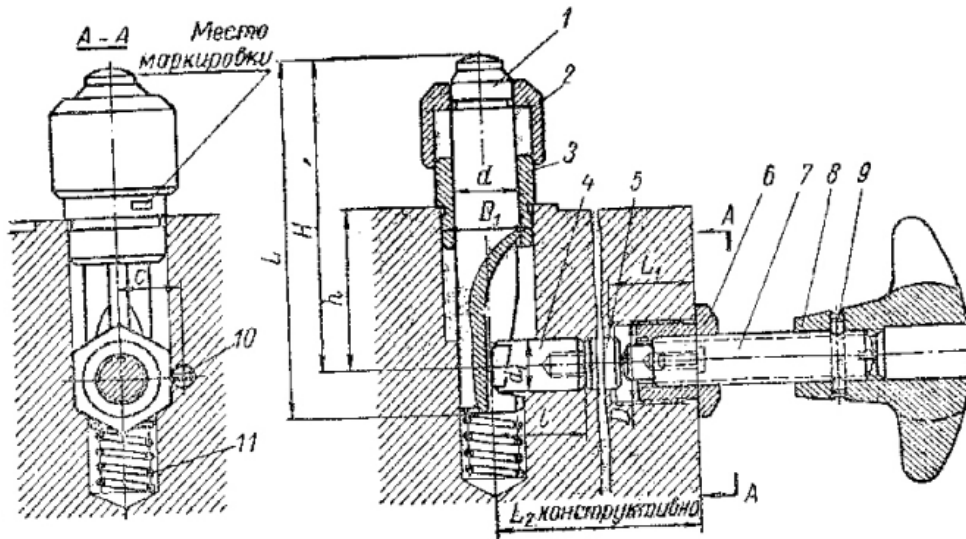


Рис. 4.35. Самоустанавливающаяся вспомогательная опора.

При установке детали в приспособлении штырь 1 опоры опускается, сжимая пружину 11. После этого винтом 7 через штифт 5 и палец 4 опоры фиксируется. Кроме указанных деталей в конструкцию входят: колпачок 2, втулка 3, резьбовая переходная втулка 6, звездообразная рукоятка 8, штифт 9 и винт 10.

Достоинства самоустанавливающихся опор:

- а) Быстрота действия.
- б) Возможность одновременного управления (стопорения) несколькими опорами от одного привода (например, через рычажную систему).
- в) Опора применяется при обработке легких деталей, так как жесткость пружины можно подобрать любую.

Недостаток: не может применяться при установке тяжелых заготовок и больших значениях сил, действующих вдоль оси штыря.

Подводимые опоры выполняются на основе резьбового или клинового сопряжений.

Регулируемые винтовые опоры (рис. 4.36) применяются в качестве основных или вспомогательных опор и выполняются по ГОСТ 4084 – 61; 4085 – 61; 4086 – 61; 4740- 61. Примеры их использования представлены на рис. 4.37.

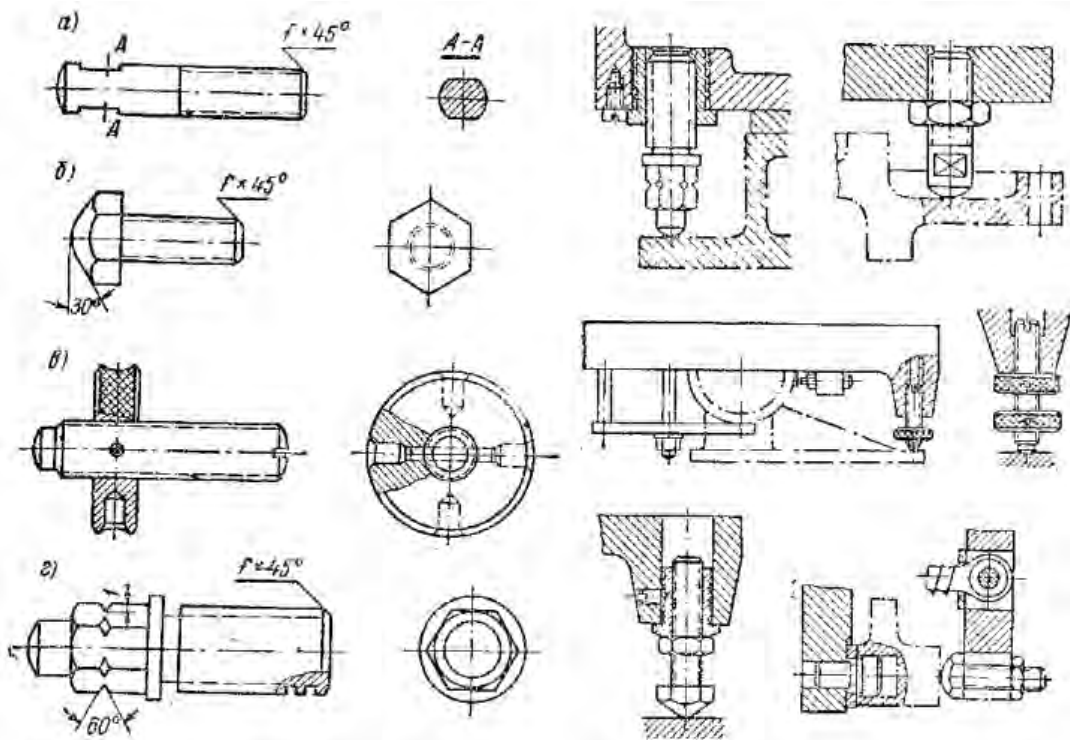


Рис. 4.36. Конструкции винтовых регулируемых опор:
 а — с лыской под ключ; б — с шестигранной головкой; в — с круглой головкой; г — усиленные опоры.

Рис. 4.37. Примеры применения регулируемых опор.

На рис. 4.38. показана подводимая клиновья опора, выполненная по нормали МН350-60.

Опора подводится в соприкосновение с деталью после ее установки на основных опорах, а затем фиксируется. Для этого вначале перемещают клин 1 (угол скоса 8°) и после контакта штыря 3 с деталью вращают винт 5. Последний с помощью шариков 10, раздвигает кулачки 8, фиксирующие опору. Колпачок 2 предохраняет опору от загрязнения.

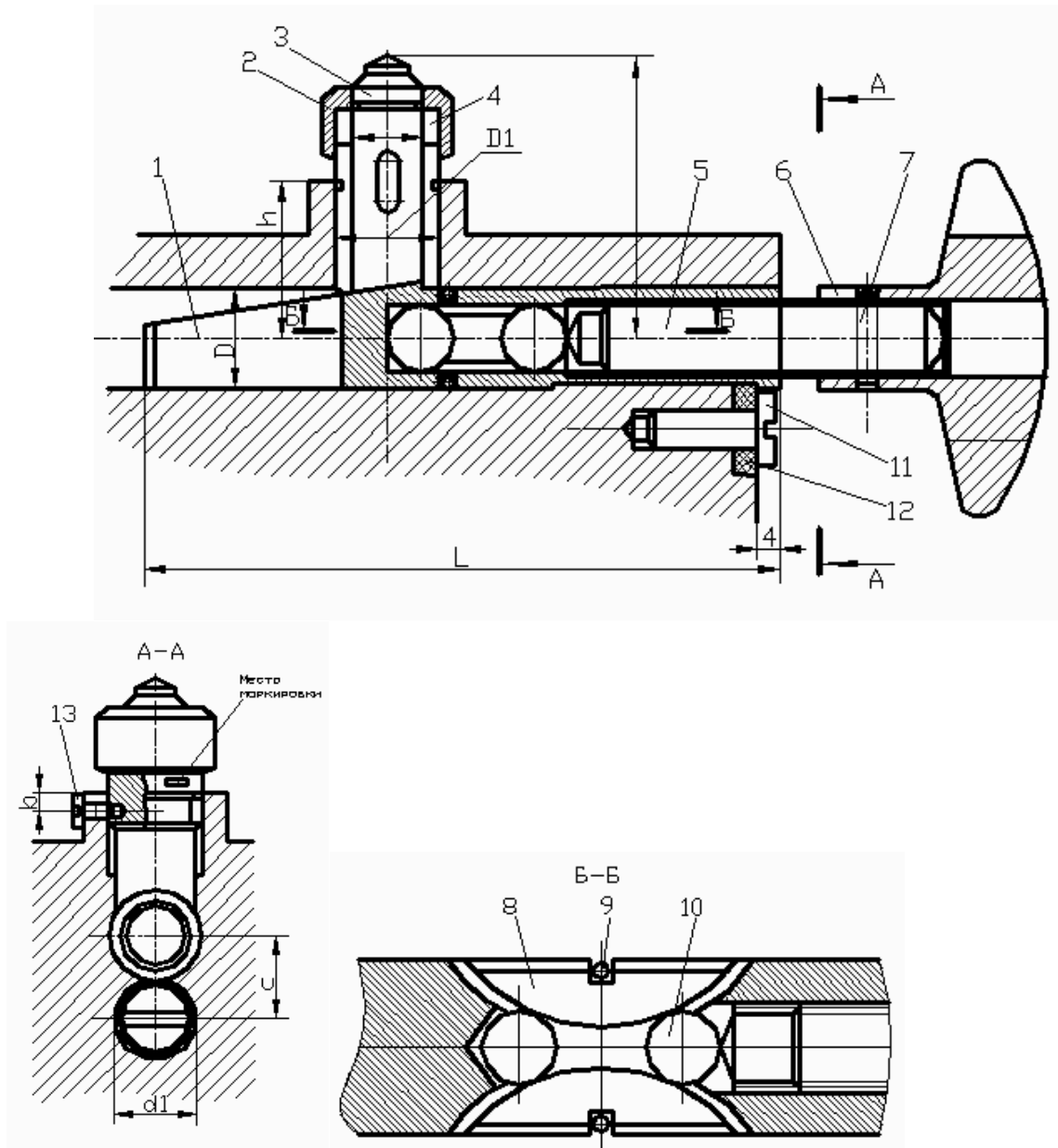


Рис. 4.38. Подводимая клиновидная вспомогательная опора: 1 – клин; 2 – колпачок; 3 – опорный штырь; 4 – втулка; 5 – нажимной винт; 6 – звездообразная рукоятка; 7 – штифт; 8 – кулачок; 9 – замковое кольцо; 10 – шарик; 11, 12, 13 – винты и шайбы.

Так же применяются встроенные винтовые подпорки (ГОСТ 13158-68), выполняемые как с призмой, так и без нее (исполнения 2 и 1) рис.4.39.

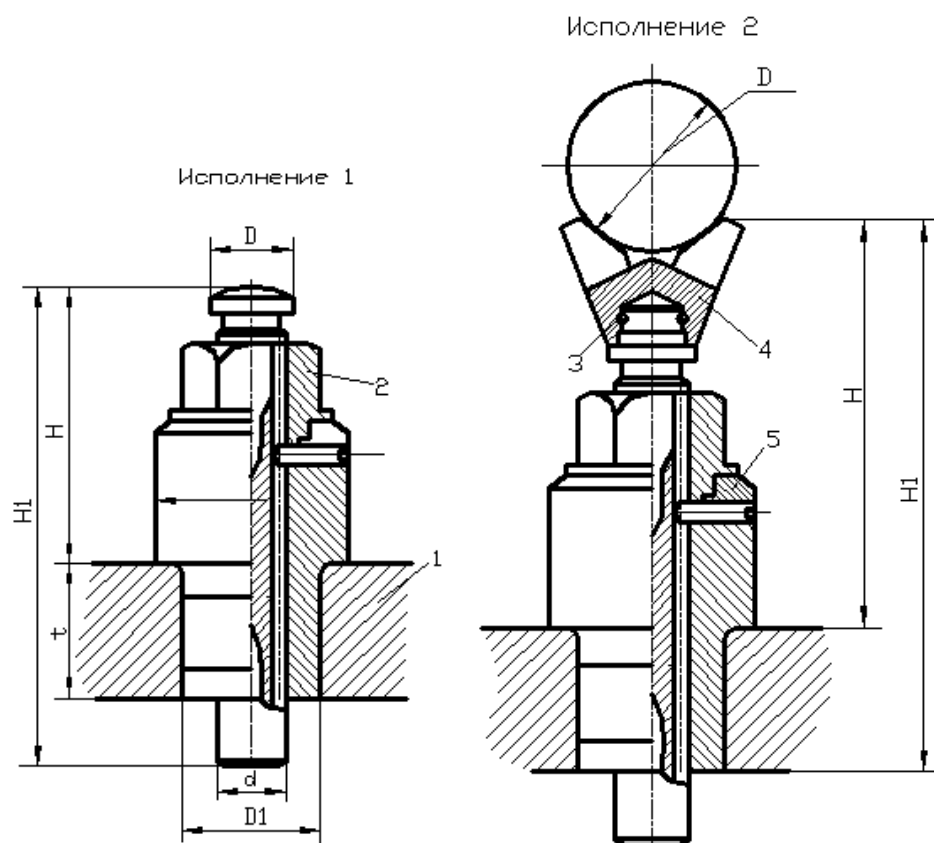


Рис. 4.39. Конструкции встроенных винтовых подпорок.

Достоинство подводимых опор в том, что они способны выдержать значительно большие силы, действующие вдоль штыря.

Недостатки:

- низкая производительность, связанная с ручным подводом опоры;
- невозможность одновременного управления несколькими опорами;
- неприменимость при обработке легких и маложестких деталей, так как при подводе опоры вручную до соприкосновения с деталью трудно ощутить момент касания и можно нарушить положение детали, определяемое основными опорами.

При использовании вспомогательных опор нельзя допускать отрыва деталей от их основных опор.

Установочные пальцы

Эти детали применяются при базировании заготовки по плоскости или торцам и отверстиям.

ГОСТами определены следующие конструкции.

- 1) Пальцы установочные цилиндрические, постоянные. Рис. 4.40, а.
- 2) Пальцы установочные срезанные постоянные. Рис. 4.40, б. и пример их применения. Рис. 4.40, в.
- 3) Пальцы установочные цилиндрические сменные. Рис. 4.41, а.
- 4) Пальцы установочные срезанные сменные. Рис. 4.41, б. и пример их применения рис. 4.41, в.
- 5) Пальцы установочные цилиндрические, высокие. Рис.4.42, а.
- 6) Пальцы установочные срезанные высокие. Рис. 4.42, б.

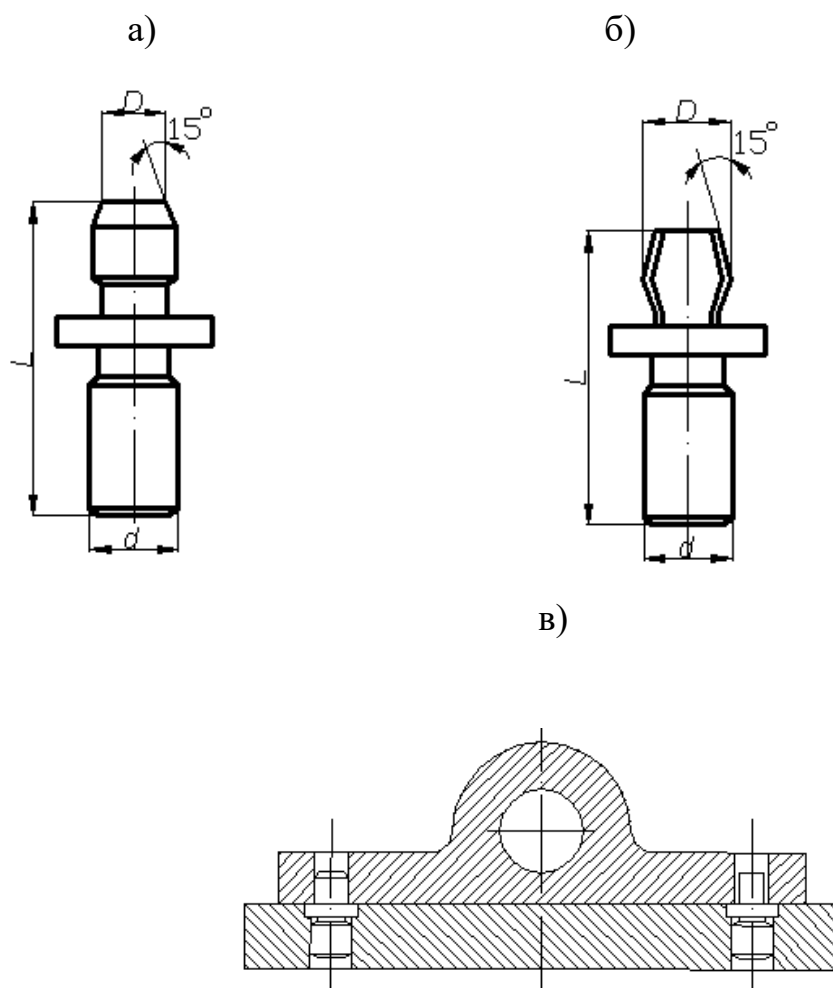


Рис. 4.40. Постоянные установочные пальцы: а – цилиндрический; б – срезанный;
в – пример применения.

а)

б)

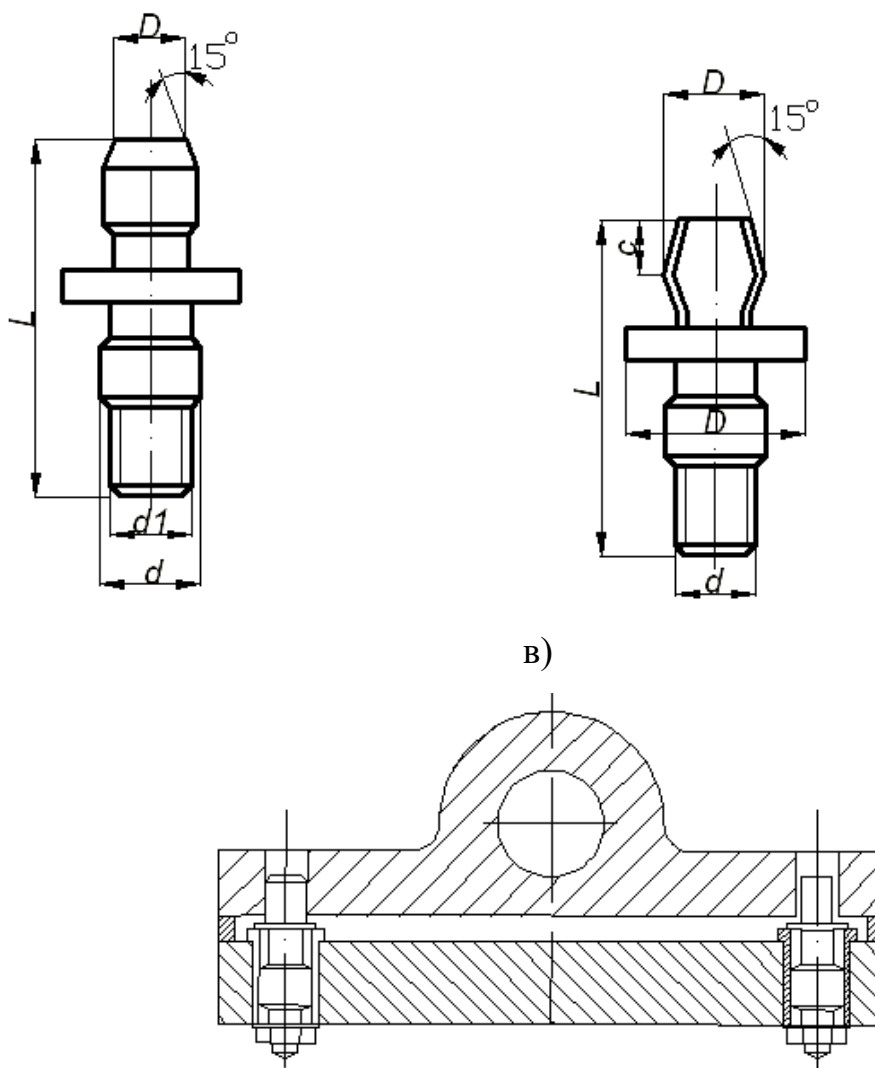
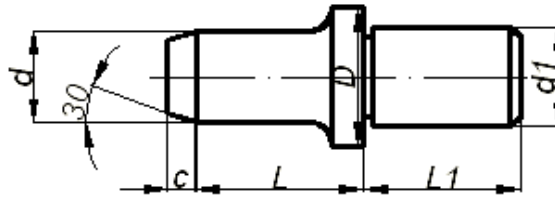


Рис. 4.41. Сменные установочные пальцы: а – цилиндрический; б – срезанный;
в – пример их применения.

Постоянные пальцы запрессовываются в корпус приспособления. Сменные пальцы применяются при интенсивной эксплуатации приспособления, когда они сравнительно быстро изнашиваются и заменяются. Постоянные и сменные стандартные пальцы имеют три исполнения: для диаметров до 10 мм, менее 20 мм и более 20 мм.

Известны и другие конструктивные элементы пальцев. В частности, на рис. 4.43, а, б, показаны примеры установочных пальцев со сменными шайбами 1 вместо буртиков, применяемые в случаях интенсивного износа последних. Шайбы могут быть шлифованы при вынутых пальцах, что также является преимуществом такой конструкции.

а)



б)

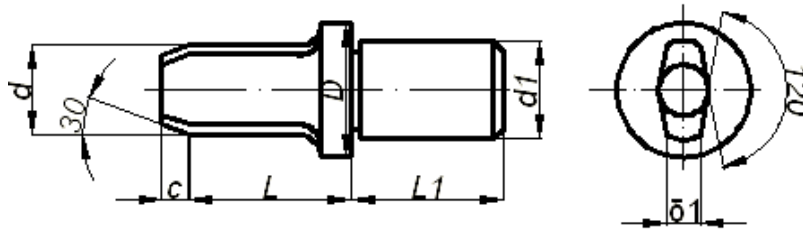
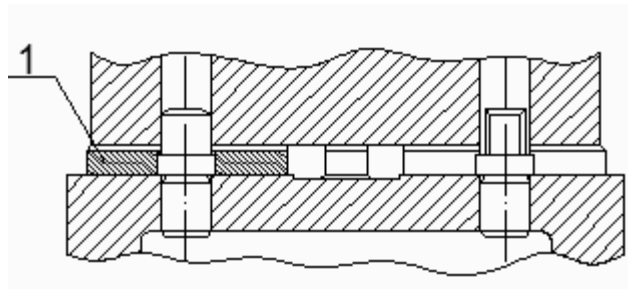
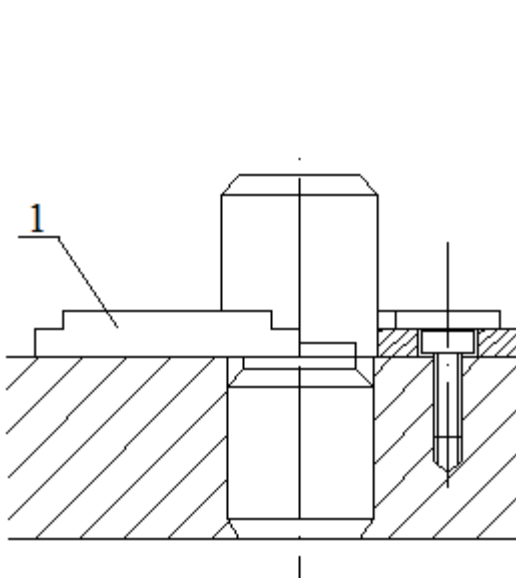


Рис. 4.42. Постоянные установочные пальцы высокие: а – цилиндрический; б – срезанный.

а)



б)



в)

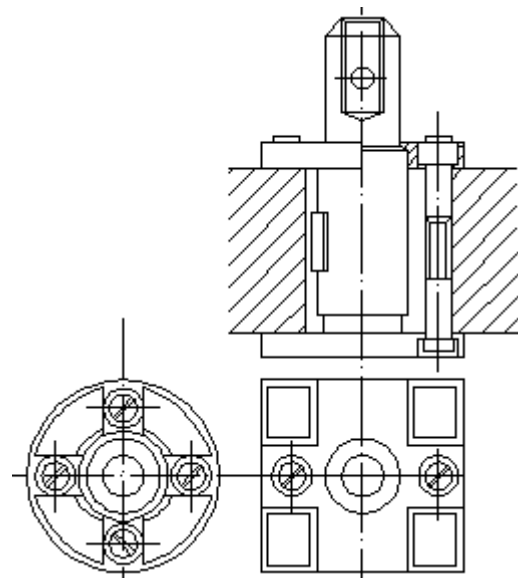


Рис. 4.43. Установочные пальцы со сменными шайбами.

Во избежание заклинивания при съеме заготовки в случае ее установки на один палец рис. 4.44, а, высота H направляющей части пальца не должна превышать значения

$$H = \frac{l+0,5D}{D} \sqrt{2D\Delta_{min}}$$

где Δ_{min} – зазор между пальцами и отверстием детали.

В случаях установки заготовки на два пальца рис. 4.44, б, при $D=D_1$, $l=L_1$ рабочая высота пальцев H , исключающая заклинивание заготовок при съеме, определяется так:

$$H = \frac{L+l+0,5D}{L+D} \sqrt{2(L+D)\Delta_{min}}$$

Берется наименьшее значение H , определенное по формулам.

а)

б)

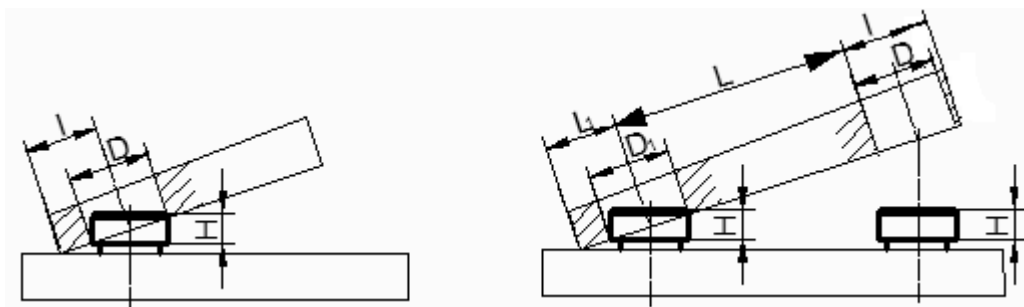


Рис. 4.44. Схемы к расчету высоты H : а – при установке на один палец; б – при установке на два пальца.

При базировании детали по плоскости и двум отверстиям пальцы обычно применяются в сочетании с опорными пластинами (рис. 4.45, а), а при установке по торцу и отверстию они могут запрессовываться в специальную опорную пластину той или иной конструкции (рис. 4.24, б). При установке больших деталей и тяжелых, когда неподвижные пальцы мешают загрузке, их делают подвижными. Съемный палец 1 установлен в плунжере 2 (рис. 4.46, а), управляемый рычагом 3. Иногда для выдвигания пальца используют реечный механизм. Конусные подпружинные пальца

(рис. 4.46, б) применяются при базировании детали коническим или цилиндрическим отверстием.

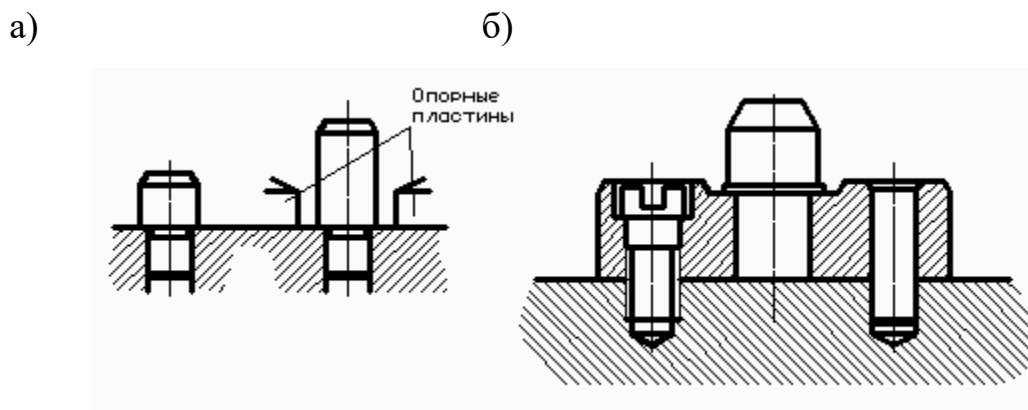


Рис. 4.45. примеры сочетания пальцев с опорными пластинами.

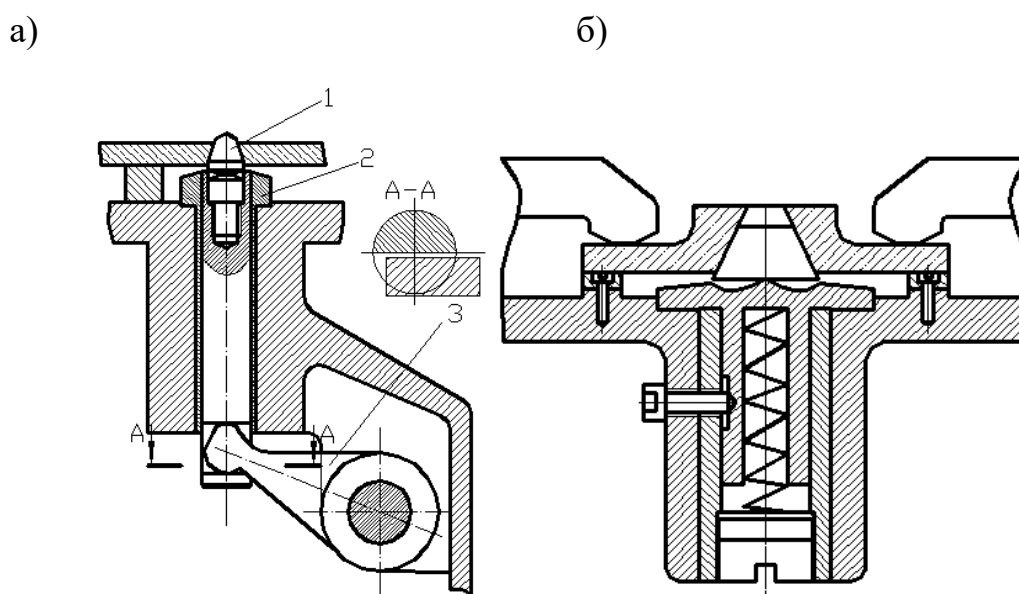


Рис. 4.46. Примеры базирования заготовок на выдвижные пальцы.

Опорные призмы

Призмой называют установочный элемент с рабочей поверхностью в виде паза, образованного двумя плоскостями, наклоненными друг к другу под углом α .

Установочные свойства призмы:

1) Призма определяет положение оси заготовки, перпендикулярной основанию призмы. Для точной ориентировки этой оси необходимо при изготовлении призмы обеспечивать строгую симметрию рабочих поверхностей, то есть точно выдерживать половину угла призмы. Если не

выполнить этого требования при изготовлении, то ось заготовки не будет совмещена с осью призмы.

2) Призма определяет положение продольной оси заготовки. В связи с этим возникает необходимость точной фиксации положения призмы на корпусе приспособления. Поэтому кроме крепежных винтов положение призмы фиксируется двумя штифтами.

В приспособлениях находят применение призмы с углами $\alpha=60^{\circ}$, 90° или 120° . Призмы с $\alpha=120^{\circ}$ применяют, когда заготовка не имеет полной цилиндрической поверхности и по небольшой дуге окружности нужно определить положение оси детали. Заготовка на таких призмах имеет малую устойчивость, чем и объясняется ограниченность их применения.

Призмы с углом в 90° применяются в том случае, если имеются значительные силы резания, действующие параллельно основанию призмы и стремящиеся вытолкнуть заготовку из призмы. Для повышения устойчивости заготовки призмы делают с углом 60° . Применение таких призм увеличивает погрешности базирования по сравнению с призмами с углом $\alpha=90^{\circ}$ и 120° .

При установке заготовок чисто обработанными базами применяют с широкими базовыми поверхностями, а черновыми базами – с узкими опорными поверхностями. Уменьшение длины контакта черновой базы заготовки и опорной поверхности призмы уменьшает влияние макрогеометрии базовых поверхностей на устойчивость и стабильность положений заготовки.

Наряду с узкими призмами для установки по черновым базам применяют точечные опоры, запрессованные в рабочие поверхности призмы (рис. 4.47).

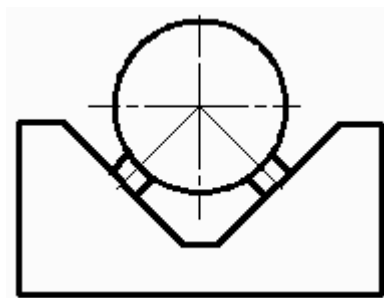


Рис. 4.47. Призма с точечными опорами.

В этом случае заготовки, имеющие искривленность оси, бочкообразность и другие погрешности формы в продольном сечении, занимают в призме вполне устойчивое и определенное положение.

При установке длинных заготовок применяют призмы с выемкой или две соосно установленные призмы (рис. 4.48). В последнем случае призмы после установки на корпусе шлифуются совместно по рабочим плоскостям для достижения соосности и равновысотности.

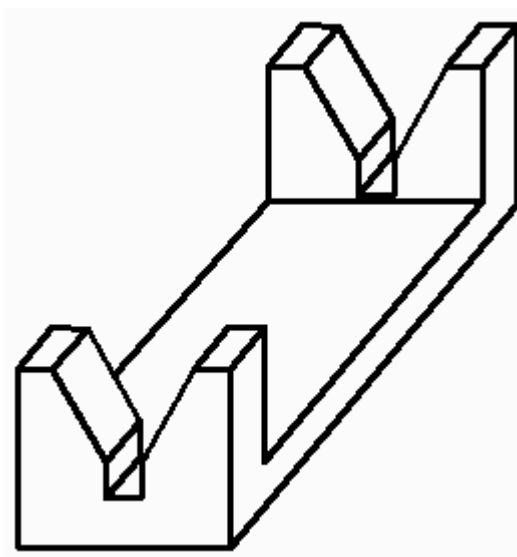


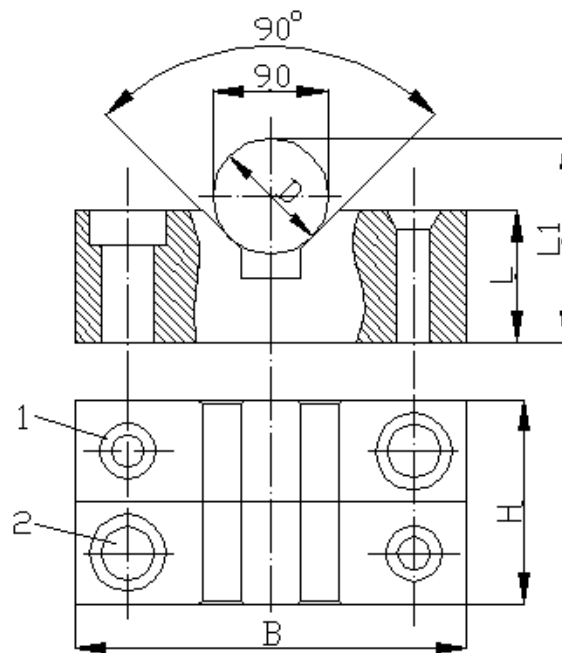
Рис. 4.48. призма с выемкой.

Крупные изделия устанавливают на чугунные или сварные призмы со сменными стальными закаленными пластинками на наклонных плоскостях. Рабочие поверхности и основание призмы шлифуются.

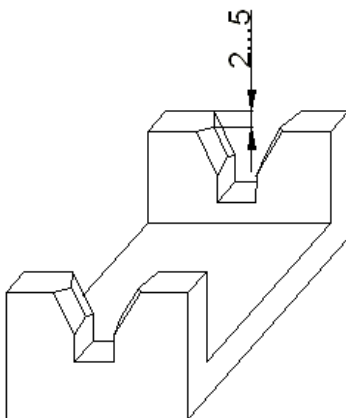
На рис. 4.49 показаны опорные призмы различных конструкций. Стандартная призма ГОСТ 12195-66 применяется для установки коротких

изделий (рис. 4.49, а) или как элемент опорной сборной призмы, предназначенной для базирования длинных изделий (рис 4.49, в). На рисунке 4.49, б показана призма с выемкой. Призмы предназначены для деталей с $D=5...150$ мм, выполняются с $M=16...70$ мм; $B_1=8...120$ мм. Материал – сталь марки 20Х. твердость рабочих поверхностей HRC 55...60. Глубина цементированного слоя 0,8...1,2 мм.

а)



б)



в)

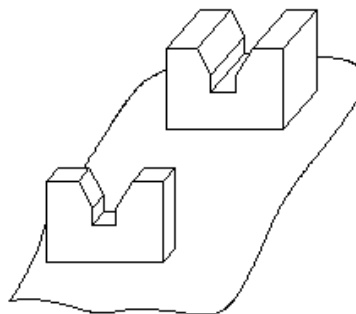


Рис. 4.49. призмы различных конструкций.

При установке детали по черновой базе, а так же при установке ступенчатых валов рабочие поверхности призм делают узкими (рис. 4.49, б, в). Крупные изделия устанавливают на чугунные или сварные

призмы со сменными стальными закаленными пластинками на наклонных плоскостях. Рабочие поверхности и основание призмы шлифуются. В сборных конструкциях с двумя и более призмами, используемыми для установки одной детали, все призмы шлифуются совместно. Для точной установки призмы в ней предусмотрены два отверстия (рис. 4.49, а) 1 – под контрольные штифты; 2 – под прижимные винты.

На рабочем чертеже необходимо указать размеры V_1 , L_1 (от основания до верхней образующей поверхности устанавливаемой детали) и L . Размер V_1 необходим для разметки и предварительной обработки призмы, а размер L_1 – для контроля после окончательной обработки.

Зависимость между этими размерами выражается следующей формулой:

$$L = L_1 + 1,207D - 0,5 V_1,$$

а в случае применения нестандартных призм с углом $\alpha=120^\circ$ формулой:

$$L = L_1 + 1,087D - 0,289 V$$

Размер D принимается в пределах 5...150 мм; M – в пределах 16...70 мм; V – в пределах 8...120 мм.

Пример закрепления детали в призме приведен на рис. 4.50.

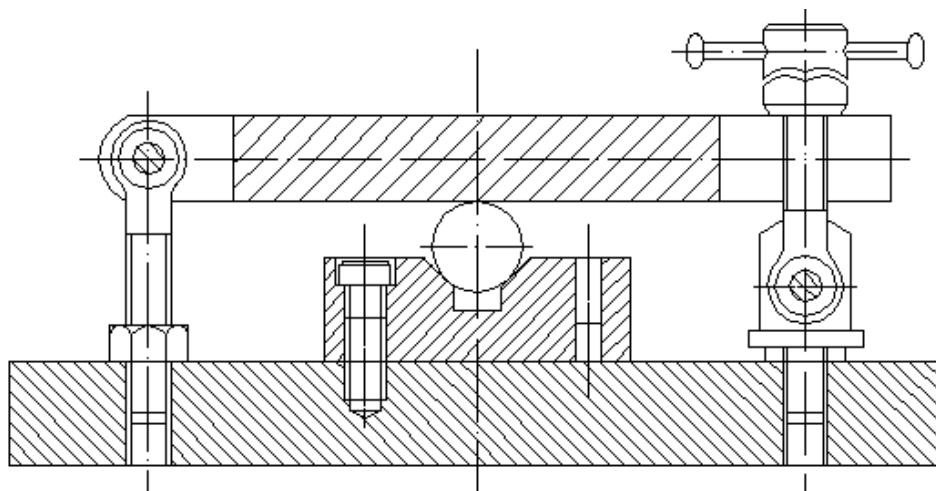


Рис. 4.50. Пример закрепления детали в призме.

Ориентирующие и самоцентрирующие механизмы

В ряде случаев устанавливаемые детали необходимо ориентировать по их плоскостям симметрии. Применяемые для этой цели механизмы обычно не только ориентируют, но и зажимают детали, поэтому называются установочно-зажимными.

Установочно-зажимные механизмы делятся на ориентирующие и самоцентрирующие. Первые ориентируют детали только по одной плоскости симметрии, вторые – по двум взаимно перпендикулярным плоскостям.

К группе самоцентрирующих механизмов относятся всевозможные конструкции патронов и оправок.

Для ориентирования и центрирования деталей некруглой формы часто используют механизмы с неподвижными (ГОСТ 12196-66), установочными (ГОСТ 12194-66) и подвижными (ГОСТ 12193-66) призмами. В ориентирующих механизмах одна из призм крепится жестко – неподвижная или установочная, а вторая выполняется подвижной. В самоцентрирующих механизмах обе призмы перемещаются одновременно.

На рис. 4.51 показан ориентирующий механизм, в котором призма 1 закреплена жестко, а призма 2 перемещается винтом с помощью маховичка 3. При ориентации и зажиме литых и кованных заготовок с неточными размерами по длине применяют установочную и подвижную призмы. Первая выставляется при наладке по размерам заготовки, после чего крепится жестко.

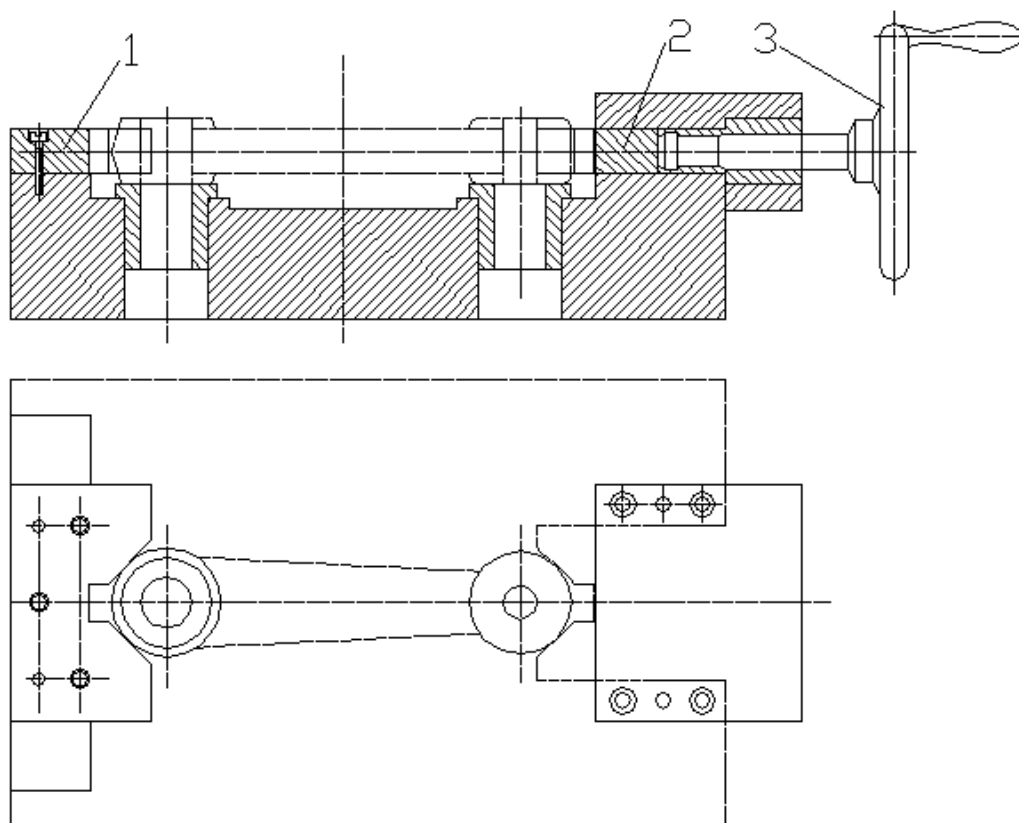


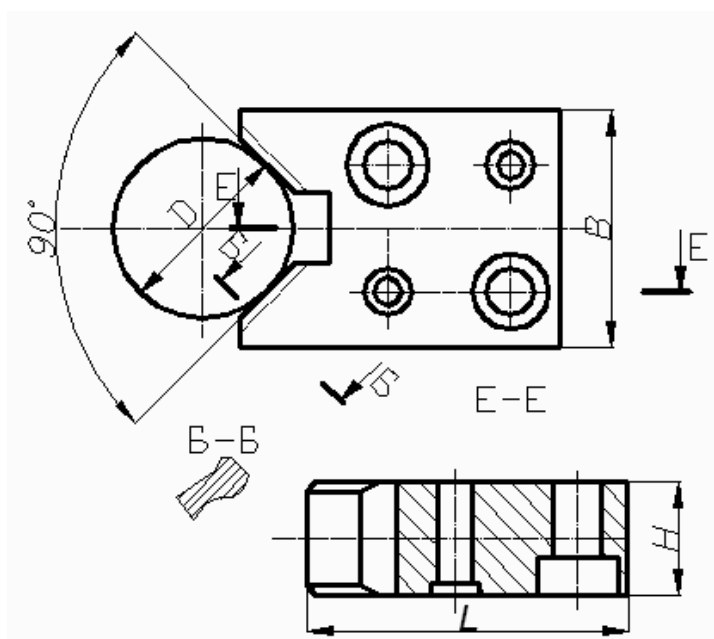
Рис. 4.51. ориентирующий механизм с двумя призмами.

На рис. 4.52 показаны конструкции призм. Неподвижные призмы для зажимных деталей диаметрами $D=5...100$ мм выполняются с $L=32...100$ мм; $M=10$; $V=16...100$ мм в двух исполнениях: исполнение 1 – без поднутрения рабочих поверхностей призмы, исполнение 2 – со скошенными рабочими поверхностями под углом $\alpha=7^0$. В последнем случае обеспечивается более надежное прилегание необработанной поверхности детали к основной опоре. Установочные и подвижные призмы, предусмотренные для зажима деталей диаметром $D=3...100$ мм, выполняются с $L=25$; $M=8...32$; $V=16...100$ мм. Они также имеют два исполнения: без скоса и со скосом рабочих поверхностей ($\alpha=7^0$). Материал призм: сталь марки 20Х, твердость рабочих поверхностей HRC 55...60. Цементация производится на глубину $h=0,8...1,2$ мм.

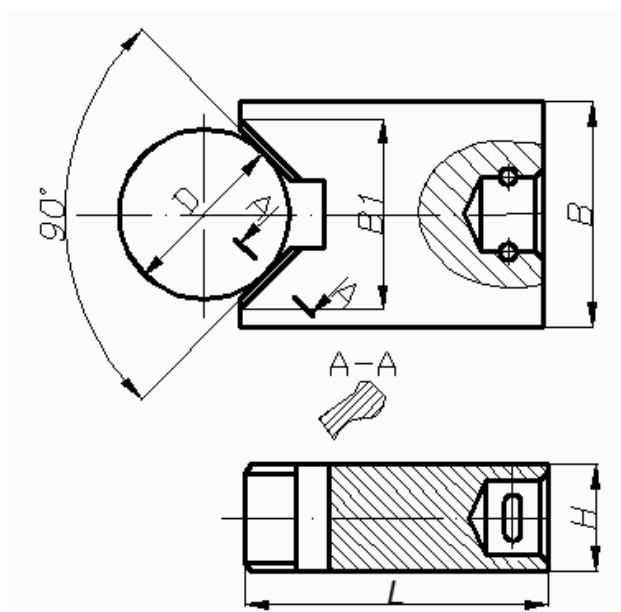
Подвижные и установочные призмы монтируются в приспособлении с помощью направляющих колодок (ГОСТ 12198-66).

Колодки крепятся к корпусу с помощью 4 винтов. Для правильного расположения колодок предусмотрены 2 контрольных штифта. На рис. 4.53 показаны конструкции и пример применения направляющих колодок. Основные размеры в (мм): $B_1=32\dots150$; $B=10\dots100$; $M=16\dots50$. Материал колодок – сталь марки 20Х. твердость направляющих НRC 55...60. Глубина цементации $h=0,8\dots1,2$ мм.

а)



б) Исполнение 1



Исполнение 2

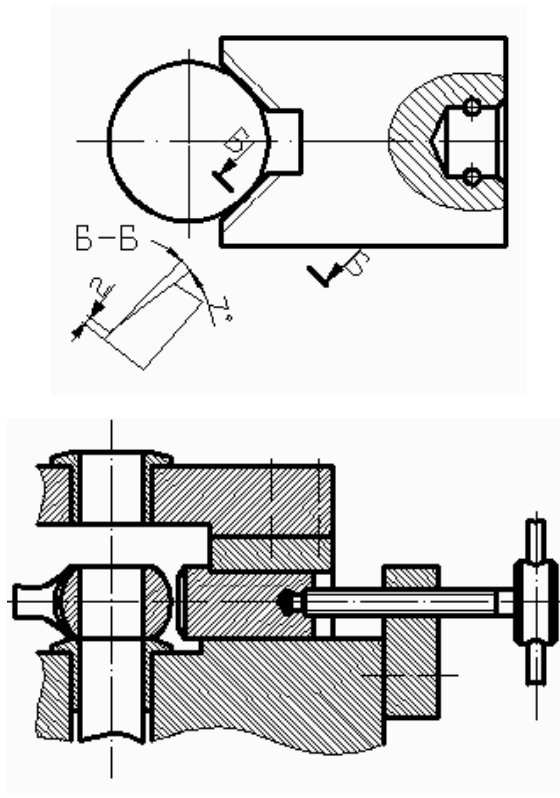
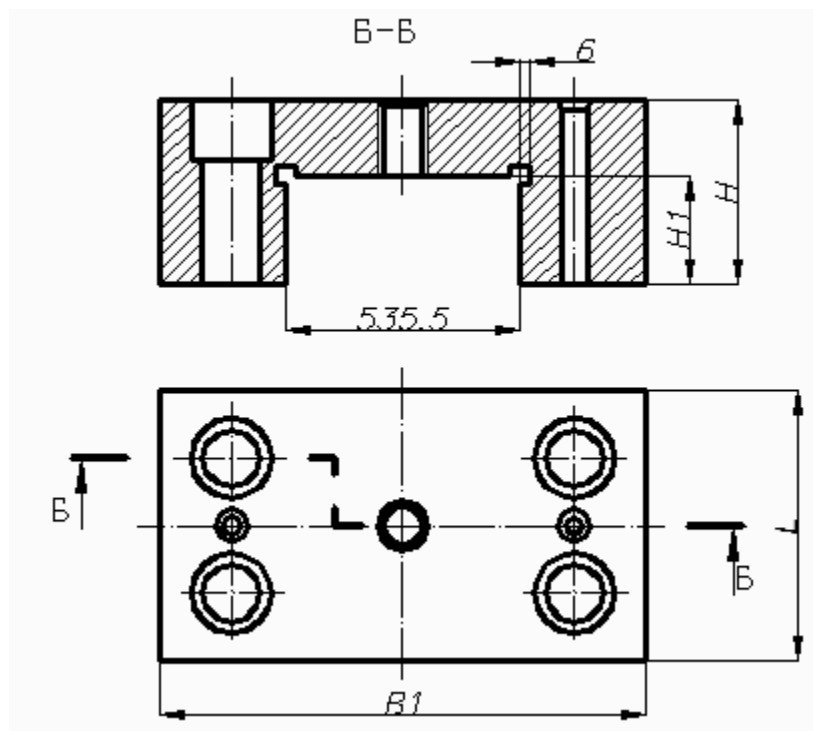


Рис. 4.52. Конструкции призм.

а)



б)

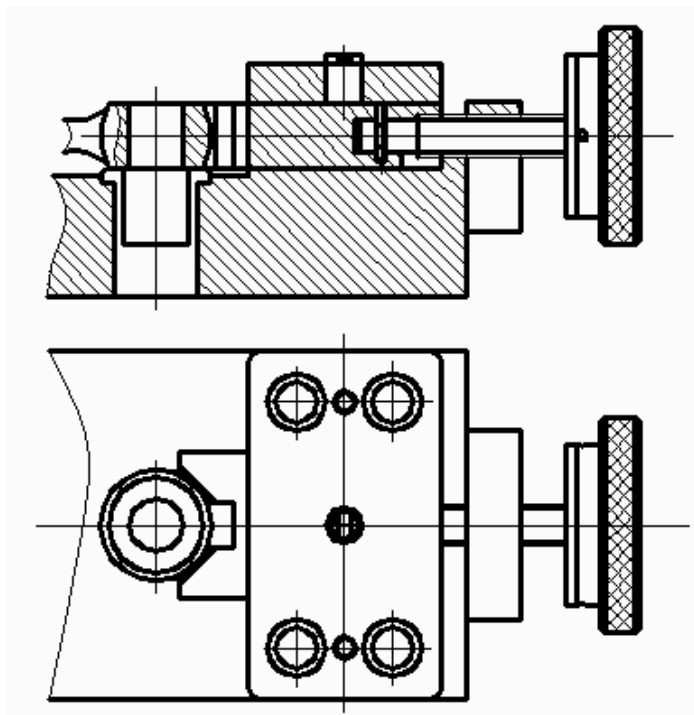


Рис. 4.53. Колодки.

Условное обозначение баз

При выполнении операционных эскизов на изображение заготовки или изделия необходимо нанести схему базирования и схему закрепления их. Для этого используют графические (условные) обозначения опор, зажимов и установочных устройств по ГОСТ 3.1107-81 (табл. 1, 2 и 3).

Для изображения обозначения этих элементов приспособлений применяют сплошную тонкую линию по ГОСТ 2.303-68. На видах сверху и снизу допускается обозначать подвижную, плавающую и регулируемую опоры как неподвижную опору.

Таблица 1. - Условное обозначение опор.

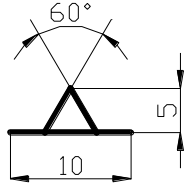


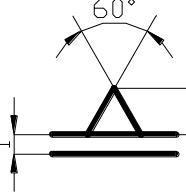
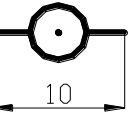

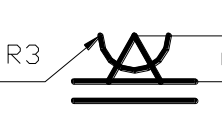
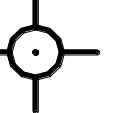
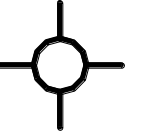
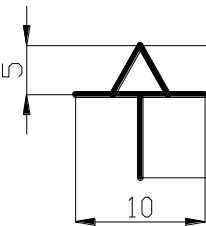
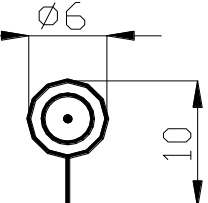
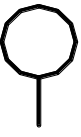
№ п/п	Наименование опоры	Обозначение опоры на видах		
		Спереди, сзади	сверху	снизу
	Неподвижная			
	Подвижная			
				
	Плавающая			
Регулируемая				

Таблица 2. - Условное обозначение зажимов.

п/п	Наименование зажима	Обозначение зажима на видах		
		Спереди, сзади	сверху	снизу
й	Одиночны			
	Двойной			

На видах спереди и сзади при совпадении точек приложения силы двойной зажим допускается изображать как одиночный. Для двойных зажимов длина плеча L устанавливается разработчиком в зависимости от расстояния между точками приложения сил. При этом, допускается упрощенное графическое обозначение двойного зажима (рис.4.54).

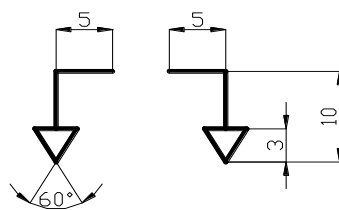
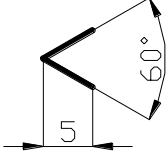
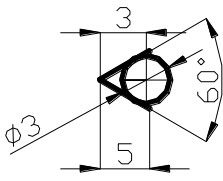
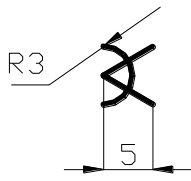
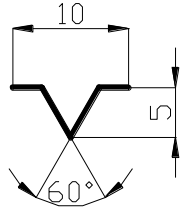
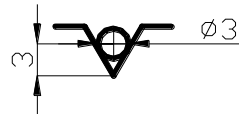

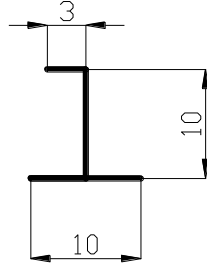

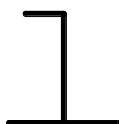


Рис.4.54 Упрощенное графическое обозначение двойного зажима

Обозначения устройств зажимов (пневматическое – Р, гидравлическое – Н, электрическое – Е, магнитное – М, электромагнитное – ЕМ, прочее – без обозначения) наносят слева от изображения зажимов, (табл. 5 и 6).

Таблица 3. -Условные обозначения установочных устройств.

п/п	Наименование установочного устройства.	Обозначение на видах	
		Спереди, сзади ,сверху, снизу	Слева, справа
	Центр неподвижный		Без обозначения
	Центр вращающийся		То же
			То же
	Центр плавающий		
	Оправка цилиндрическая		
	Оправка шариковая (роликовая)		
	Патрон поводковый		

Примечания:

1) Обозначение обратных центров следует выполнять в зеркальном изображении.

2) Для базовых установочных поверхностей допускается применять обозначение в соответствии с пунктом 4 табл. 3.

Установочно-зажимные устройства следует обозначать как сочетание обозначений установочных устройств и зажимов (рис. 4.55).

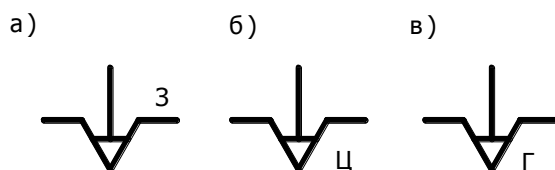
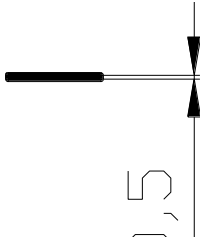
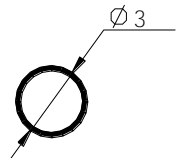
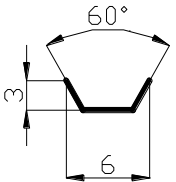
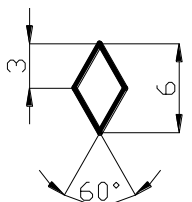


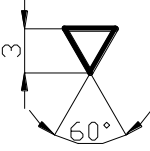
Рис. 4.55. Условные обозначения установочно-зажимных устройств: а – трехкулачкового патрона; б – цанговых оправок (патронов), в – гидропластовых оправок.

Допускается обозначение опор и установочных устройств, кроме центров, наносить на выносных линиях, соответствующих поверхностям (табл. 5 и 6).

Для указания формы рабочей поверхности опор, зажимов и установочных устройств следует применять обозначения в соответствии с табл. 4 и наносить их слева от обозначения опоры, зажима или установочного устройства.

Таблица 4. -Условные обозначения формы рабочих поверхностей элементов приспособлений

п/п	Наименование формы рабочей поверхности	Обозначение на всех видах
	Плоская	
	Сферическая	
	Цилиндрическая(шариковая)	
	Призматическая	
	Коническая	

	Ромбическая	
	Трехгранная	

Примечание: Указание прочих форм рабочей поверхности опор, зажимов и установочных устройств следует выполнять в соответствии с требованиями, установленными отраслевыми нормативно-техническими документами.

Для указания рельефа рабочих поверхностей (рифленая, резьбовая, шлицевая и т.д.) опор, зажимов и установочных устройств следует применять обозначение в соответствии с чертежом (рис. 4.56).

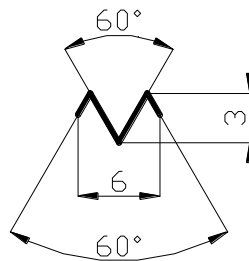


Рис. 4.56. Условное обозначение рельефа рабочих поверхностей.

Это обозначение наносят на обозначение соответствующего элемента приспособления (рис. 4.57).

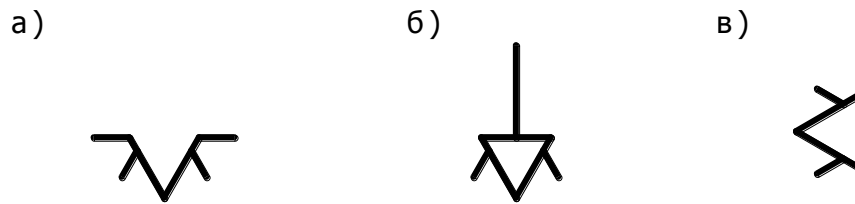


Рис. 4.57. Условное обозначение оправки пальцевой (а), зажима с рифленой рабочей поверхностью (б) и рифленого центра (в).

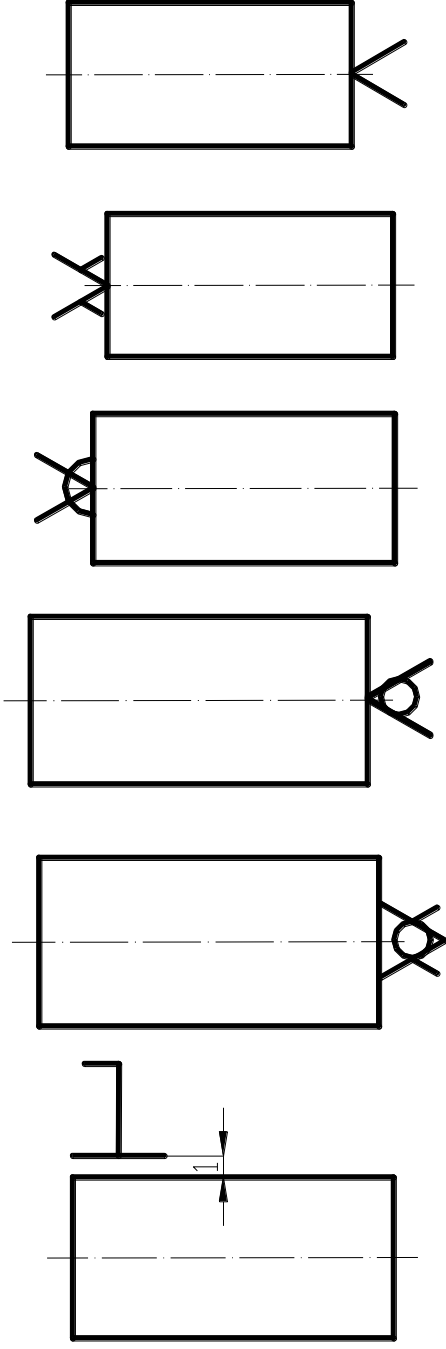
Примеры нанесения обозначений опор, зажимов и установочных устройств на схемы, а также оформление схем установки заготовок и изделий в соответствии с ГОСТ 3.1107-81 представлены в табл. 5 и 6.

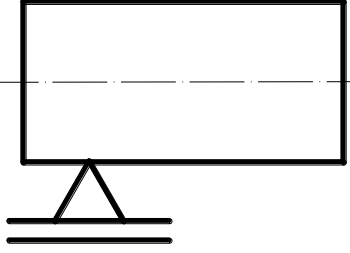
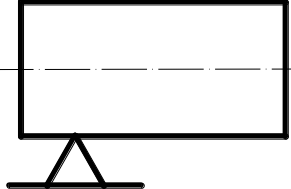
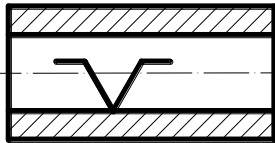
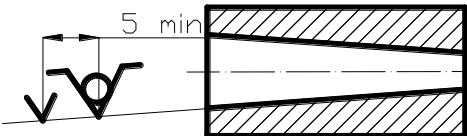
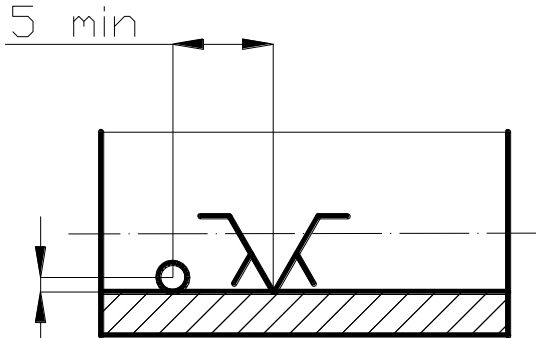
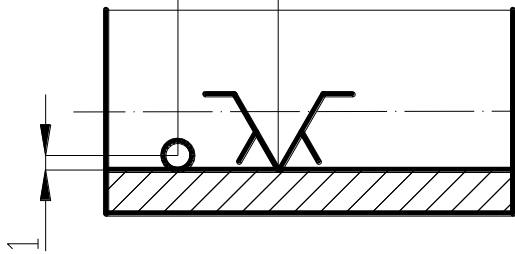
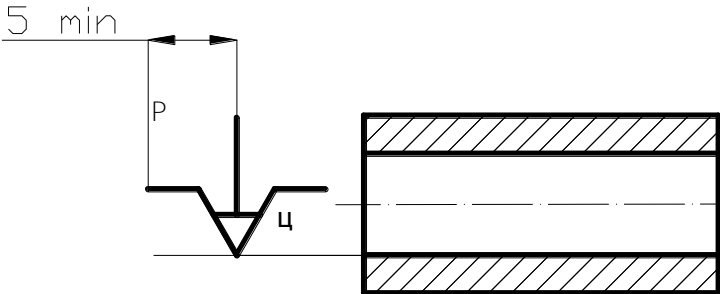
Количество точек приложения силы зажима к изделию, при необходимости, следует записывать справа от обозначения зажима (табл.6, поз.2).

На схемах, имеющих несколько проекций, допускается на отдельных проекциях не указывать обозначения опор, зажимов и установочных устройств относительно изделия, если их положение однозначно определяется на одной проекции (табл.6, поз.3).

Допускается отклонение от размеров графических обозначений, указанных в табл. 1-4 и на чертеже.

Таблица 5 -Нанесенные обозначения элементов приспособлений на
схемы(операционные эскизы)

п/п	Наименование опор, элементов и установочных устройств.	Примеры нанесения обозначений
	2	3
	<p>Центр неподвижный(гладкий)</p> <p>Центр рифленый</p> <p>Центр плавающий</p> <p>Центр вращающийся</p> <p>Центр вращающийся с обратный рифленой поверхностью</p> <p>Патрон поводковый</p> <p>Люнет подвижный</p> <p>Люнет неподвижный</p>	 <p>The sketches illustrate the following symbols:</p> <ul style="list-style-type: none"> Центр неподвижный(гладкий): A horizontal dashed line with a symbol consisting of two lines meeting at a point on the right side. Центр рифленый: A horizontal dashed line with a symbol consisting of two lines meeting at a point on the left side. Центр плавающий: A horizontal dashed line with a symbol consisting of a circle with a diagonal slash through it on the left side. Центр вращающийся: A horizontal dashed line with a symbol consisting of a circle with a diagonal slash through it on the left side. Центр вращающийся с обратный рифленой поверхностью: A horizontal dashed line with a symbol consisting of two lines meeting at a point on the right side. Патрон поводковый: A horizontal dashed line with a symbol consisting of two lines meeting at a point on the right side. Люнет подвижный: A horizontal dashed line with a symbol consisting of a vertical line with a horizontal line extending to the left, and a double-headed arrow below it. Люнет неподвижный: A horizontal dashed line with a symbol consisting of a vertical line with a horizontal line extending to the left, and a double-headed arrow below it.

<p>0</p>	<p>Оправка цилиндрическая</p>	
	<p>Оправка коническая, роликовая</p>	
	<p>Оправка резьбовая, цилиндрическая с наружной резьбой</p>	
	<p>Оправка шлицевая</p>	
	<p>Оправка цанговая с пневмоприводом</p>	
	<p>Опора регулируемая со сферической выпуклой рабочей поверхностью</p>	
<p>1</p>	<p>Зажим пневматический с цилиндрической рифленой рабочей поверхностью</p>	

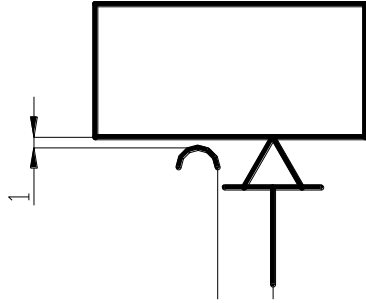
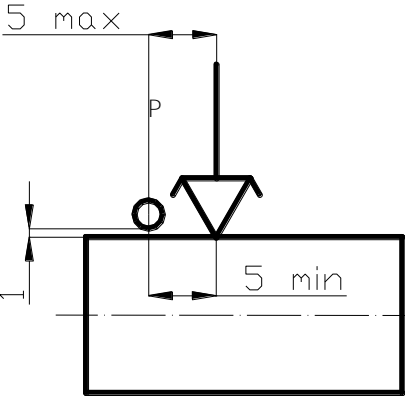
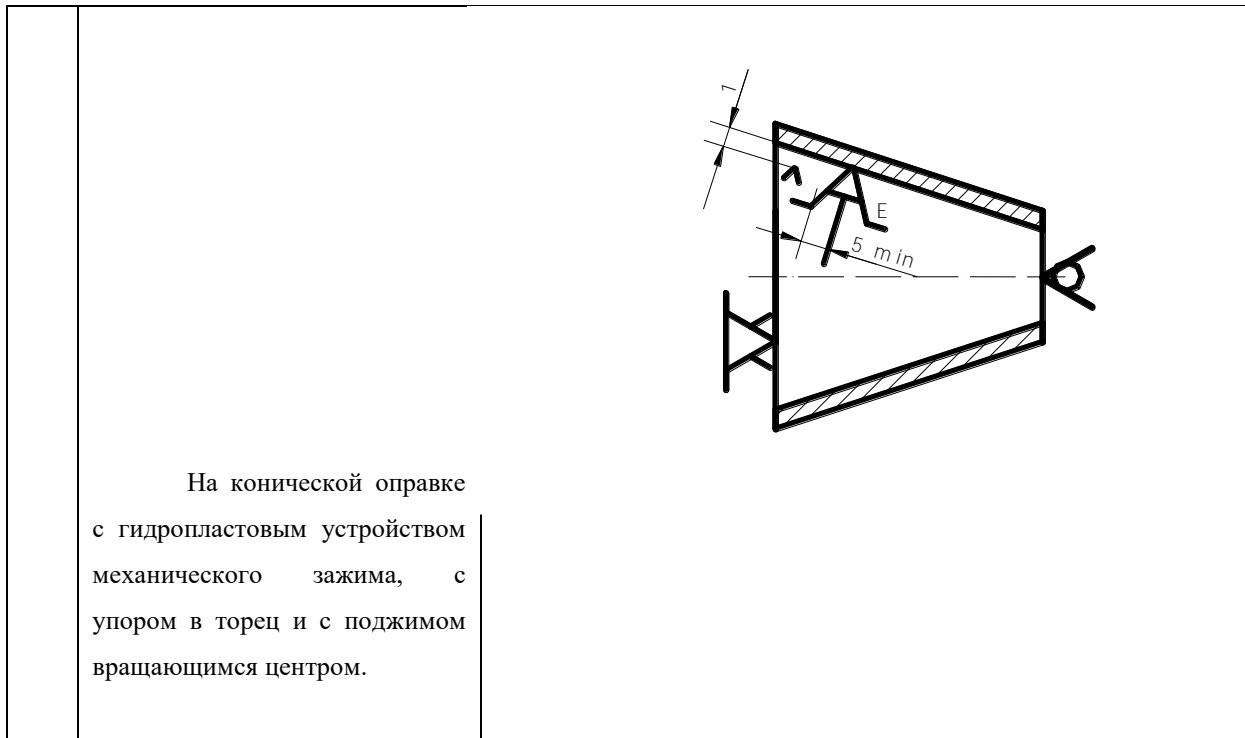
2		 <p>A technical drawing showing a rectangular block resting on a support. The support consists of a vertical stem with a horizontal base. A curved hook is attached to the top of the stem, positioned to the left of the block. Dimension lines indicate the vertical distance from the top surface of the block to the top of the stem, and the horizontal distance from the left edge of the block to the center of the stem.</p>
3		 <p>A technical drawing showing a rectangular block with a dashed horizontal centerline. A downward-pointing arrow is positioned above the block. A small circle is located to the left of the arrow. Dimension lines indicate the horizontal distance from the left edge of the block to the center of the arrow, labeled "5 max". Another dimension line indicates the horizontal distance from the center of the arrow to the right edge of the block, labeled "5 min". A vertical dimension line labeled "p" indicates the distance from the top surface of the block to the tip of the arrow.</p>
4		
5		

Таблица 6 - Схемы установки заготовок и изделий в приспособлении

п/п	Описание способа установки	Схема обозначения
2		3
	<p>В тисках с призматическими губками и пневматическим зажимом, с упором в торец.</p> <p>В трех кулачковом патроне с механическим устройством зажима, с упором в торец, поджимом вращающимся центром и с креплением в подвижном люнете.</p> <p>В скальчатом кондукторе с центрированием на цилиндрический палец, с упором в торец и с электрическим устройством двойного зажима, имеющим сферические рабочие поверхности.</p>	



4.2 Зажимные элементы (механизмы)

Зажимными называются механизмы, устраняющие возможность вибрации или смещения заготовки под действием собственного веса и сил, возникающих в процессе обработки.

Таким образом, они предназначены для сохранения в течении всего времени обработки на операции плотного контакта между базовыми поверхностями заготовки и установочными элементами.

Необходимость применения зажимных механизмов отпадает в двух случаях:

- когда обработке подвергается тяжелая, устойчивая заготовка, по сравнению с весом которой силы резания незначительны;
- когда силы, возникающие при обработке, приложены так, что они не могут нарушить произведенную установку заготовки.

Требования, предъявляемые к зажимным элементам:

- 1) При зажиме не должно нарушаться положение заготовки, достигнутое установкой. Это удовлетворяется рациональным выбором направления и точки приложения силы зажима.

2) Сила зажима должна быть минимально необходимой, но достаточной для надежного обеспечения неизменного положения заготовки относительно установочных элементов в процессе обработки.

3) Зажимной механизм должен быть простым по конструкции, максимально удобным и безопасным в работе.

4) Зажим не должен вызывать деформации закрепляемых заготовок или порчи (смятия) их поверхностей.

5) Зажим и открепление заготовок должны производиться с минимальной затратой сил и времени рабочего. При использовании ручных зажимов усилие руки не должно превышать 15 кг (147 Н).

6) Силы резания не должны, по возможности, восприниматься зажимными устройствами. Им следует противопоставлять установочные элементы, как более жесткие.

4.2.1 Методика расчета сил зажима

Расчет сил зажима может быть сведен к решению задачи статики на равновесие твердого тела (заготовки) под действием системы внешних (и внутренних) сил.

К заготовке с одной стороны приложены силы, возникающие в процессе обработки, с другой – искомые зажимные силы и реакции опор. Под действием этих сил заготовка должна находиться в равновесии. При расчетах следует ориентироваться на такую стадию сдвигающих сил и моментов, при которой силы зажима получаются наибольшими.

Исходными данными для расчета являются:

- схема базирования заготовки;
- величина, направление и место приложения сил, возникающих при обработке;
- схема закрепления заготовки, то есть направления и точки приложения зажимной силы.

Рассмотрим подробнее выбор исходных данных. Типовые схемы установки уже изучены достаточно подробно. Рассмотрим силы, определяющие в отдельных случаях возможность смещения заготовки, возникновения вибраций или деформаций.

При обработке на заготовку действуют силы резания, объемные силы, а также силы второстепенного и случайного характера.

Силы резания. По величине, направлению и месту приложения силы резания являются переменными факторами. При неустановившемся режиме (врезании инструмента) сила резания возрастает от нуля до максимума и уменьшается от максимума до нуля (сход инструмента).

При установившемся режиме она также не постоянна и изменяется в определенных пределах. Амплитуда колебаний силы резания в этом случае достигает 0,1 ее номинальной величины. Точка приложения силы резания в процессе обработки непрерывно перемещается по обрабатываемой поверхности, поэтому сила резания имеет не статический, а динамический характер. При обработке прерывистых поверхностей динамичность резания еще более возрастает. С затуплением инструмента сила резания увеличивается на 10...70% и более.

Величина сил резания рассчитывается по формулам теории резания металлов или выбирается из нормативов. Но с учетом сказанного выше при расчетах зажимных сил, величину сил резания увеличивают, вводя коэффициент запаса K , гарантируя тем самым надежность закрепления заготовки.

Этот коэффициент должен учитывать возможные отклонения в условиях обработки на операции: неоднородность обрабатываемых заготовок, затупление режущего инструмента и связанное с ним увеличение сил резания, а также непостоянство условий установки и закрепления заготовок. В зависимости от конкретных условий выполнения технологической операции значение K следует выбирать

дифференцировано. Величину K можно определить как произведение первичных коэффициентов:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6;$$

где K_0 – гарантированный коэффициент запаса; для всех случаев принимается равным 1,5.

K_1 – учитывает наличие случайных неровностей на черновых поверхностях заготовок (колебание припусков). При черновой обработке $K_1=1,2$, при чистовой $K_1=1,0$.

K_2 – учитывает увеличение сил резания при затуплении инструмента. Значения K_2 для различных инструментов даны в книге Корсакова В.С. «Основы конструирования приспособлений».

K_3 – учитывает увеличение сил резания при обработке прерывистых поверхностей при работе с зазорами: $K_3=1,2$.

K_4 – характеризует постоянство зажимной силы. Для зажимов с ручным приводом $K_4=1,3$, с механизированным приводом – $K_4=1,0$, если допуск на размер заготовки не влияет на силу зажима.

K_5 – характеризует зажимные механизмы с ручным приводом. При удобном положении рукоятки зажима и малом диапазоне угла ее отклонения $K_5=1,0$; при большом диапазоне угла отклонения рукоятки (более 90°) или неудобном расположении рукояток $K_5=1,2$.

K_6 – принимается в расчет только при наличии в наладке моментов, стремящихся повернуть заготовку, и характеризует влияние макронеровностей базовой поверхности. Если заготовка установлена базовой плоскостью на опоры с ограниченной поверхностью контакта (штыри, пластинки) $K_6=1,0$. Если на планки или другие элементы с большой поверхностью контакта (опоры-шайбы), то величины $K_6=1,5$.

В целом коэффициент K может колебаться в пределах от 1,5 до 2,5.

Объемные, силы тяжести заготовки, центробежные и инерционные силы – возникают при определенных условиях обработки. Сила тяжести

заготовки действует и учитывается при установке на вертикальные и наклонно расположенные элементы.

Центробежные силы возникают в процессе обработки при смещении центра тяжести заготовки относительно ее оси вращения. Величина действующих на заготовку центробежных сил и моментов (при динамическом дисбалансе) сопоставима с силами резания при чистовой обработке.

Инерционные силы (моменты) возникают и имеют значение тогда, когда заготовка совершает возвратно-поступательное движение или вращается с большими угловыми ускорениями.

Кроме этого в ряде случаев возникают второстепенные силы, такие как трение в центрах, трение при выводе сверла и др., которые в большинстве случаев не учитываются ввиду незначительности их величины.

4.2.2 Порядок расчета силы зажима

Расчет сил зажима рекомендуется проводить в следующем порядке:

1 Вычислить силы и моменты резания, силу тяжести заготовки, инерционные силы, действующие в процессе обработки.

2 Составить расчетную схему действующих на заготовку сил. Для этого:

2.1 Изобразить заготовку с опорными точками (при необходимости в нескольких проекциях).

2.2 Изобразить (нанести на схему) все активные силы, действующие на заготовку (силы резания, инерции, тяжести и зажима). При этом силы тяжести и силы инерции следует учитывать в том случае, когда их величины составляют более 10% от сил резания.

2.3 Условно отбросить опоры и заменить их действие реакциями связей, которые должны быть направлены по нормали к поверхности заготовки.

2.4 Изобразить силы трения, которые определяются как $F_{\text{тр}}=f \cdot R$ или $F_{\text{тр}}=f \cdot W$ (где R – реакция опоры, W – сила зажима, f – коэффициент трения скольжения).

Их направление противоположно возможному смещению заготовки по опорам. В общем случае силу трения следует раскладывать на составляющие по координатным осям.

2.5 Убедиться, что данная задача является статически определенной, то есть число алгебраических неизвестных (сил реакции опор и сил зажима) – не более шести.

2.6 Выбрать систему осей декартовых координат так, чтобы наибольшее возможное число сил было параллельно или перпендикулярно этим осям (что уменьшит число составляемых уравнений для проекций сил) и чтобы линии действия неизвестных сил пересекали эти оси.

2.7 Расчетную схему сил следует составить для наиболее неблагоприятного варианта местоположения режущего инструмента по длине обрабатываемой поверхности, при котором для удержания заготовки от перемещения и поворота под действием силы резания требуется приложить наибольшее зажимное усилие.

3 Составить систему уравнений статики, то есть уравнения сил и моментов из условия равновесия заготовки (количество уравнений должно быть равно количеству неизвестных в расчетной схеме).

4 Определить величину силы зажима W , решая данную систему уравнений сил и моментов. Типовые схемы расчета W приведены в справочниках.

5 Полученное значение зажимного усилия W увеличить, умножая его на коэффициент запаса:

$$K = K_0 \cdot \prod_{i=1}^6 K_i .$$

4.2.3 Выбор направления зажимной силы

Для удовлетворения требований к зажимным элементам большое значение имеет выбор направления зажимной силы. Величина зажимной силы в значительной степени зависит от ее направления.

При выборе направления зажимной силы необходимо придерживаться следующих правил:

1) Зажимная сила должна быть направлена перпендикулярно поверхности установочных элементов, чтобы к ним прижать установочную базу.

2) При установке на несколько базовых поверхностей сила зажима должна быть направлена на тот установочный элемент, с которым заготовка имеет наибольшую площадь контакта.

3) Направление силы зажима должно совпадать с направлением веса заготовки; это облегчает работу зажимного устройства.

4) Направление силы зажима должно совпадать с направлением силы резания.

На практике редко можно обработать направление силы зажима, удовлетворяющее всем правилам. В этих случаях необходимо находить оптимальные решения.

Выбору рационального направления зажимной силы способствует введение в силовую схему закрепления заготовки упора. Упоры воспринимают действующие на заготовку силы и позволяют уменьшить необходимую величину зажимной силы или изменить ее направление.

Упоры, как правило, применяются в двух случаях:

1) когда при обработке действуют большие сдвигающие силы, направление которых параллельно поверхности основных установочных элементов;

2) когда при обработке без упора заготовка не имеет поверхности, способной воспринять силу зажима.

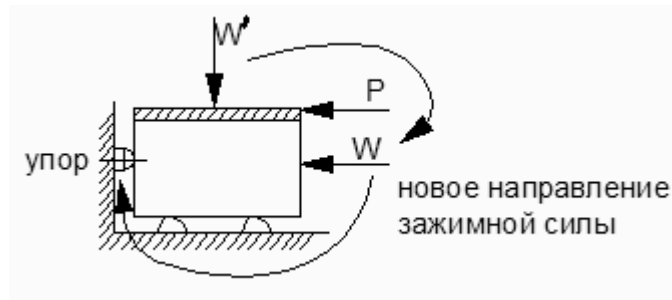


Рис. 4.58. Схема применения упора.

4.2.4 Выбор точки приложения зажимной силы

При выборе места приложения силы зажима необходимо руководствоваться следующими правилами:

1) Сила зажима не должна опрокидывать или сдвигать заготовку по установочным элементам. Для этого необходимо, чтобы точка приложения зажимной силы:

а) проектировалась на установочный элемент, по возможности ближе к его центру, или в многоугольник, образованный линиями, соединяющими установочные элементы (рис. 4.59,а);

б) лежала на участке поверхности заготовки, параллельной поверхности установочного элемента (рис. 4.59,б).

а)

б)



в)

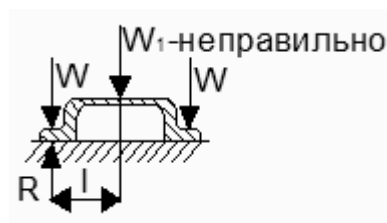


Рис. 4.59. Схемы расположения сил зажима на заготовке.

2) Сила зажима с реакциями опор не должна создавать изгибающих моментов во избежание деформаций заготовки и связанных с этим дополнительных погрешностей выполняемых размеров (рис. 4.59, в).

3) Точка приложения зажимной силы должна быть расположена ближе к месту обработки, особенно для заготовок малой жесткости.

4.2.5 Расчеты зажимной силы при различных схемах установки и закрепления

4.2.5.1 Определение зажимной силы, предупреждающей поступательное перемещение заготовки

а) Сила резания P действует параллельно опорной плоскости (рис. 4.60).

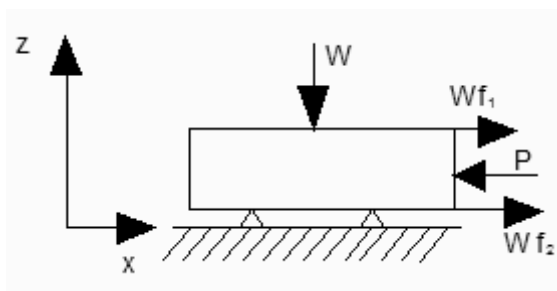


Рис. 4.60. Схема действия сил.

Весом заготовки пренебрегаем.

$$\sum F_x = 0;$$

Тогда
$$kP - f_1 W - f_2 W = 0;$$

$$W = \frac{kP}{f_1 + f_2};$$

б) Сила резания P действует под углом к опорной плоскости (рис. 4.61.).

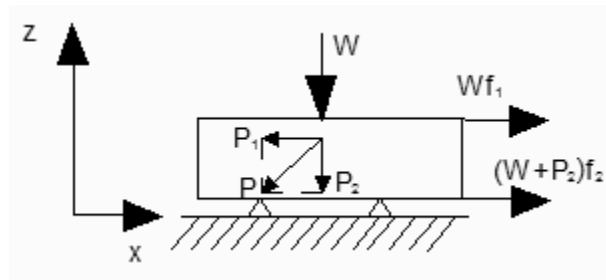


Рис. 4.61. Схема действия сил.

$$\sum F_x = 0; \quad kP_1 - f_1W - (W+P_2)f_2 = 0;$$

Отсюда

$$W = \frac{kP_1 - P_2f_2}{f_1 + f_2};$$

в) Сила резания P действует под углом от опорной плоскости (рис. 4.62).

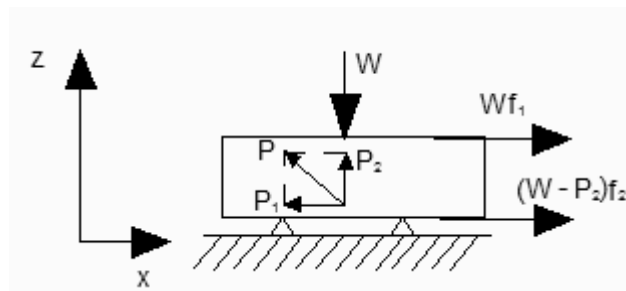


Рис. 4.62. Схема действия сил.

$$\sum F_x = 0; \quad kP_1 - f_1W - (W-P_2)f_2 = 0;$$

Отсюда

$$W = \frac{kP_1 + P_2f_2}{f_1 + f_2};$$

г) Сила резания P действует под углом от опорной поверхности при наличии упора (рис. 4.63).

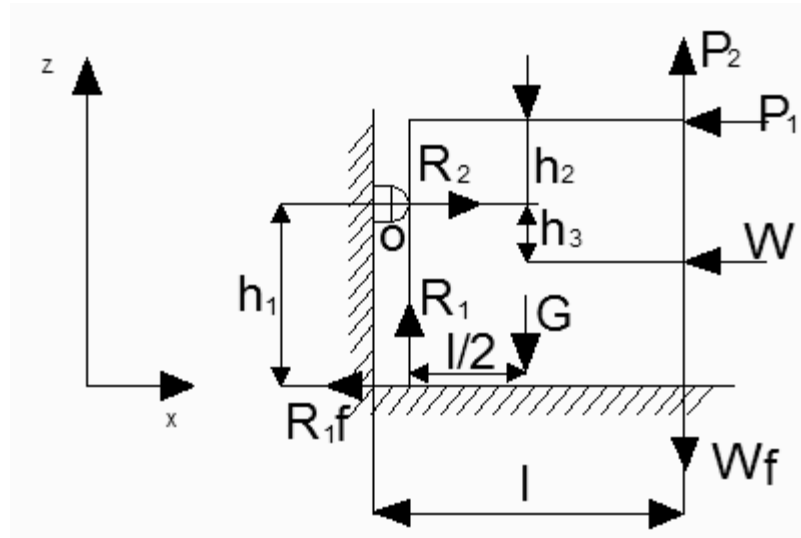


Рис. 4.63. Схема действия сил.

Считаем, что коэффициент трения заготовки об упор и основание приспособления одинаковы: $f_1=f_2=f$.

Под действием сил резания P_1 и P_2 заготовка стремится повернуться против часовой стрелки вокруг точки O . При этом возникают: реакция R_1 , сила трения $f \cdot R_1$, сила трения $f \cdot W$. Повороту будут препятствовать моменты сил от: силы трения $f \cdot R_1$ (плечо h_1), силы трения $f \cdot W$ (плечо l) и зажимной силы W (плечо h_3).

Определим сумму проекций всех сил на вертикальную ось:

$$\sum F_z = 0; \quad R_1 + kP_1 - G - fW = 0;$$

Отсюда
$$R_1 = fW - kP_2 + G;$$

Сумма моментов относительно точки O : $\sum M_0 = 0;$

$$G \frac{l}{2} + fR_1h_1 + fWl + Wh_3 = kP_2l + kP_1h_2;$$

Подставив R_1 из первого уравнения, получим:

$$f^2Wh_1 - kfP_2h_1 + fh_1G + fWl + Wh_3 = kP_2l + kP_1h_2;$$

Тогда
$$W = \frac{k[P_2(fh_1+l)+P_1h_2]-G(fh_1+\frac{l}{2})}{f^2h_1+fl+h_3}.$$

Определение зажимной силы, предупреждающей проворачивание заготовки под действием момента резания

а) Заготовка закреплена в трехкулачковом патроне и находится под воздействием момента резания $M_{рез}$. Удерживается от проворота моментом трения между кулачками и заготовкой (рис. 4.64).

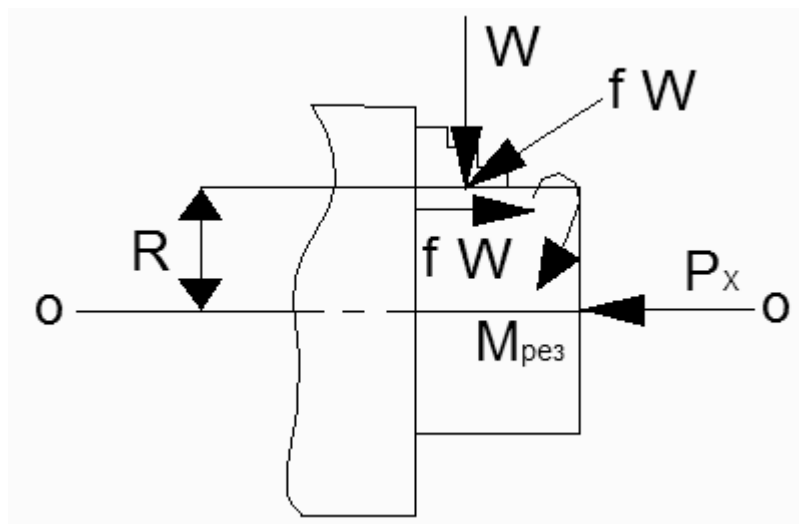


Рис. 4.64. Схема действия сил.

Условие равновесия будет: $\sum M_o=0$;

$$kM_{рез} - 3WfR = 0;$$

В общем случае:

$$W = \frac{kM_{рез}}{fRn};$$

где n – число кулачков.

Если имеется значительная осевая сила P_x и заготовка не имеет упора торцом, необходима сила трения, которая будет препятствовать осевому сдвигу заготовки.

$$Wfn \geq kP_x;$$

Тогда $W \geq \frac{kP_x}{fn}$.

Из двух рассчитанных сил зажима W выбирают большую.

б) Заготовка центрируется на пальце и прижимается к трем точечным опорам несколькими прихватами. При действии $M_{рез}$ заготовка

удерживается от проворота моментами трения на опорах и между прихватами и заготовкой (рис. 4.65).

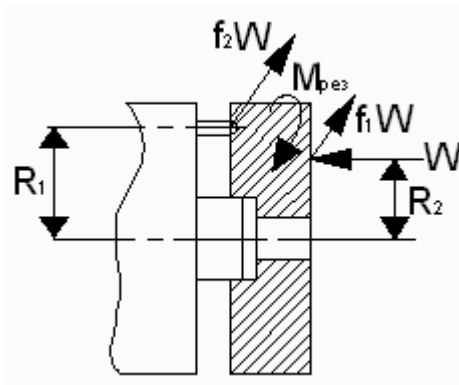


Рис. 4.65. Схема действия сил.

Считая реакции на опорах равными, условие равновесия можно записать:

$$\sum M_0 = 0;$$

$$kM_{рез} = f_1WR_2n_1 + f_2WR_1n;$$

Отсюда
$$W = \frac{kM_{рез}}{n_1f_1R_2 + f_2R_1n}.$$

в) Заготовка центрируется на оправке и удерживается от проворота моментами трения на кольцевой площадке бурта оправки и между зажимом и заготовкой (рис. 4.66).

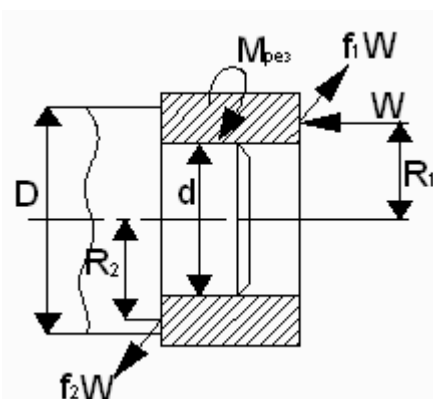


Рис. 4.66. Схема действия сил.

Условие равновесия будет (при равномерном распределении силы по кольцевой площадке):

$$kM_{рез} = f_1WR_1 + f_2WR_2;$$

где
$$R_2 = \frac{1}{3} \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2};$$

откуда:

$$W = \frac{kM_{\text{рез}}}{f_1 R_1 + \frac{1}{3} f_2 \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}}.$$

г) Заготовка закреплена в призме с углом α (рис. 4.67).

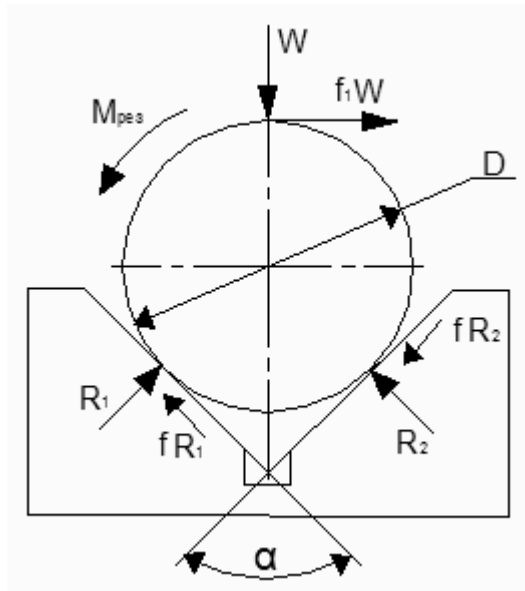


Рис. 4.67. Схема действия сил.

Если на торце заготовки нет сил трения, условие равновесия будет:

$$kM_{\text{рез}} = f_1 \frac{D}{2} R_1 + 2Rf_2 \frac{D}{2};$$

$$R_1 = R_2 = R = \frac{W}{2} \frac{1}{\sin \alpha/2};$$

Откуда:

$$W = \frac{kM_{\text{рез}}}{f_1 \frac{D}{2} + f_2 \frac{D}{2} \frac{1}{\sin \alpha/2}}.$$

При действии значительной осевой силы P_x (кроме $M_{рез}$) и отсутствии упора сила зажима должна также удовлетворять условию:

$$W \geq \frac{kP_x}{f_1 + f_2 \frac{1}{\sin \alpha/2}}.$$

**Определение силы зажима, предупреждающей смещение
заготовки под действием нескольких одновременно действующих
моментов**

Такая схема сил резания характерна для многошпиндельных агрегатных и расточных станков, при обработке отверстий мерным инструментом (рис. 4.68).

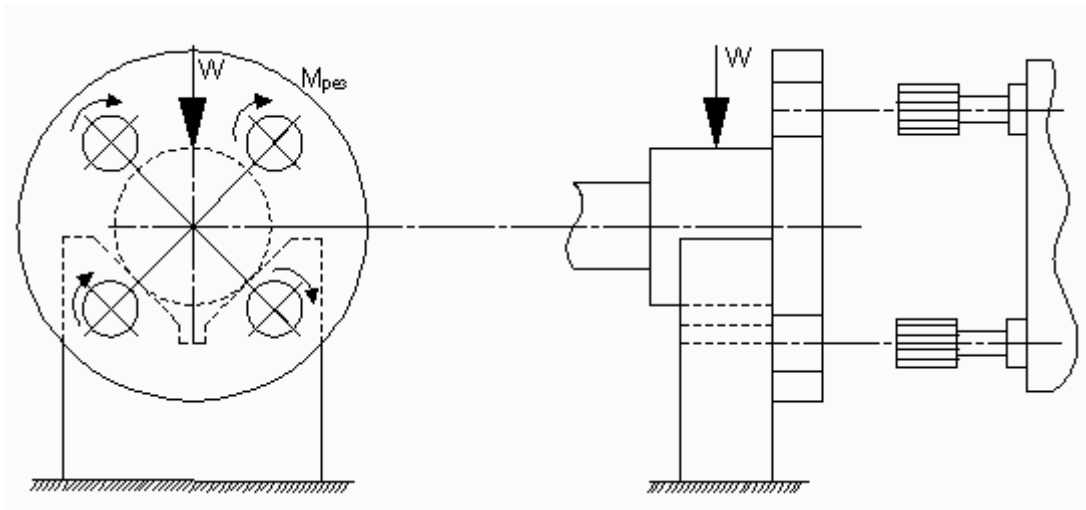


Рис. 4.68. Схема обработки отверстий на многошпиндельных станках.

При малой радиальной жесткости инструмента на заготовку действует момент, суммируемый от отдельных инструментов (рис. 4.68). Под действием этого суммарного момента $M_{рез}$ заготовка стремится повернуться вокруг той оси, где момент трения наименьший. Если заготовка крепится хвостовиком к призме, то для расчета силы зажима можно применить формулу, полученную нами для случая закрепления на рис. 4.67.

Если заготовка установлена на торец и удерживается моментом трения на торцах, то в зависимости от схемы установки, можно воспользоваться формулами для схем на рис. 4.65 или 4.66.

На рис. 4.69 показаны схемы расточки нескольких отверстий одновременно однорезцовыми скалками.

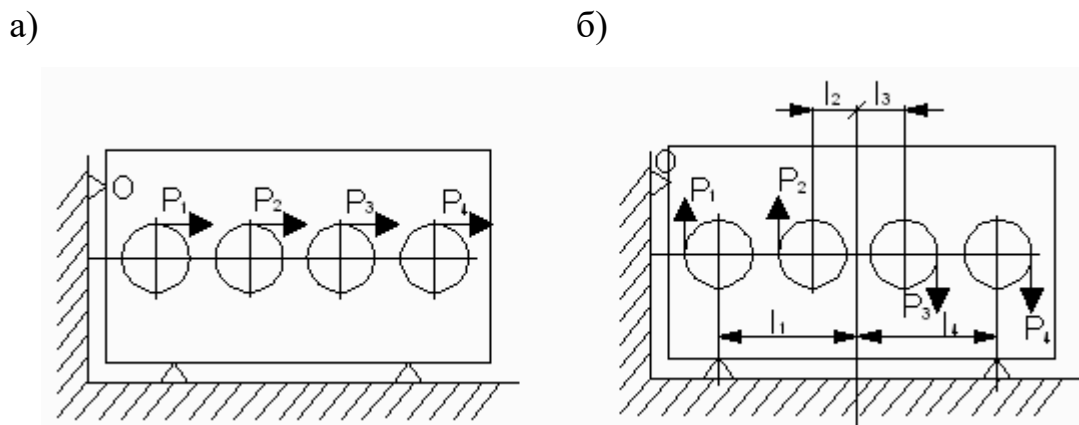


Рис. 4.69. Схемы расточки отверстий однорезцовыми скалками.

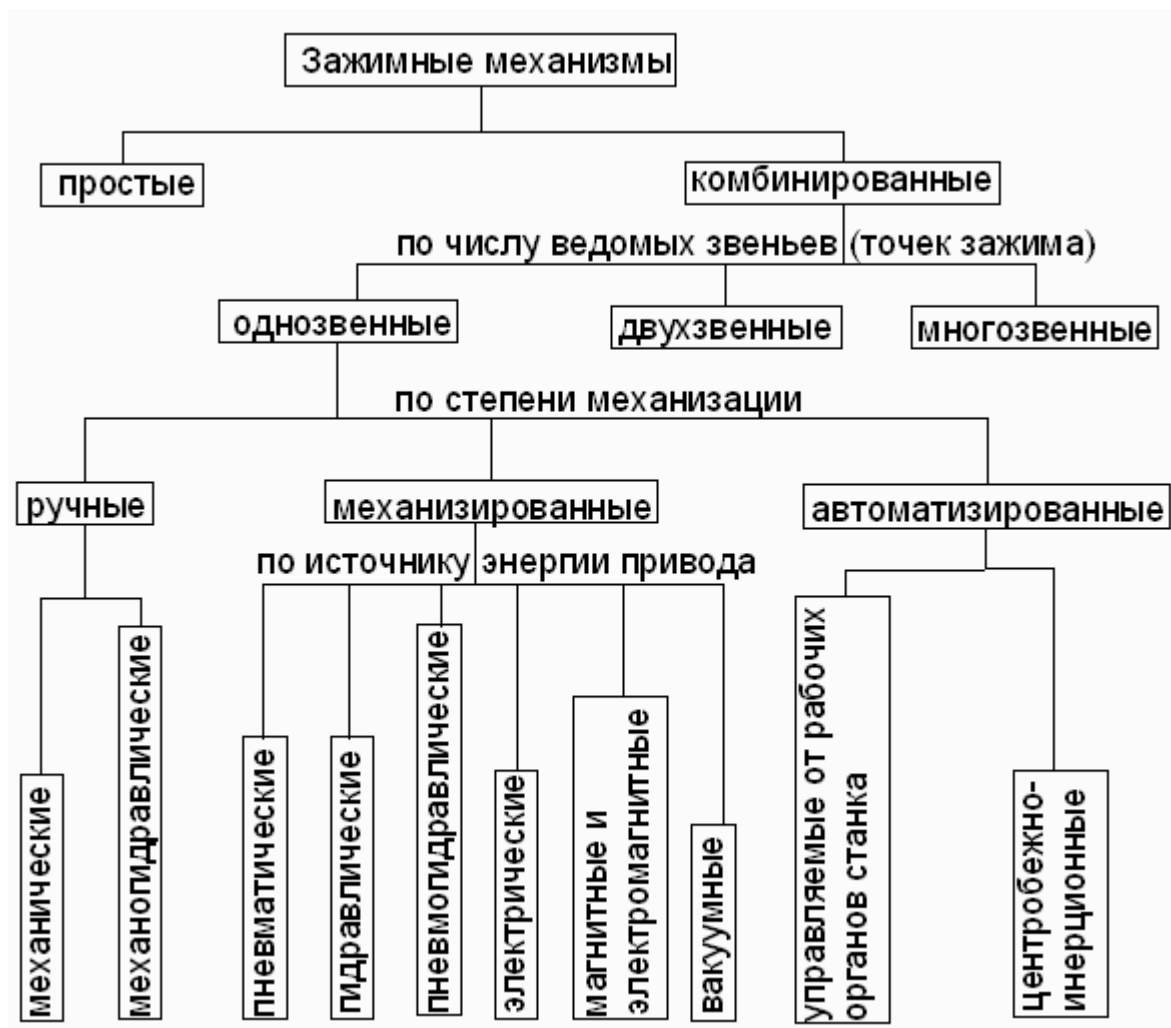
В зависимости от взаимного углового положения резцов может возникнуть максимальная сдвигающая сила $P=P_1+P_2+P_3+P_4$ (рис. 4.69, а) или максимальный суммарный момент $M=P_1l_1+P_2l_2+P_3l_3+P_4l_4$ (рис. 4.69, б). Для данной схемы установки расчет силы зажима необходимо вести по одному наиболее неблагоприятному из этих условий.

Если отверстия на рис. 4.69,а растачиваются многорезцовыми головками, суммарный крутящий момент стремится повернуть деталь вокруг точки О. В этом случае в основу расчета может быть положена схема расчета на рис. 4.64. При расчете силы зажима ориентируются на самую неблагоприятную фазу изменения сил резания. Так, при одновременной обработке детали с двух противоположных сторон на агрегатных станках, расчет сил зажима следует вести ориентируясь на действие сил и моментов резания, действующих с одной стороны. Это определяется тем, что в общем случае отдельные инструменты начинают и кончают обработку в различные моменты времени, а также тем, что при

поломке инструмента с одной стороны система СПИД должна оставаться в равновесии.

Классификация зажимных механизмов

Зажимные механизмы приспособлений делятся на простые и комбинированные, то есть состоящие из двух-трех сблокированных простых механизмов.



К простым механизмам относятся клиновые, винтовые, эксцентриковые, рычажные, рычажно-шарнирные и др. Простые механизмы принято называть зажимами.

Комбинированные механизмы обычно выполняются как винто-рычажные, эксцентрико-рычажные и т. п.

В тех случаях, когда простые или комбинированные механизмы используются в компоновках с механизированными приводами, их называют механизмами-усилителями.

По числу ведомых звеньев механизмы делятся на однозвенные, двухзвенные и многозвенные (многоточечные).

Каждый зажимной механизм имеет ведущее звено, к которому прикладывается исходная сила, и одно или несколько ведомых звеньев (прижимных планок, плунжеров, кулачков), передающих обрабатываемой детали силы зажима.

Многозвенные механизмы зажимают одну деталь в нескольких точках или несколько деталей в многоместном приспособлении одновременно и с равными силами.

Особую группу многозвенных механизмов составляют самоцентрирующие патроны и оправки.

Простые зажимные механизмы

При конструировании приспособления всегда возникает задача по найденной силе зажима W установить тип и основные размеры зажимного устройства и определить силу, развиваемую приводом. Для любого зажимного механизма можно записать уравнение сил:

$$W=Q \cdot i;$$

где W – сила, развиваемая на ведомом звене (сила зажима);

Q – исходная сила, получаемая зажимным механизмом от силового привода (прикладываемая к ведущему звену механизма).

i – передаточное отношение сил, характеризующее конструктивные параметры механизма.

Рассмотрим основные конструктивные разновидности простых зажимных механизмов и методику определения сил зажима для каждого из них.

Винтовые механизмы

Винтовые механизмы имеют самое широкое распространение и применяются в приспособлениях с ручным закреплением заготовок, с механизированным приводом, а также на автоматических линиях при использовании приспособлений-спутников.

Достоинствами их является простота конструкции, невысокая стоимость и высокая надежность в работе.

Однако простейший зажим в виде индивидуального винта, действующего на деталь непосредственно, применять не рекомендуется, так как в месте его действия деталь деформируется и, кроме того, под влиянием момента трения, возникающего на торце винта, может быть нарушено положение обрабатываемой детали в приспособлении относительно инструмента.

Правильно сконструированный простейший винтовой зажим, кроме винта должен состоять из направляющей резьбовой втулки со стопором, предотвращающим произвольное ее вывинчивание, наконечника и гайки с рукояткой или головкой (рис. 4.70).

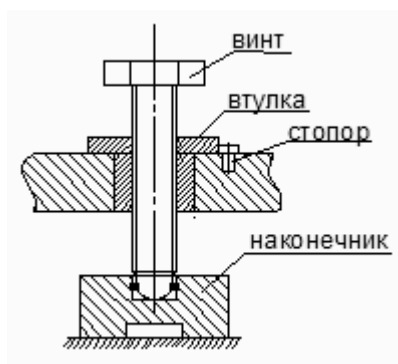


Рис. 4.70. Винтовой механизм.

Наконечник предназначен для увеличения поверхности соприкосновения зажима с обрабатываемой деталью, в результате чего значительно уменьшается давление на деталь, а следовательно, и деформация смятия детали. Кроме того, наконечник, перемещаясь только поступательно, почти исключает возникновение момента трения в месте

соприкосновения с деталью и тем самым не нарушает положение детали, определившееся установочными элементами.

Винтовые механизмы используются как для непосредственного зажима, так и в сочетании с другими механизмами. Непосредственный зажим осуществляется либо винтом при неподвижной резьбовой втулке (рис. 4.71,а), либо гайкой при неподвижной шпильке (рис. 4.71,б).

а)

б)

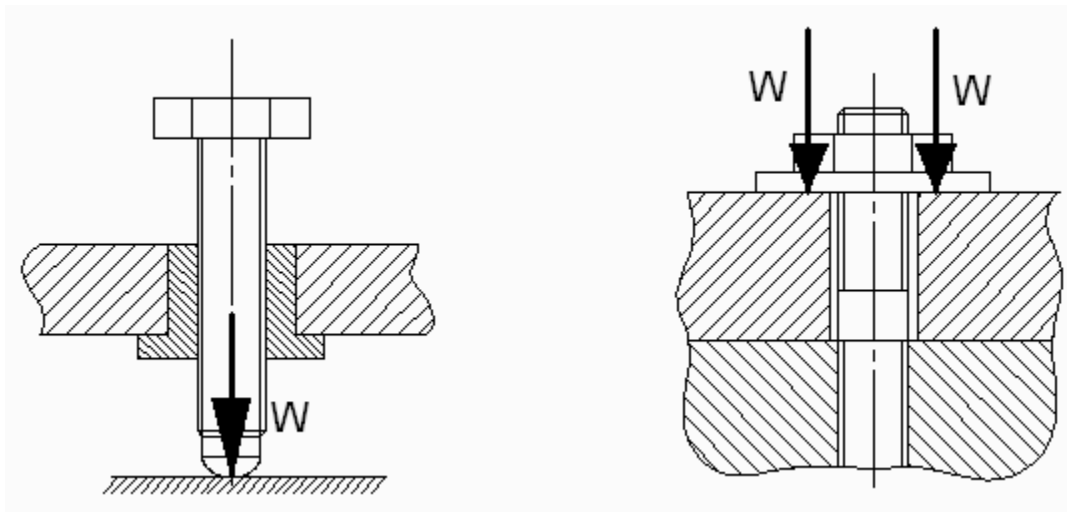


Рис. 4.71. Схема закрепления винтом (а) и гайкой (б).

Номинальный диаметр винта определяется по формуле:

$$d = C \sqrt{\frac{W}{\sigma}}; \text{ (мм)}$$

где $C=1,4$ – коэффициент для основной метрической резьбы.

W – сила зажима закрепления заготовки, Н.

ζ – напряжение растяжения (сжатия).

Для винтов из стали 45 с учетом износа резьбы $\zeta=80\dots100$ МПа.

Диаметр округляют до ближайшего большего значения. В приспособлениях применяют метрическую резьбу от М8 до М42.

Определение силы зажима, развиваемой с помощью винтовых механизмов

1) Зажим осуществляется гайкой.

В этом случае при завинчивании гайки момент силы, приложенной к гаечному ключу (или к рукоятке головки), расходуется на преодоление момента $M_{\text{тр1}}$ силы трения в резьбовом соединении гайки с винтом и момента $M_{\text{тр2}}$ силы трения на опорной поверхности гайки.

Момент завинчивания гайки определяется по формуле:

$$M=Q \cdot l;$$

где Q – сила, приложенная к гаечному ключу;

l – расчетная длина ключа (рукоятки).

Момент силы трения в резьбовом соединении определится из выражения:

$$M_{\text{тр1}} = W \frac{d_{\text{ср}}}{2} \operatorname{tg}(\omega + \varphi_1);$$

где W – сила зажима.

$d_{\text{ср}}=d_2$ – средний диаметр резьбы.

ω - угол подъема винтовой линии резьбы (ω для М8...М42 меняется от $3^{\circ}10'$ до $3^{\circ}57'$).

$\varphi_1 = \operatorname{arctg} \frac{f}{\cos \alpha}$ – приведенный угол трения в резьбе (f – коэффициент трения, α – угол профиля резьбы).

Момент силы трения на опорной поверхности гайка:

$$M_{\text{тр2}} = W \frac{f_1 D^3 - D_0^3}{3 D^2 - D_0^2},$$

где f_1 – коэффициент трения на опорной поверхности гайки (можно принять $f_1=f$);

D – наибольший диаметр опорной поверхности гайки;

D_0 – диаметр отверстия для болта в шайбе.

Из условия равновесия затянутой системы деталей можно записать, что:

$$M=M_{\text{тр1}}+M_{\text{тр2}};$$

или, подставляя значения

$$Ql = W \left[\frac{d_2}{2} \operatorname{tg}(\omega + \varphi_1) + \frac{f_1 D^3 - D_0^3}{3 D^2 - D_0^2} \right];$$

отсюда

$$W = \frac{Ql}{\frac{d_2}{2} \operatorname{tg}(\omega + \varphi_1) + \frac{f_1 D^3 - D_0^3}{3 D^2 - D_0^2}}.$$

2). Зажим осуществляется торцевой частью винта.

В этом случае величина силы зажима зависит от формы торца винта и от формы поверхности, на которую опирается винт (рис. 4.72).

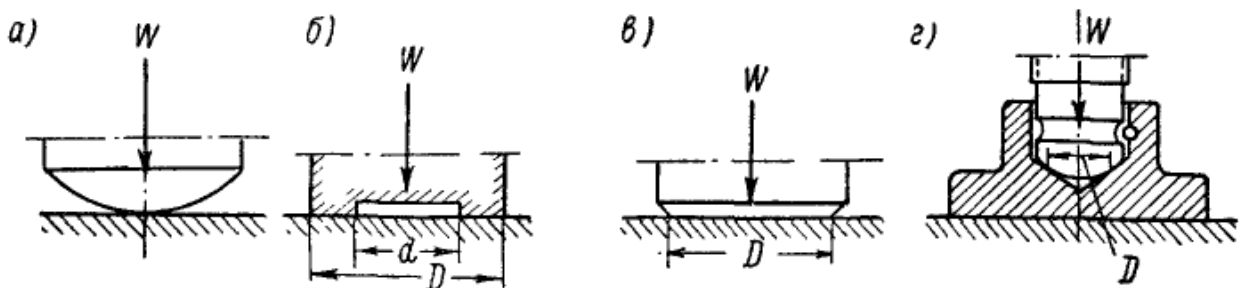


Рис. 4.72. Зажим винтом с различной формой торца.

Для винтов со сферической пятой (рис. 4.72,а):

$M_{\text{тр}2}=0$; и сила зажима определяется по формуле:

$$W = \frac{2 Ql}{d_2 \operatorname{tg}(\omega + \varphi_1)}.$$

Для винтов с кольцевой пятой (рис. 4.72,б) сила зажима определяется также как для зажима гайкой.

Для винтов с плоской пятой (рис. 4.72,в) момент трения $M_{\text{тр}2}$ рассчитывается по формуле:

$$M_{\text{тр}} = \frac{1}{3} W f D;$$

а сила зажима будет равна:

$$W = \frac{Ql}{\frac{d_2}{2} \operatorname{tg}(\omega + \varphi_1) + f \frac{D}{3}}.$$

Для винтов с неподвижным наконечником и сферической пятой (рис. 4.72,г) момент трения равен:

$$M_{\text{тр}2} = Wf \frac{D}{2} \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2}.$$

Тогда сила зажима будет

$$W = \frac{2 Ql}{d_2 \operatorname{tg}(\omega + \varphi_1) + Df \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2}}.$$

При проектировании зажимных винтов с плоской или кольцевой пятой целесообразно проверить их торцы по напряжениям смятия, пользуясь формулой:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{W}{F_{\text{см}}} \leq [\sigma_{\text{см}}];$$

$$\text{а) } F_{\text{см}} = \frac{\pi D^2}{4};$$

$$\text{б) } F_{\text{см}} = \frac{\pi(D^2 - D_0^2)}{4}.$$

Торцы винтов со сферической пятой необходимо проверить по контактному напряжению, пользуясь формулой:

$$\sigma_{\text{кн}} = 0,418 \sqrt{q \frac{E_{\text{пр}}}{\rho_{\text{пр}}}} \leq [\sigma_{\text{кн}}];$$

где q – нагрузка, равная отношению силы W к длине линии контакта (для винтов типа г) $\rightarrow q = \frac{W}{\pi D}$; типа а) $\rightarrow q = W$);

$E_{\text{пр}} = \frac{2E_1E_2}{E_1+E_2}$ – приведенный модуль упругости материалов контактируемых деталей;

$\rho_{\text{пр}} = \frac{2\rho_1\rho_2}{\rho_1+\rho_2}$ – приведенный радиус кривизны контактируемых поверхностей деталей в месте их контакта.

$[\sigma_{\text{см}}]$ – допускаемое контактное напряжение. Оно выбирается в зависимости от предела текучести $\zeta_{\text{т}}$ материала менее прочной из контактирующих деталей.

С учетом сказанного имеем:

$$\text{для винтов типа а): } \sigma_{\text{кн}} = 0,418 \sqrt{\frac{W \cdot 2,2 \cdot 10^6}{r^2}} \approx 620 \sqrt{\frac{W}{r^2}};$$

$$\text{для винтов типа Г): } \sigma_{\text{кн}} = 0,418 \sqrt{\frac{W \cdot 2,2 \cdot 10^6}{\pi D r}} \approx \frac{248}{r} \sqrt{\frac{W}{\sin \frac{\beta}{2}}}$$

При грубо приближенных расчетах для определения силы зажима при нормальной длине ключей ($l=14d$, где l – длина ключа, d – номинальный диаметр резьбы) можно пользоваться формулами:

- при зажиме винтами со сферической пятой $W \approx 140Q$;
- при зажиме гайками $W=65Q$.

Большинство деталей винтовых механизмов приспособлений стандартизованы.

Материал нажимных винтов – сталь 45. Твердость HRC 33...38, метрическая или трапецеидальная резьба.

Материал гаек – сталь 45 (HRC 30...35) или сталь 40X (HRC 33...38).

Клиновые механизмы

Клин очень широко применяется в зажимных механизмах приспособлений. Это объясняется тем, что с помощью клина достигается:

- а) увеличение исходной силы, развиваемой силовым приводом;
- б) перемена направления действия исходной силы;
- в) повышение надежности работы зажимных механизмов при использовании самоцентрирующихся клиньев.

Если клиновой механизм применяется для перемены направления силы зажима, то угол клина обычно 45° , а если для увеличения силы зажима или повышения надежности, то угол клина принимается $6...15^{\circ}$ (угла самоторможения).

В зажимных механизмах приспособлений клин применяется в следующих конструктивных вариантах:

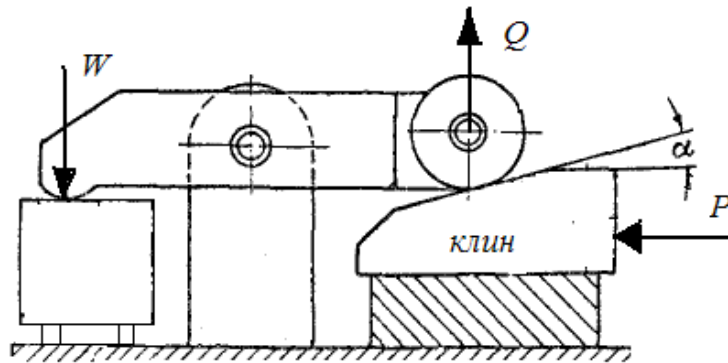
- 1) Плоский односкосый (рис. 4.73, а).
- 2) Двускосый клин или круглый – зажимает одновременно по две заготовки (рис. 4.73, б).

3) Криволинейный клин в форме эксцентрика или плоского кулачка (рис. 4.73, в). В этих конструкциях основание односкосного клина как бы наведено на окружность диска, а наклонная его плоскость превращена в криволинейную поверхность.

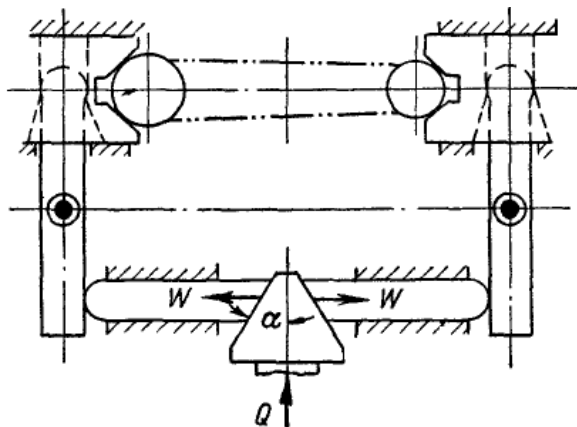
4) Винтовой клин в форме торцового кулачка (рис. 4.73, г).

Здесь односкосный клин как бы свернут в цилиндр. При этом основание клина образует опору, а наклонная плоскость – винтовой профиль кулачка.

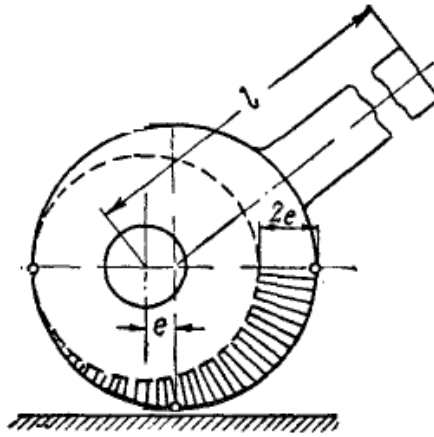
а)



б)



в)



г)

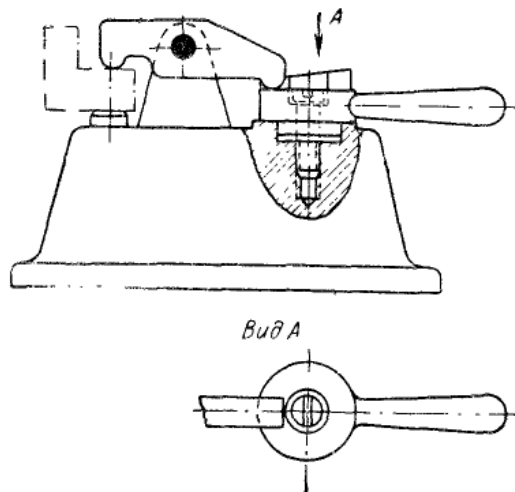


Рис. 4.73. Конструктивные варианты клиньев.

Расчет сил зажима в клиновых механизмах

1. Плоский односкосый клин.

Клин 1 силой привода заталкивается в клиновой паз корпуса 2 и зажимает заготовку 3 (рис. 4.74).

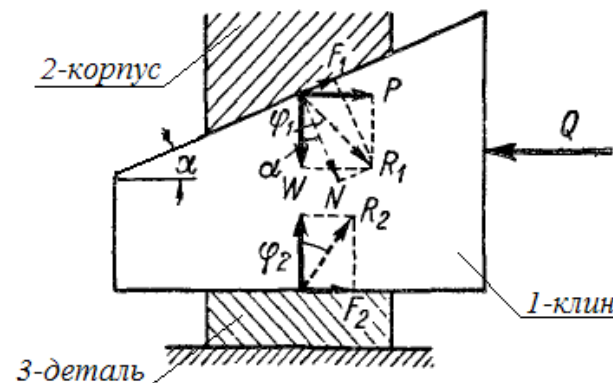


Рис. 4.74. Плоский односкосый клин.

При движении клина на его плоскостях возникают нормальные силы W и N и силы трения F_1 и F_2 , причем

$$F_1 = N \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 = N \cdot f_1;$$

$$F_2 = N \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 = N \cdot f_2;$$

где θ_1 и θ_2 – углы трения;

f_1 и f_2 – коэффициенты трения.

Рассмотрим равновесие клина под действием всех приложенных к нему сил. Для этого равнодействующую R_1 сил N и F_1 разложим на две силы W и P . Так как в зажатом состоянии клин находится в равновесии, то вертикальная составляющая по величине равна W . Горизонтальная составляющая P равна:

$$P = W \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \theta_1).$$

Сумма проекций всех сил на направление силы Q равна нулю:

$$P + F_2 - Q = 0;$$

или
$$W \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \theta_1) + W \cdot \operatorname{tg} \theta_2 = Q.$$

Откуда

$$W = \frac{Q}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2};$$

В этой формуле дробь $i = \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2}$ – передаточное отношение плоского односкосного клина с трением на обеих поверхностях.

Если применять клин с трением только по наклонной поверхности (цанга), то $\operatorname{tg} \theta_2 = 0$ и

$$W = \frac{Q}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1)}.$$

Существенным недостатком рассмотренного механизма является низкий КПД, то есть большие потери на трение, которые резко увеличиваются с уменьшением угла клина.

Для повышения КПД клинового механизма заменяют трение скольжения по поверхностям клина трением качения, применяя опорные ролики (рис. 4.75).

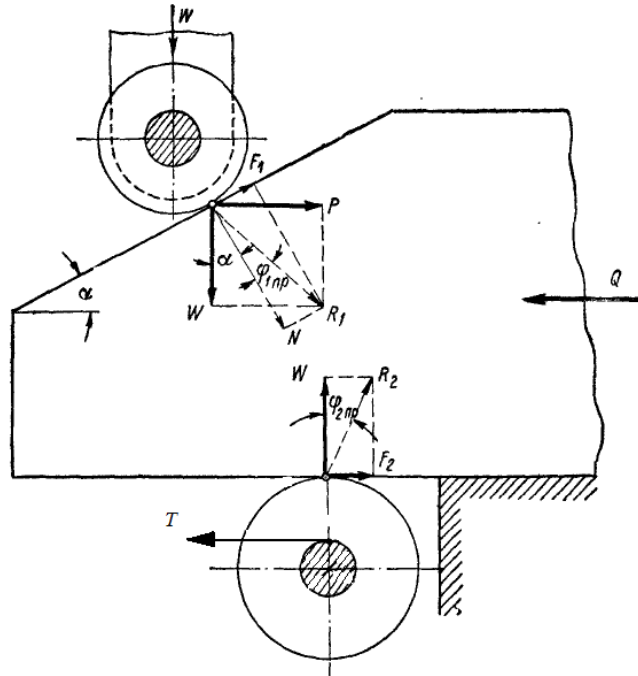


Рис. 4.75. Схема действующих сил в клиновом механизме с роликами.

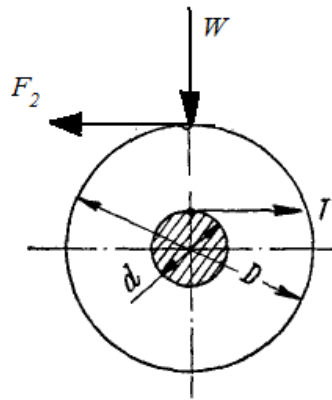


Рис. 4.76. Схема сил, действующих на ролик.

Схема действующих сил принципиально ничем не отличается от механизма с плоским односкосым клином без роликов, поэтому для расчета этого механизма вполне можно применить предыдущую формулу, заменив углы трения скольжения θ_1 и θ_2 на углы трения качения $\theta_{1пр}$ и $\theta_{2пр}$:

$$W = \frac{Q}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{1пр}) + \operatorname{tg} \varphi_{2пр}}.$$

Значения $\theta_{1\text{пр}}$ и $\theta_{2\text{пр}}$ можно определить, рассмотрев в отдельности равновесие роликов.

Рассмотрим равновесие нижнего ролика, приравняв нулю сумму моментов всех сил относительно оси ролика (рис. 4.76):

$$F_2 \frac{D}{2} - T \frac{d}{2} = 0;$$

где T – сила трения скольжения между роликом и осью:

$$T = W \cdot \text{tg}\theta_2;$$

D – диаметр ролика;

d – диаметр цапфы (оси) ролика.

$F_2 = W \cdot \text{tg}\theta_{2\text{пр}}$ – сила трения качения между роликом и клином.

Откуда

$$W \cdot \text{tg}\varphi_{2\text{пр}} \cdot \frac{D}{2} - W \cdot \text{tg}\varphi_2 \cdot \frac{d}{2} = 0;$$

или

$$\text{tg}\varphi_{2\text{пр}} \cdot \frac{D}{2} = \text{tg}\varphi_2 \cdot \frac{d}{2}$$

Приведенный угол трения

$$\varphi_{2\text{пр}} = \text{arctg} \frac{d}{D} \text{tg}\varphi_2.$$

Соответственно для верхнего ролика:

$$\varphi_{1\text{пр}} = \text{arctg} \frac{d}{D} \text{tg}\varphi_1.$$

В конструкциях с роликами потери на трение снижаются, а сила возрастает на 30...50% по сравнению с клином без роликов.

Клиноплунжерные механизмы

Они бывают с одним, двумя или большим числом плунжеров. Одно- и двухплунжерные механизмы применяют как зажимные; многоплунжерные используют как самоцентрирующие механизмы.

Расчет силы зажима в одноплунжерных механизмах.

Существуют две основные принципиальные схемы одноплунжерных механизмов:

- а) с консольным плунжером (рис. 4.77,а);
- б) с двухпорным плунжером (рис. 4.78,а).

Для получения расчетных формул рассмотрим равновесие клина и плунжера каждого механизма в отдельности.

В конструкции а) клин представляет собой плоский односкосый клин, формула для его расчета получена ранее

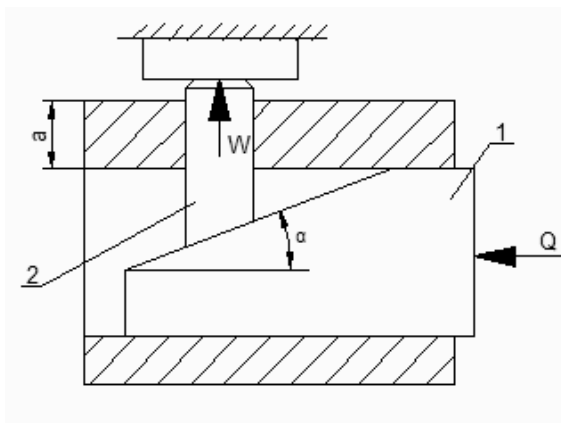
$$W^* = Q \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2}; \quad (1)$$

$$P = W^* \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \quad (2)$$

Рассмотрим равновесие плунжера 2 (рис. 4.77,б).

Консольный плунжер под действием силы P перекашивается в пределах зазора в направляющих. В результате давление плунжера на направляющие распределяется по закону треугольника. Равнодействующие этих давлений N удалены от вершины прямого угла на $1/3$ катета, то есть расстояние между силами N равно $2/3a$.

а)



б)

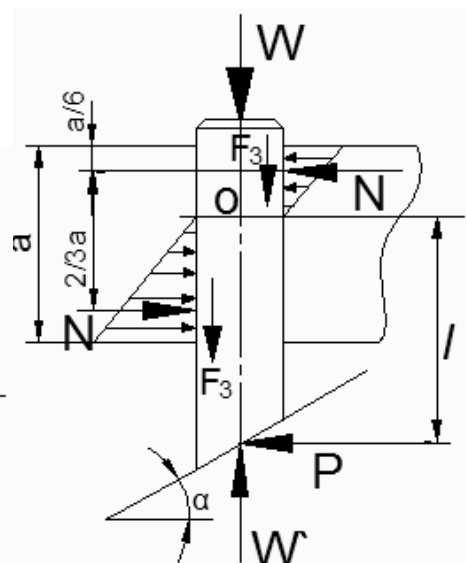


Рис. 4.77. Схема клиноплунжерного механизма с консольным плунжером.

При условии равновесия плунжера сумма моментов сил P и N относительно точки O равна 0:

$$Pl - N \frac{2}{3} a = 0; \quad (3)$$

Откуда

$$N = P \frac{3l}{2a} = W \frac{3l}{2a} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1). \quad (4)$$

Для зажима заготовки плунжер перемещается вверх, при этом силы N вызывают силы трения F_3 , которые препятствуют перемещению плунжера:

$$F_3 = N \cdot \operatorname{tg} \theta_3;$$

Подставив сюда N из (4), имеем:

$$F_3 = W \frac{3l}{2a} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \operatorname{tg} \varphi_3; \quad (5)$$

Возьмем сумму проекций всех сил на вертикальную ось:

$$-W - 2F_3 + W^* = 0; \quad (6)$$

и подставим сюда значение F_3

$$-W - W \frac{3l}{a} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \operatorname{tg} \varphi_3 + W^* = 0;$$

откуда

$$W^* = W \frac{1}{1 - \frac{3l}{a} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \operatorname{tg} \varphi_3}; \quad (7)$$

Приравняем между собой выражения для W^* из уравнений (1) и (7)

$$\frac{Q}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2} = \frac{W}{1 - \frac{3l}{a} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \operatorname{tg} \varphi_3};$$

откуда

$$W = Q \frac{1 - \frac{3l}{a} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \operatorname{tg} \varphi_3}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2}. \quad (8)$$

а)

б)

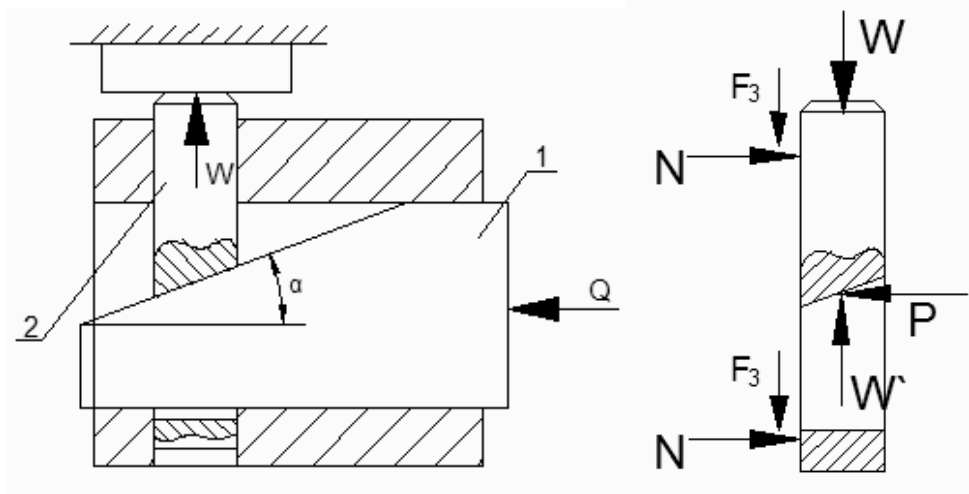


Рис. 4.78. Схема клиноплунжерного механизма с двухпорным плунжером.

При применении двухпорного плунжера плунжер под действием силы P не перекашивается, а прижимается к одной стороне направляющих (рис. 4.78,б). При его перемещении будет возникать сила трения $F_3 = N \cdot \operatorname{tg} \theta_3$ и условия равновесия плунжера можно записать:

$$\begin{aligned} -W + W' - 2F_3 &= 0; \\ -W + W' - P \cdot \operatorname{tg} \theta_3 &= 0; \end{aligned} \quad (9)$$

Подставив P из (2), имеем:

$$-W + W' - W' \operatorname{tg}(\alpha + \theta_1) \cdot \operatorname{tg} \theta_3 = 0 \quad (10)$$

откуда:

$$W' = \frac{W}{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \operatorname{tg} \varphi_3}; \quad (11)$$

Приравнивая выражения (1) и (11), получим:

$$W = Q \frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \operatorname{tg} \varphi_3}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2}. \quad (12)$$

В формулах (8) и (12) дроби в правой части представляют собой передаточные отношения i рассматриваемых механизмов.

Для уменьшения потерь на трение клиноплунжерные механизмы, также как и механизмы с односкосым клином, выполняются с роликами (одним или двумя), что приводит к замене трения скольжения трением качения.

Эксцентрикoвые зажимы

Они являются самыми быстродействующими из всех ручных зажимных механизмов. По быстродействию они сравнимы с пневмозажимами. Эксцентрики работают по принципу клина.

Применяются две конструктивных разновидности эксцентриков – круговые и криволинейные. Круговые эксцентрики представляют собой диск или валик со смещённой осью вращения. Они получили наибольшее распространение, так как просты в изготовлении. У криволинейных эксцентриков профиль очерчен по архимедовой или логарифмической спирали.

Эксцентрики рекомендуются изготавливать из стали 20Х с цементацией рабочей поверхности на глубину 0,8...1,2 мм и закалкой HRC 55...60.

Недостатки эксцентрикoвых зажимов:

- Малая величина рабочего хода, ограниченная величиной эксцентриситета.
- Непостоянство силы зажима в партии заготовок при закреплении круговым эксцентриком.
- Повышенная утомляемость рабочего, обусловленная свойством.
- Неприменимость при наличии ударной работы или работе с вибрациями из-за опасности самооткрепления.

Несмотря на эти недостатки, эксцентрикoвые зажимы широко применяются в приспособлениях, особенно для мелкосерийного и серийного производства. Это объясняется простотой конструкции, невысокой стоимостью изготовления и высокой их производительностью.

Непостоянство силы зажима кругового эксцентрика связано с неравномерностью угла подъёма криволинейного клина. Круговой эксцентрик удовлетворительно зажимает заготовку при рабочих углах

поворота $\beta=30\dots130^\circ$. Даже при таких углах поворота сила зажима колеблется по величине на 20...25%.

Практикой установлено, что хорошо работают эксцентрики, у которых $R/e \geq 7$. Они обеспечивают достаточный ход при угле поворота β в пределах 135° и обеспечивают самоторможение эксцентрика.

Криволинейные эксцентрики обеспечивают постоянство силы зажима, так как угол подъема у них постоянный. Но эти эксцентрики сложны в изготовлении и поэтому применение их ограничено.

Расчёт силы зажима

Силу зажима круговым эксцентриком с достаточной для практических расчётов точностью можно определить, заменив действие эксцентрика действием плоского односкосого клина с углом α в зазоре между цапфой и поверхностью заготовки. Схема такой замены и сил, действующих на эксцентрик и фиктивный клин, приведены на рис 4.79.

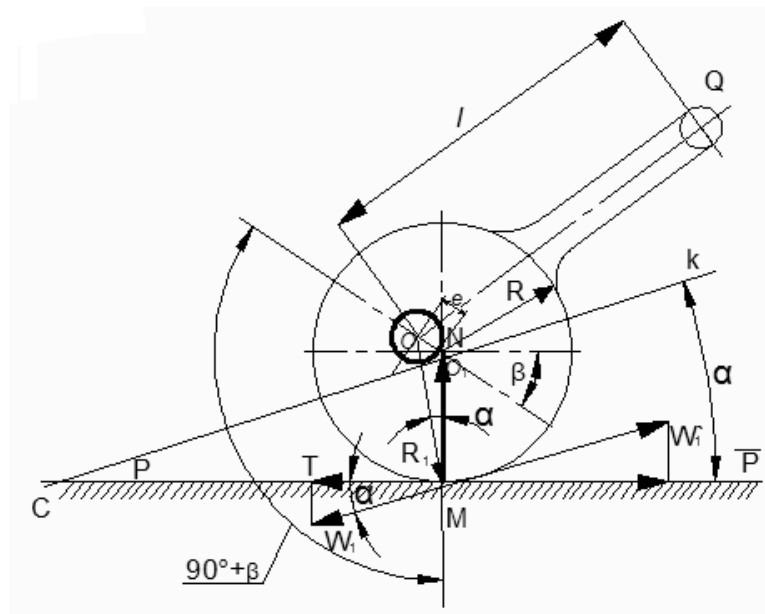


Рис. 4.79. Схема.

На схеме сила W_1 - сила, действующая на плоскость зажима PP под углом α . Вдоль плоскости зажима действует сила $T=W_1 \cdot \cos \alpha$. Эту силу можно рассматривать как внешнюю, действующую на клин KCP с углом α .

Используя формулу для расчёта плоского односкосого клина, можно записать:

$$W = \frac{T}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2} = \frac{W_1 \cos \alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2}; \quad (1)$$

Силу W_1 можно определить, рассмотрев равновесие эксцентрика:

$$Ql - W_1 R_1 = 0;$$

Так как $|W_1| = |W|$, то $W_1 = \frac{Ql}{R_1}$.

Подставим значение W_1 в формулу (1) и опустим $\cos \alpha$ как величину близкую к единице при малых углах α :

$$W = Q \frac{l}{R_1 [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2]}; \quad (2)$$

где R_1 и α – переменные величины.

Для пользования этой формулой необходимо определить угол α и радиус R_1 . Рассмотрим прямоугольный треугольник MNO :

$$\frac{ON}{MN} = \operatorname{tg} \alpha;$$

$$ON = e \cdot \cos \beta,$$

где e – эксцентриситет;

β – характеризует угол поворота эксцентрика ($\beta + 90^\circ$).

Откуда
$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{e \cdot \cos \beta}{R + e \cdot \sin \beta};$$

так как
$$MN = O_1N + O_1M = e \cdot \sin \beta + R;$$

$$R_1 = OM = \frac{MN}{\cos \alpha} = \frac{R + e \cdot \sin \beta}{\cos \alpha}.$$

Таким образом, и угол α , и радиус R_1 зависят от угла поворота эксцентрика.

Расчет основных размеров кругового эксцентрика

Исходными данными для расчета являются:

R – радиус эксцентрика.

e – эксцентриситет.

B – ширина рабочей части.

r – радиус цапфы.

δ – допуск на размер заготовки от ее установочной базы до места приложения сил закрепления, мм.

β – угол поворота эксцентрика от нулевого (начального) положения.

W – сила закрепления заготовки, Н.

Если угол поворота эксцентрика не ограничен, то

$$2e = S_1 + \delta + S_2 + \frac{W}{I};$$

где S_1 – зазор для свободного ввода заготовки под эксцентрик;

S_2 – запас хода эксцентрика, предохраняющий его от перехода через мертвую точку (учитывает износ эксцентрика);

I – жесткость зажимного устройства, Н/мм.

Последний член формулы характеризует увеличение расстояния между эксцентриком и заготовкой в результате упругой деформации зажимной системы.

При $S_1=0,2\dots0,4$ мм и $S_2=0,4\dots0,6$ мм:

$$e = \frac{\delta}{2} + \frac{W}{2I} + (0,3 \dots 0,5) \text{ мм.}$$

Если угол поворота β значительно меньше 180° :

$$e = \frac{S_1 + \delta + \frac{W}{I}}{1 - \cos\beta}.$$

Радиус цапфы эксцентриситета (мм) находим, принимая ширину поворотной поверхности цапфы b :

$$r = \frac{W}{2b\sigma_{\text{см}}};$$

где $\zeta_{\text{см}}$ – допускаемое напряжение на смятие (15...20 МПа).

При $b=2r$

$$r = \sqrt{\frac{W}{4\sigma_{\text{см}}}}.$$

Радиус эксцентрика R находим из условий самоторможения. Из схемы действующих на эксцентрик сил (рис. 4.80) следует, что равнодействующая T реакции W и силы трения F должна быть равна реакции со стороны цапфы, проходящей касательно кругу трения радиуса ρ , и направлена противоположно ей.

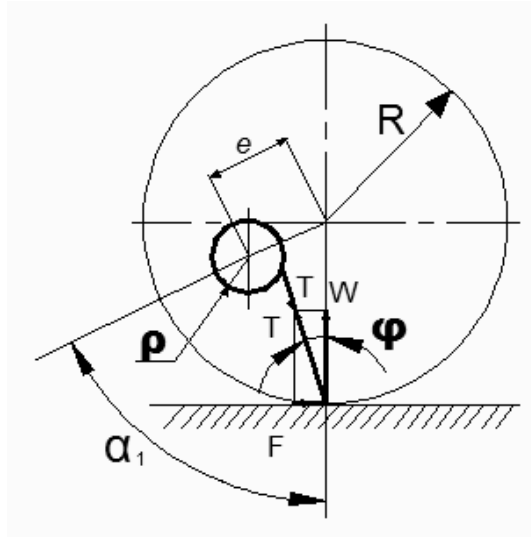


Рис. 4.80. Схема действующих на эксцентрик сил.

Из треугольника сил имеем:

$$\frac{e-\rho}{R} = \sin\varphi;$$

где θ - угол трения покоя.

Отсюда

$$R = \frac{e-\rho}{\sin\varphi}.$$

При $e \leq \rho$

$$R_{\min} = e + r + \Delta;$$

Δ - толщина перемычки.

Радиус ρ круга трения определяем из равенства $\rho = f' r$; где f' - коэффициент трения покоя в цапфе.

Величины θ и f' следует брать по наименьшему пределу. Для полусухих поверхностей можно принимать $\theta = 8^\circ$ и $f' = 0,12 \dots 0,15$.

Угол поворота β_1 для наименее выгодного положения эксцентрика найдем по формуле $\beta_1 = 90^\circ - \theta$.

Ширину рабочей части эксцентрика B определим из формулы:

$$\sigma = 0,565 \sqrt{\frac{W}{RB \left(\frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_2^2}{E_2} \right)}};$$

где ζ – допускаемое напряжение в месте контакта эксцентрика с заготовкой;

E_1, E_2 – модули упругости соответственно материала эксцентрика и соприкасающегося с ним элемента, МПа;

μ_1, μ_2 – коэффициенты Пуассона для материалов эксцентрика и соприкасающегося с ним элемента.

При $E_1=E_2=E$ и $\mu_1=\mu_2=0,25$ (сталь) получим:

$$\sigma = 0,41 \sqrt{\frac{WE}{RB}};$$

Откуда

$$B = 0,17 \frac{WE}{R\sigma^2}; \text{ (мм).}$$

Размеры эксцентрика e, r, R и B согласовываются с ГОСТ 9061-68.

Расчет механизма с торцовым кулачком (винтовым клином)

На рисунке 4.81 представлена схема сил, действующих в механизме с торцовым кулачком. Такой механизм представляет собой комбинированный зажим, состоящий из рычажного с осью поворота OO и плечами r_{cp} и $(l+r)$ и клинового с углом подъема α .

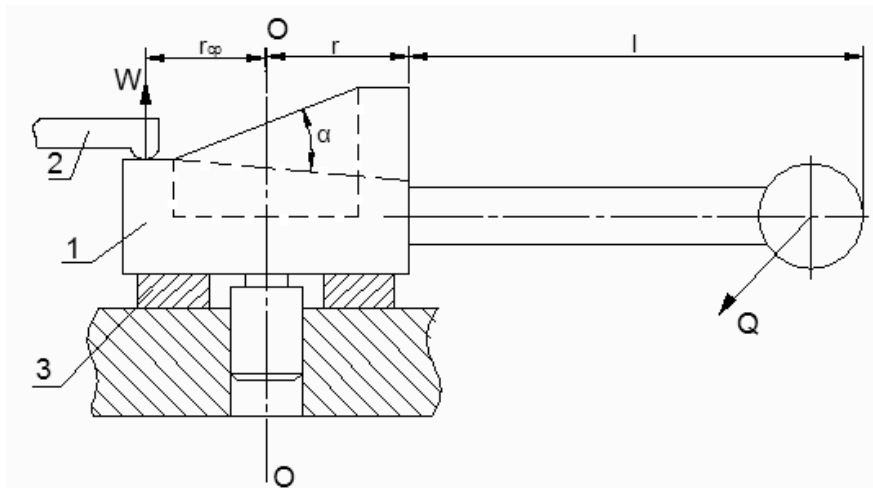


Рис. 4.81. Схема сил в механизме с торцовым кулачком.

Передаточное отношение i комбинированного механизма есть произведение передаточных отношений, входящих в него простых механизмов. Поэтому сила W , развиваемая таким механизмом, определяется по формуле:

$$W = Q \cdot i_{\text{рыч}} \cdot i_{\text{кл}};$$

где $i_{\text{рыч}} = \frac{l+r}{r_{\text{cp}}}$ – передаточное отношение рычага;

$i_{\text{кл}} = \frac{1}{\text{tg}(\alpha+\varphi_1)+\text{tg}\varphi_2}$ – передаточное отношение плоского односкосого

клина (θ_1 и θ_2 – углы трения скольжения в зонах контакта клина 1 с рычагом 2 и опорной шайбой 3, соответственно).

Таким образом

$$W = Q \frac{l+r}{r_{\text{cp}}} \frac{1}{\text{tg}(\alpha+\varphi_1)+\text{tg}\varphi_2}.$$

Рычажные зажимы

Рычажные механизмы используются в виде двулучевого рычага в сочетании с различными силовыми источниками. При помощи рычага можно изменять величину и направление зажимной силы, а также осуществлять одновременное закрепление заготовки в двух местах.

Конструктивных разновидностей рычажных зажимов много, однако все они сводятся к трем принципиальным силовым схемам, приведенным на рисунке 4.82.

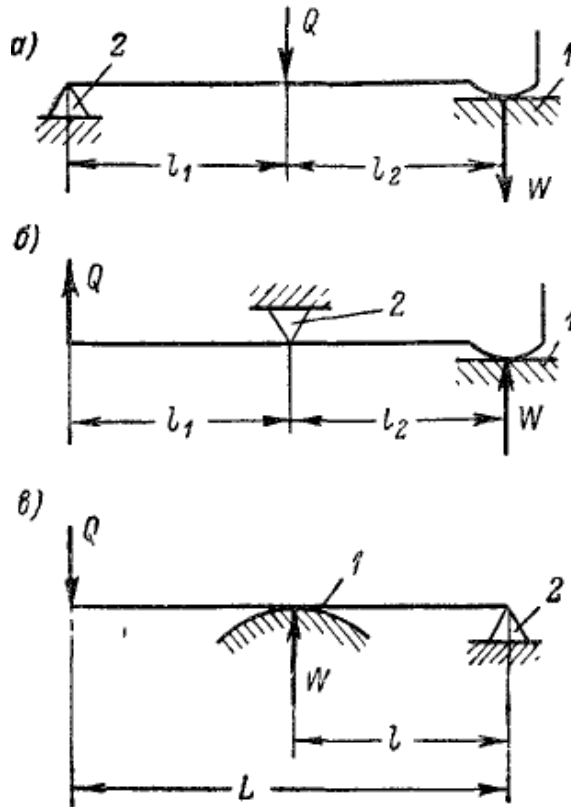


Рис. 4.82. Схемы рычажных механизмов.

На данном рисунке приведены формулы расчета идеальных механизмов (без учета сил трения).

Анализ схем и формул показывает, что наибольший выигрыш в силе (наибольшее передаточное отношение) дает третья схема, однако в конструктивном отношении она громоздка, так как требует большого рабочего хода силового источника, а в эксплуатации неудобна, так как усложняет загрузку заготовки под рычаг. Вторая схема применяется в тех случаях, когда требуется изменить направление исходной силы. Первая схема дает наиболее компактную конструкцию, однако передаточное отношение ее всегда меньше единицы.

Рассмотрим пример расчета силы зажима рычагом с учетом сил трения. Схема сил, действующих на рычаг, приведена на рисунке 4.83.

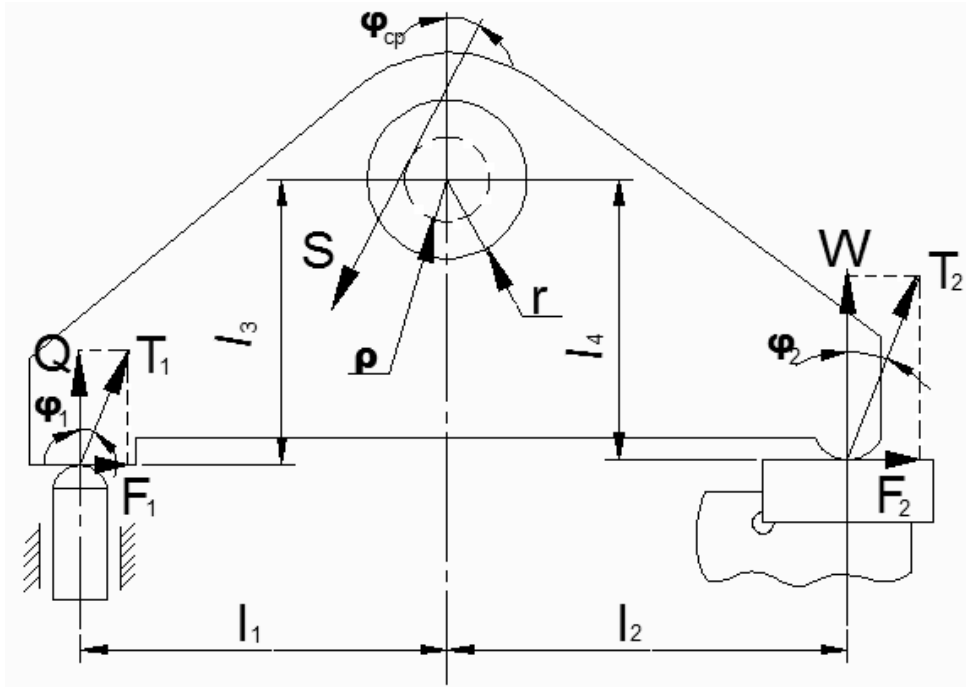


Рис. 4.83. Схема сил, действующих на рычаг.

При закреплении рычагом возникают силы трения F_1 и F_2 на поверхностях контакта рычага со штоком привода и заготовкой. В цапфе рычага возникает реакция S , создающая на плече $\rho = r \cdot f$ момент трения. Угол отклонения силы S θ_{cp} с достаточной точностью можно принять равным среднему значению между θ_1 и θ_2 :

$$\varphi_{cp} = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2};$$

Величину силы S можно принять равной сумме T_1 и T_2 :

$$S = T_1 + T_2 = \frac{Q}{\cos \varphi_1} + \frac{W}{\cos \varphi_2} \cong \frac{W+Q}{\cos \varphi_{cp}}; \quad (1)$$

Из условия равновесия рычага имеем:

$$Ql_1 - F_1l_3 - S\rho - Wl_2 - F_2l_4 = 0; \quad (2)$$

$$\text{где } F_1 = Qtg\varphi_1; \quad F_2 = Wtg\varphi_2; \quad (3)$$

Подставим в (2) значение из (1) и (3):

$$Ql_1 - Ql_3tg\varphi_1 - \frac{W+Q}{\cos \varphi_{cp}}\rho - Wl_2 - Wl_4tg\varphi_2 = 0;$$

Откуда:

$$W = Q \frac{l_1 - l_3 \operatorname{tg} \varphi_1 - \frac{\rho}{\cos \varphi_{\text{ср}}}}{l_2 + l_4 \operatorname{tg} \varphi_2 + \frac{\rho}{\cos \varphi_{\text{ср}}}}. \quad (4)$$

В формуле (4) дробь в правой части представляет передаточное отношение рычага с учетом потерь на трение. Как показали исследования, потери на трение в рычаге колеблются в зависимости от диаметра цапфы оси качания от 1,5 до 6%. Поэтому в практике для расчетов пользуются формулой:

$$W = Q \frac{l_1}{l_2} \eta; \quad (5)$$

где $\eta = 0,94 \dots 0,98$ = КПД рычага.

Рычажно-шарнирные механизмы

По конструкции эти механизмы делятся на однорычажные и двухрычажные. Двухрычажные могут быть одностороннего и двухстороннего действия.

Рычажно-шарнирные механизмы используются как быстродействующие ручные зажимы или как усилители в механизированных приводах.

Однорычажные шарнирные механизмы

Принципиальная схема однорычажного механизма приведена на рисунке 4.84.

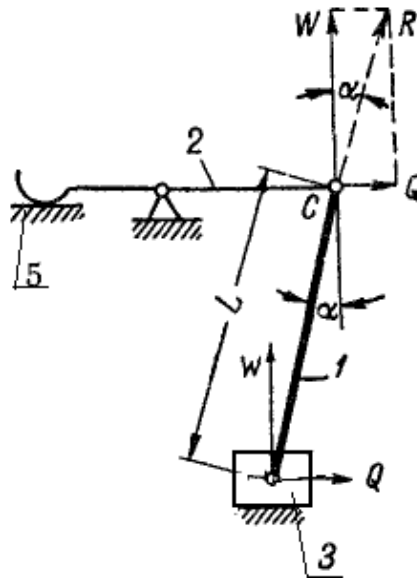


Рис. 4.84. Принципиальная схема однорычажного шарнирного механизма.

Он состоит из рычага 1, шарнирно соединенного с ползуном 3 и обычным двухплечим рычагом 2, который зажимает заготовку 5. Рычаг 1 образует с направлением силы W угол α .

В идеальном механизме (когда силы трения отсутствуют) равнодействующая R сил Q и W на ползуне передается вдоль оси рычага 1. В точке C можно разложить ее на составляющие Q и W , связь между которыми описывается уравнением:

$$W = Q \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}; \quad (1)$$

В реальном механизме возникают силы трения в шарнирах и в направляющих ползуна 3. Тогда для реального механизма уравнение (1) запишется в следующем виде:

$$W = Q \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \beta) + \operatorname{tg} \varphi}; \quad (2)$$

где β – угол, учитывающий потери на трение в шарнирах;

θ – угол трения в направляющих ползуна.

Определим величину угла β .

Из центров отверстий радиусом $\rho = r \cdot f$ описаны две окружности трения (штрихпунктирные линии), где f – коэффициент трения в

шарнирах. К этим кругам проведена касательная aa , а угол между этой касательной и линией центров шарниров и есть искомый угол β (рис. 4.85).

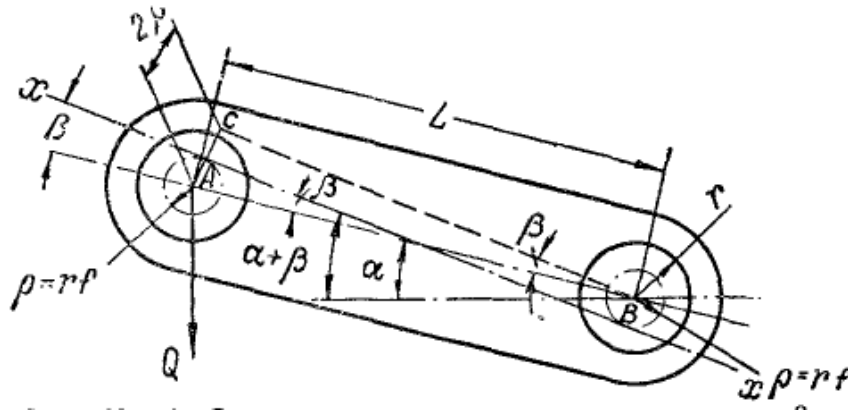


Рис. 4.85. Схема к расчету угла β .

Для определения угла β через центр верхнего шарнира проведена прямая CB , параллельная касательной aa . В прямоугольном треугольнике ACB катет AB равен радиусам трения и тогда:

$$\sin\beta = \frac{AB}{AC} = \frac{2\rho}{l} = \frac{2rf}{l} = \frac{d}{l}f;$$

где d – диаметр шарнира.

Откуда:

$$\beta = \arcsin \frac{d}{l}f.$$

Анализ формулы (2) показывает, что она по структуре аналогична формуле для плоского односкосого клина. Угол α для рычажно-шарнирного механизма не является постоянным. Колебание его величины зависит от колебания размеров заготовки. В связи с этим сила зажима тоже постоянна. С уменьшением угла α силы зажима W увеличивается. Однако уменьшение α ведет за собой уменьшение хода зажимного механизма, так как ход равен:

$$S=l(1-\cos\alpha).$$

Для уменьшения потерь на трение в направляющих ползуна он может быть заменен роликом, катящимся на поверхности корпуса.

Рычажно-шарнирный механизм может быть выполнен с консольным плунжером вместо рычага 2 (рис. 4.86).

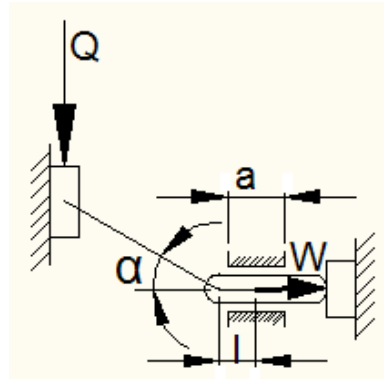


Рис. 4.86. Схема рычажно-шарнирного механизма с консольным плунжером.

В этом случае в формуле (2) необходимо учесть потери на трение в направляющих плунжера аналогично тому, как это сделано нами для клиноплунжерного механизма:

$$W = Q \left(\frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \beta) + \operatorname{tg} \varphi} - \frac{3l}{a} \operatorname{tg} \varphi_3 \right);$$

где l – расстояние от шарнира до оси проворота плунжера (середины направляющих);

φ_3 - угол трения в направляющих плунжера;

a – ширина направляющих плунжера.

Двухрычажные шарнирные механизмы

Принципиальные схемы двухрычажных шарнирных механизмов приведены на рис. 4.87.

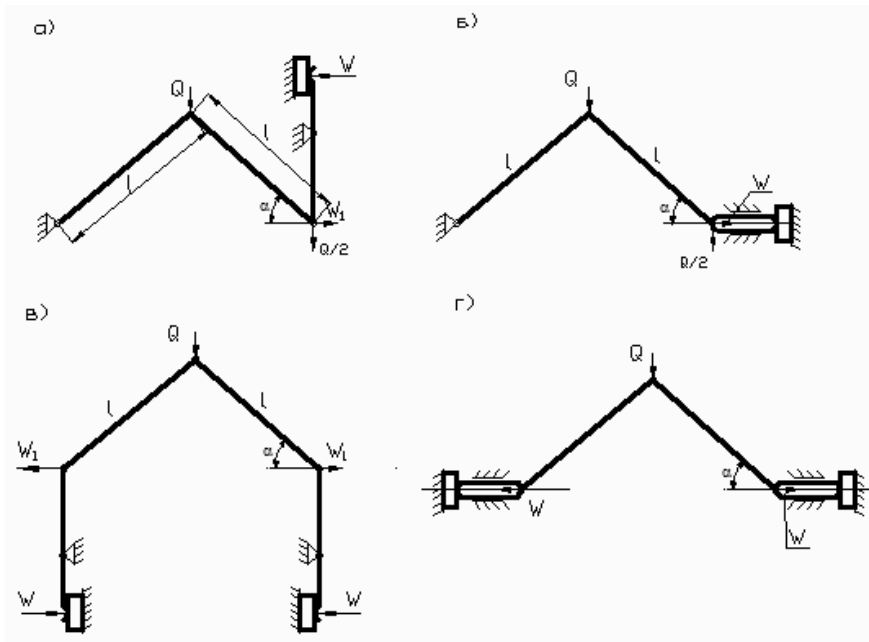


Рис. 4.87. Схемы двухрычажных шарнирных механизмов.

Двухрычажные механизмы одностороннего действия (рис. 4.87. а, б) отличаются от однорычажных тем, что исходная сила Q поровну делится между двумя рычагами. Поэтому такие механизмы дают вдвое меньшую зажимную силу по сравнению с однорычажными. Но двухрычажные механизмы обладают вдвое большим ходом.

Для механизмов без плунжера (рис. 4.87 а, в) силу зажима можно рассчитать по формуле:

$$W = Q \frac{1}{2 \operatorname{tg}(\alpha + \beta)};$$

где β – угол, учитывающий потери на трение в шарнирах.

Для механизмов с плунжером (рис. 4.87 б, г):

$$W = \frac{Q}{2} \left(\frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \beta)} - \frac{3l}{a} \operatorname{tg} \varphi_3 \right);$$

Для механизмов рис. 4.87 а, б запас хода равен:

$$S = 2l (1 - \cos \alpha).$$

Для механизмов рис. 4.87 в, г суммарный запас хода равен:

$$S_{\text{сум}} = 2l (1 - \cos \alpha).$$

Пружинные зажимы

Эти зажимы позволяют закрепить заготовку в приспособлении за счет упругих свойств обычных цилиндрических пружин. Они получили широкое распространение за счет простоты конструкции, быстроты действия и возможности автоматизации процесса зажима и открепления заготовок.

Применяются зажимы двух конструктивных разновидностей:

- без сжатия пружины для съема заготовки (рис. 4.88);
- с дополнительным сжатием пружины при откреплении (рис. 4.89).

На рис. 4.88 представлены схема закрепления заготовки на сверлильном станке.

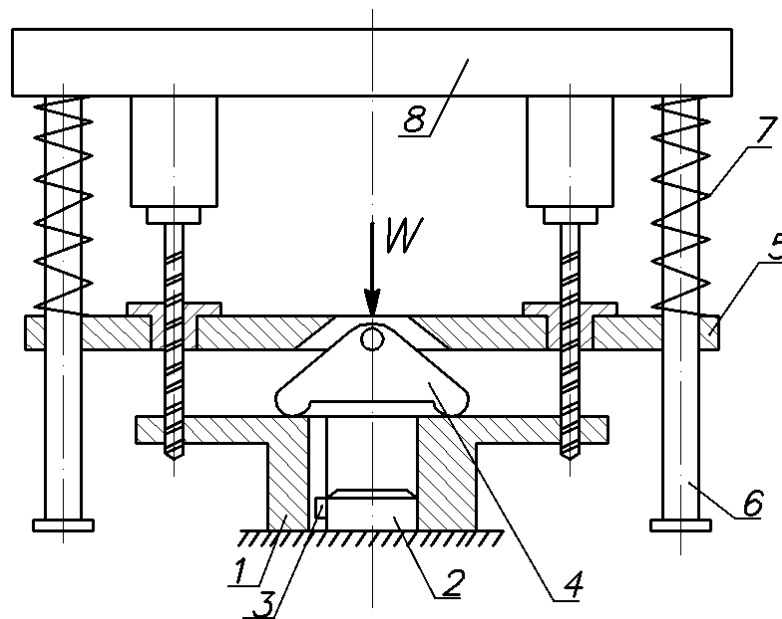


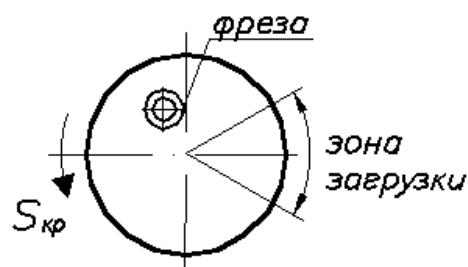
Рис. 4.88. Схема сверлильного приспособления с пружинным зажимом.

Заготовка 1 устанавливается на штырь 2 и базируется по торцу. От проворота фиксируется шпонкой 3. Кондукторная плита 5 с прижимом-качалкой 4 подвешена к двухшпindleйной головке 8 на двух скалках 6. На скалках одеты пружины 7. При перемещении головки вниз (подача сверла) кондукторная плита упирается прижимом 4 в заготовку и останавливается. При дальнейшем перемещении головки сжимаются пружины 7 и

прижимают заготовку 1с заданной силой W . После этого вступают в работу сверла. При обратном ходе головки сначала выводятся из отверстий сверла, а затем поднимается и плита, освобождая заготовку. Таким образом, открепление заготовки не требует дополнительной деформации пружин.

Механизм с дополнительным сжатием пружины при откреплении изображен на рисунке 4.89.

а)



б)

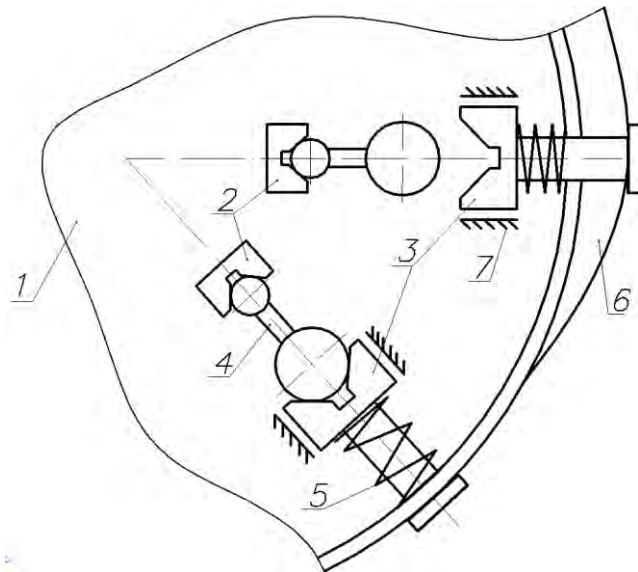


Рис. 4.89. Схема приспособления для крепления заготовок на вращающемся столе 1 карусельно-фрезерного станка с автоматизированным зажимом.

Приспособление состоит из неподвижной призмы 2 и подвижной призмы 3, которая зажимает заготовку 4 за счет упругих сил пружины 5. В зоне загрузки расположен неподвижный кулачок 6, с которым взаимодействует бурт хвостовика подвижной призмы. В зоне загрузки

призма 3 автоматически отводится кулачком от заготовки, дополнительно сжимая пружину 5. В это время происходит съём детали и загрузка заготовки.

При дальнейшем повороте стола борт призмы сходит с кулачка и призма зажимает заготовку. Сила зажима такого механизма определяется из формулы осадки цилиндрических пружин сжатия под действие силы:

$$f = \frac{64Wr^3i}{Gd^4};$$

Откуда:

$$W = \frac{fd^4G}{64r^3i};$$

где f – осадка пружины, мм.

d – диаметр проволоки пружины, мм.

G – модуль Юнга (модуль сдвига материала пружины, для стали $G=8000$ кгс/мм²);

r – средний радиус витка пружины, мм.

i – число витков пружины.

В связи с широким применением пружин наиболее ходовые размеры их нормализованы. В практике конструирования приспособлений пружины, как правило, подбираются по нормам и проверяются на осадку и силу сжатия.

Многократные многозвенные зажимы

Эти механизмы имеют ведомые звенья в виде прихватов или плунжеров и приводятся в действие от одного силового источника и зажимают несколько деталей или одну деталь в нескольких точках одновременно. Применение таких зажимов позволяет сократить вспомогательное время на операции. Основным требованием, предъявляемым к многократным зажимам, является равенство зажимных сил.

Для того, чтобы обеспечить это требование, ведомые звенья механизма должны составлять сблокированную «плавающую» систему, развивающую силу зажима независимо от колебаний размеров заготовок.

По направлению сил зажима механизмы можно разделить на следующие группы:

1) последовательного действия, передающие силу зажима в одном направлении от заготовки к заготовке (закрепление пакета заготовок);

2) параллельного действия, зажимающие детали в нескольких параллельных направлениях;

2) со встречными силами зажима;

4) с пересекающимся направлением сил;

5) комбинированные механизмы, представляющие собой соединение нескольких многозвенных механизмов.

Наибольшее применение получили двухзвенные механизмы.

На рисунке 4.90 представлены схемы механизмов последовательного действия.

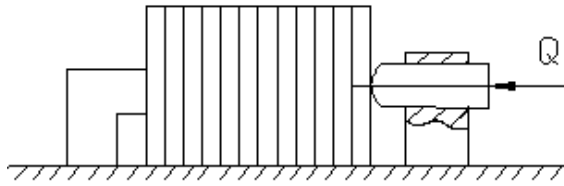
В этих механизмах сила зажима последовательно передается от заготовки к заготовке, причем исходная сила Q рассчитывается таким образом, чтобы последняя заготовка закреплялась с расчетной силой W . Предыдущие заготовки будут закрепляться с несколько большими силами.

На рис. 4.91. представлены многозвенные механизмы параллельного действия.

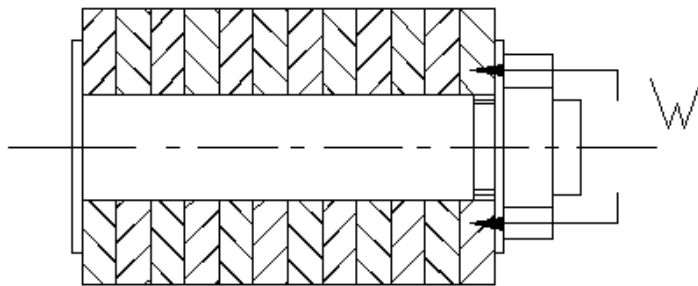
Механизм (рис. 4.91, а) прост и надежен в работе, но при большом количестве заготовок оказывается громоздким.

Этот механизм (рис. 4.91, б) компактен. Под действием силы Q система подвижных клиньев 1, 2, 3 и плунжеров 4 перемещается до тех пор, пока все плунжеры не зажмут заготовки.

а)



б)



в)

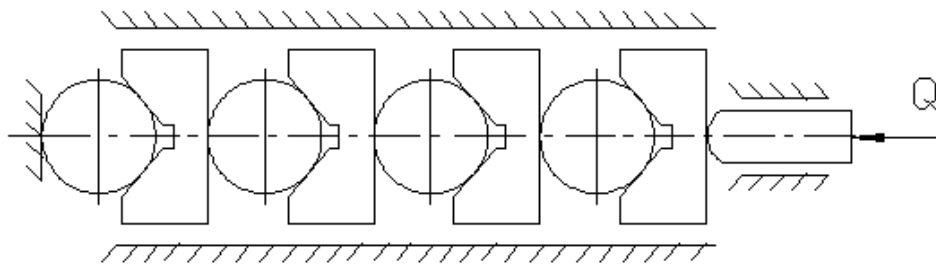


Рис. 4.90. Схемы зажимных механизмов последовательного действия: а – зажим пакета заготовок в тисках; б – зажим пакета заготовок на оправке; в – зажим заготовок в призмах.

Недостатки:

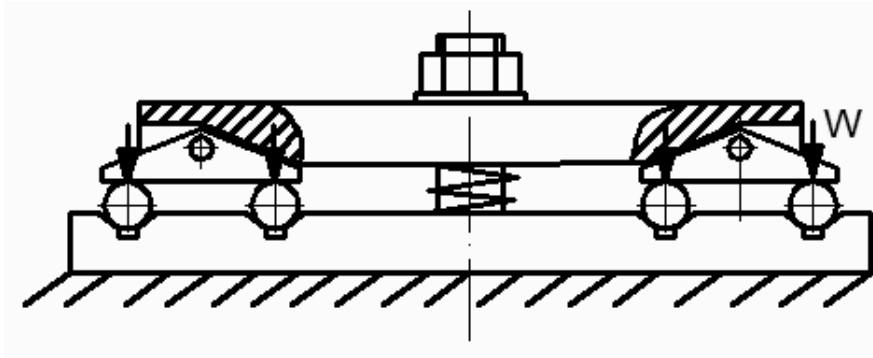
- низкий КПД;
- при одинаковых углах клиньев силы зажима W не одинаковы из-за потерь на трение;
- для выравнивания W углы клиньев нужно делать разные, что усложняет изготовление.

Этих недостатков лишены зажимы с гидропластом (рис. 4.91, в).

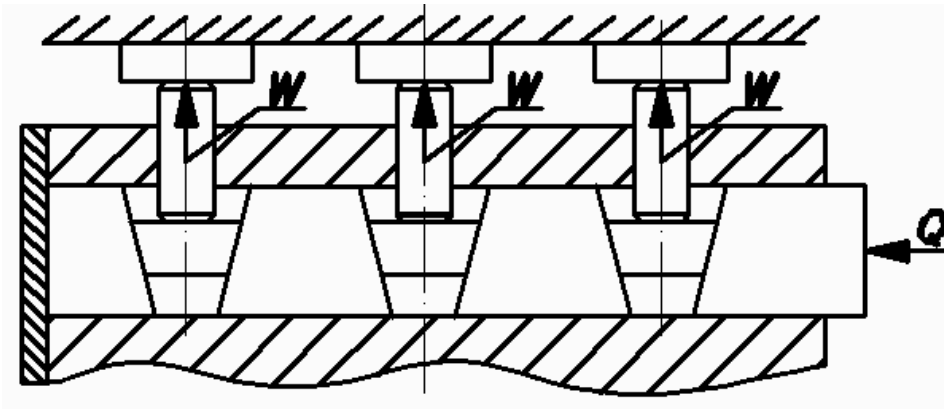
Если в замкнутую полость приспособления поместить минеральное масло или пластическую массу (гидропластмассу) и воздействовать на них

внешней силой, то возникает гидростатическое давление, которое по закону Паскаля равномерно передается на все стенки полости. Это свойство жидких заполнителей используется при проектировании двух групп приспособлений:

а)



б)



в)

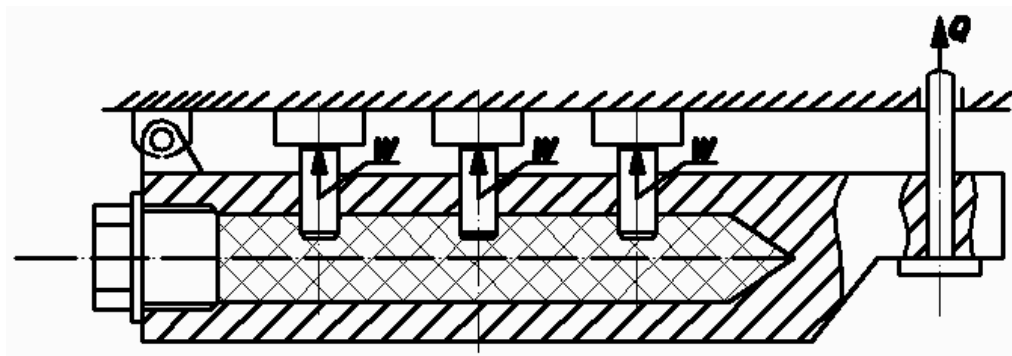


Рис. 4.91. Многозвенные механизмы параллельного действия.

1) многозвенных, в которых гидростатическое давление передается системе скользящих плунжеров;

2) самоцентрирующихся, с упругой оболочкой в виде тонкостенной втулки; радиальная упругая деформация втулки обеспечивает точное центрирование и зажим обрабатываемой детали.

Несамоцентрирующие многозвенные механизмы с гидропластмассой можно разделить тоже на две группы:

1) механизмы, корпус которых при закреплении и раскреплении деталей перемещается или откидывается на шарнире вместе с рабочими плунжерами (рис. 4.91, в);

2) механизмы с неподвижным корпусом, рабочие плунжеры которых должны иметь устройства для их перемещения при зажиме и раскреплении (рис. 4.92).

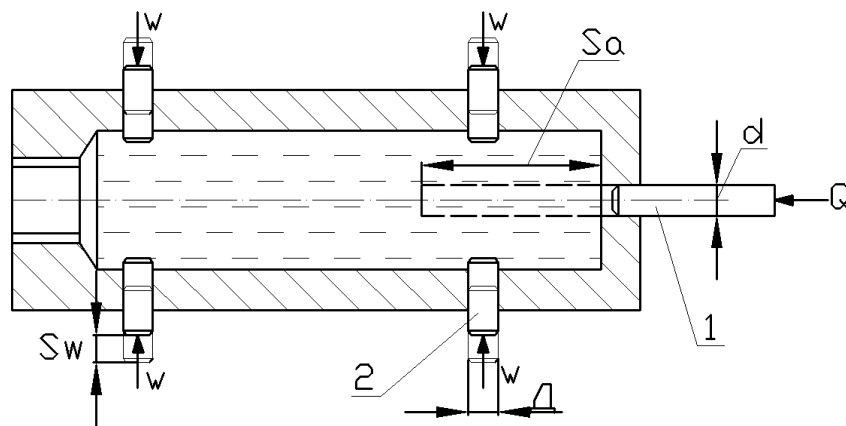


Рис. 4.92. Механизмы с неподвижным корпусом.

Механизмы с подвижным корпусом выполняются в форму ползунов, откидных планок, губок тисков и т. п., в полости которых помещены гидропластмасса и цилиндрические плунжеры.

Механизмы с неподвижным корпусом имеют встроенный силовой узел для перемещения плунжеров.

Жидкие заполнители под высоким давлением (300 и более атм.) легко проникают в зазоры подвижных сопряжений и требуют надежных уплотнений. Поэтому получили применение гидропластмассы, удовлетворяющие двум основным требованиям:

- не просачиваться в зазоры сопряжений, где не предусмотрены специальные уплотняющие устройства;
- равномерно, без заметных потерь на трение передавать давления на значительные расстояния.

В станочных приспособлениях преимущественно используются три марки гидропластмасс: СМ, ДМ и МАТИ-1-4, представляющие собой соединения ряда химических элементов.

Основой массы является полихлоривонная смола. Она придает ей механическую прочность и большую вязкость.

Дибутилфталат является пластификатором.

Стеарат кальция применяется в качестве стабилизатора и представляет собой нерастворимое в воде кальциевое мыло.

Гидропластмасса СМ плавится при $t^0=140^0$ С, а превращается в студень (гель) при 120^0 С. Она может работать в температурном режиме от 5 до 60^0 С; при t ниже 5^0 С масса твердеет и становится непригодной для эксплуатации. Гидропластмасса ДМ работает при t от 20 до 40^0 .

Расчет силы зажима и перемещений плунжеров ведут в такой последовательности.

После зажима в замкнутой полости механизма создается гидростатическое давление p (кгс/см²) и все звенья находятся в равновесии.

Из условия равновесия нажимного плунжера 1(рис. 4.92):

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} p; \quad (1)$$

а каждого рабочего плунжера 2:

$$W = \frac{\pi D^2}{4} p; \quad (2)$$

Поделив эти два уравнения, получим:

$$\frac{W}{Q} = \left(\frac{D}{d}\right)^2; \quad (3)$$

Отсюда, с учетом потерь на трение:

$$W = Q \left(\frac{D}{d} \right)^2 \eta; \quad (4)$$

где $\eta=0,9\dots0,95$ – КПД;

D – диаметр рабочего плунжера;

d – диаметр нажимного плунжера.

При наличии на плунжерах возвратных пружин, формула (4) принимает вид:

$$W = Q \left(\frac{D}{d} \right)^2 \eta - P; \quad (5)$$

где P – сопротивление пружин.

Зависимость перемещений определяется из условия равенства объемов, образуемых перемещающимися нажимным и рабочими плунжерами:

$$V = \frac{\pi d^2}{4} S_Q = \frac{\pi D^2}{4} S_W n; \quad (6)$$

Отсюда:

$$S_Q = S_W n \left(\frac{D}{d} \right)^2;$$

где S_Q – перемещение нажимного плунжера;

S_W – перемещение рабочего плунжера;

n – число рабочих плунжеров.

На рис. 4.93 пример механизма со встречными силами.

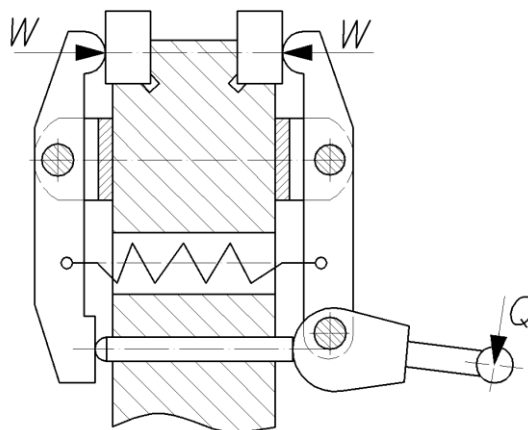


Рис. 4.93. Многозвенный механизм со встречными силами.

Эксцентрик 1 через рычаги 2 и 3 и толкатель 6 зажимает заготовки с силами W . Пружина 5 возвращает рычаги в исходное положение при откреплении.

Принципиальная схема механизма с пересекающимися силами показана на рис. 4.94.

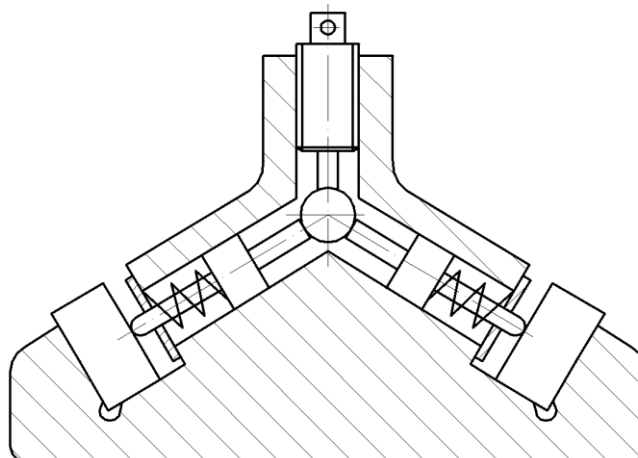


Рис. 4.94. Двухзвенный механизм с пересекающимися силами зажима.

Винт 1 через шарик 2 одновременно нажимает на два плунжера 3 и зажимает две заготовки 4 силами W . Пружины 5 возвращают плунжеры в исходное положение при откреплении заготовок.

Комбинированные механизмы представляют собой соединение нескольких выше перечисленных механизмов.

При расчете сил зажима в таких механизмах исходная сила привода Q суммируется из сил зажима заготовок с учетом передаточного отношения механизма и его КПД.

4.3 Установочно-зажимные (самоцентрирующие) механизмы

Механизмы, которые выполняют установочные и зажимные функции одновременно, называются установочно-зажимными и самоцентрирующими.

Самоцентрирующие механизмы позволяют установить заготовку по двум плоскостям симметрии или по геометрической оси детали.

Их применяют для повышения точности положения координатной системы технологической базы относительно координатной системы приспособления при установке.

Особенности этого механизма заключаются в том, что как у зажимного его элементы должны быть подвижными, а как у установочного эти элементы должны передвигаться в направляющих, обеспечивающих минимальный люфт в направлении, перпендикулярном перемещению.

Самоцентрирующий механизм имеет несколько (не менее двух) установочно-зажимных элементов, перемещающихся в направлении зажима. Движение этих элементов взаимосвязано так, что они могут передвигаться к центру или от центра одновременно и с одинаковой скоростью.

В результате этого перемещения расстояние от центра до рабочих поверхностей всех элементов равны для любого момента перемещения. Центр, относительно которого перемещаются установочно-зажимные элементы, называется центром самоцентрирования. Относительно него и определяется положение заготовки, закрепляемой в самоцентрирующем устройстве.

Самоцентрирующие механизмы применяются в трех случаях:

1) Когда нужно обеспечить равномерность припуска, снимаемого на операции. Пример такого назначения приведен на рис. 4.95, а. При установке вала в патрон с двумя жесткими и одним подвижным (зажимным) кулачком в результате колебаний базового диаметра заготовки в пределах допуска ось заготовки O_1 не совпадает с осью вращения (на величину погрешности базирования), а припуск при точении будет неравномерен в пределах от t_{\min} до t_{\max} . При использовании самоцентрирующего устройства ось вращения O становится одновременно и установочной базой заготовки, в результате чего снимается равномерный припуск t .

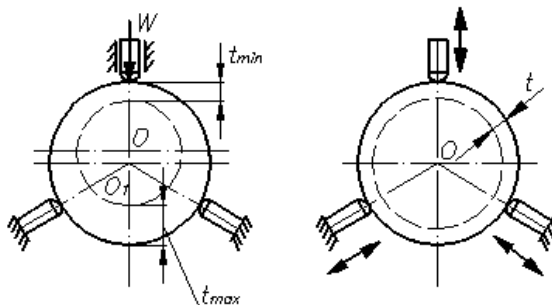
2) Когда необходимо распределить между двумя или несколькими размерами допуск на расстояние между их измерительными базами (рис. 4.95,б).

На операции одновременно выдерживаются размеры А и В. Если за установочную базу в этом направлении принять измерительную (конструкторскую) базу размера А, то погрешность базирования этого размера $\varepsilon_{\delta A}=0$, а погрешность базирования размера В: $\varepsilon_{\delta B}=2C$. Размер В будет очень неточен. При использовании самоцентрирующего механизма установочной базой станет середина размера С, а погрешности базирования будут равны $\varepsilon_{\delta A}=\varepsilon_{\delta B}=C$.

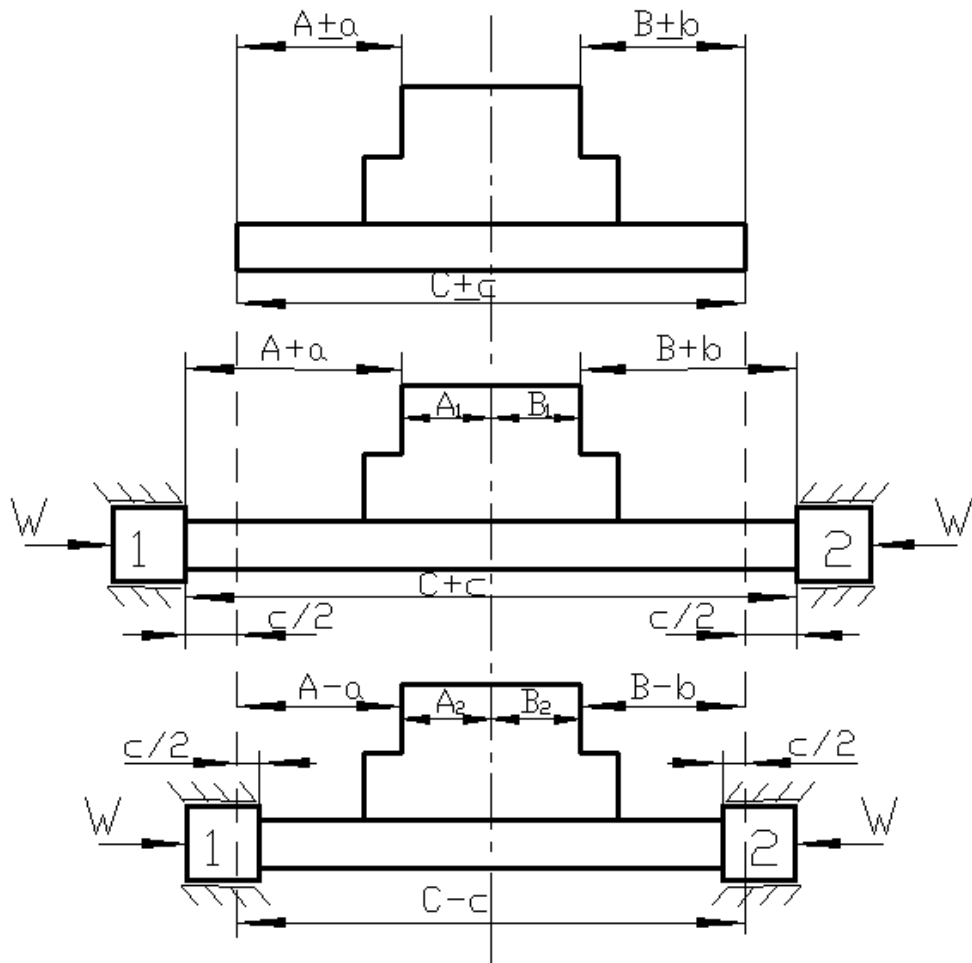
3) Когда на операции за установочную базу необходимо принять конструкторскую базу в виде оси или точки.

Пример такого назначения приведен на рис. 4.95, в. На операции необходимо обработать два отверстия, симметрично расположенных относительно центра детали О. Использование в качестве установочной базы любых поверхностей заготовки (а, следовательно, и жестких установочных элементов) неизбежно приводит к появлению погрешности базирования размера L. Применение же самоцентрирующего механизма позволяет использовать в качестве установочной базы точку О и тем самым свести к нулю погрешность базирования размера L.

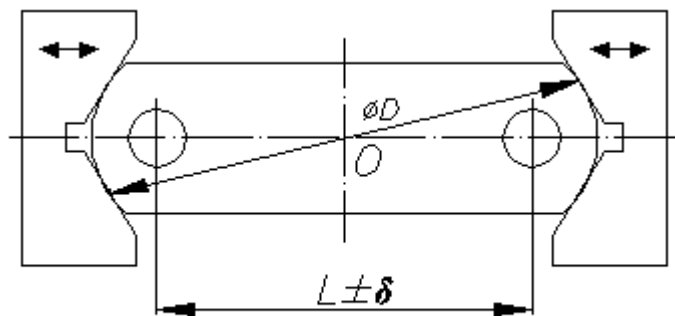
а)



б)



в)



O —база для размера $L \pm \delta$

Рис. 4.95. Схемы применения самоцентрирующих механизмов.

Все реальные самоцентрирующие устройства имеют погрешность установки, называемую погрешностью центрирования. Эта погрешность есть несовпадение осей базовой и обработанной поверхностей, а возникает

она вследствие неточности изготовления механизма перемещения элементов и неточности установки его на станке. Таким образом, погрешность центрирования есть, по существу, погрешность положения.

Самоцентрирующие механизмы различаются между собой формой рабочей поверхности подвижных механизмов и конструкцией механизма, обеспечивающего взаимосвязанное их движение. По первому признаку различают призматические и кулачковые механизмы, а по второму признаку:

- винтовые;
- реечно-зубчатые;
- спирально-реечные;
- рычажные;
- клиновые (клиноплунжерные и клиношариковые);
- с упругодеформируемыми элементами (цанговые, мембранные, гидропластовые).

Границы применимости различных по конструкции механизмов определяются двумя их характеристиками – величиной присущей им погрешности центрирования и величиной создаваемой силы зажима.

4.3.1. Винтовой самоцентрирующий механизм.

Винтовой самоцентрирующий механизм (рис. 4.96).

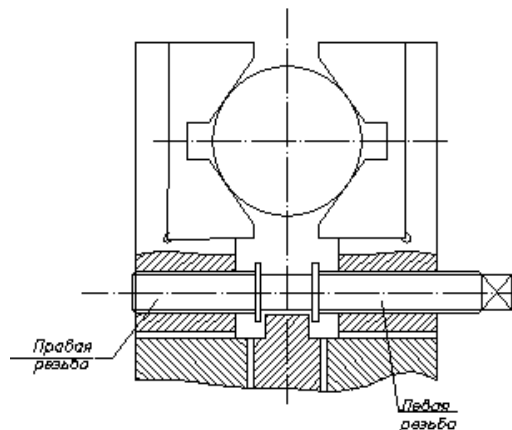


Рис. 4.96. Винтовой самоцентрирующий механизм.

Две призмы перемещаются по точным направляющим корпуса. Перемещение осуществляется винтом, имеющим на одном конце правую, а на другом – левую резьбу одинакового диаметра. От осевого перемещения винт предохраняется сухарем (вилкой). При вращении винта призмы сходятся, осуществляя зажим заготовки, или расходятся, производя ее открепление. Такие механизмы должны иметь регулировочные устройства, позволяющие устанавливать призмы в правильное положение относительно вертикальной оси.

Такие механизмы имеют большую погрешность центрирования (0,3...0,5 мм). В то же время с помощью этого механизма можно создать большую силу зажима, легко скомпоновать с механизированным приводом, поэтому их широко применяют на черновых и получистовых операциях.

Силовой расчет ведется по формулам для винтовых зажимов.

4.3.2. Реечно-зубчатые механизмы.

Реечно-зубчатые механизмы (рис. 4.97) используют в тисках вместо винтовых для обеспечения встречного перемещения призм. Такой механизм в силовой цепи обладает передаточным отношением $i=1$. Поэтому эти тиски используют на операциях, не требующих сил зажима, превосходящих силу на штоке привода. Погрешность центрирования этих механизмов сопоставима с погрешностью винтовых механизмов.

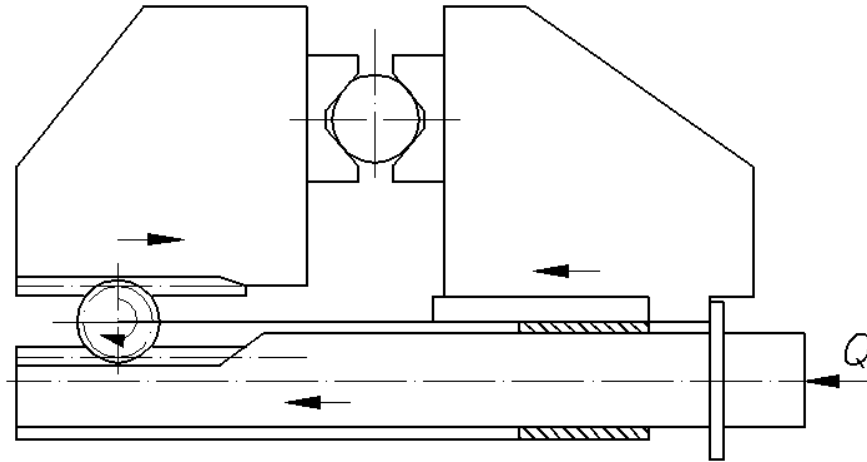


Рис. 4.97. Тиски с реечно-зубчатым самоцентрирующим механизмом.

Спирально-реечные механизмы.

Спирально-реечные механизмы (рис. 4.98) используют для перемещения кулачков в токарных патронах. Конструкции таких патронов стандартизованы ГОСТ 2675-71.

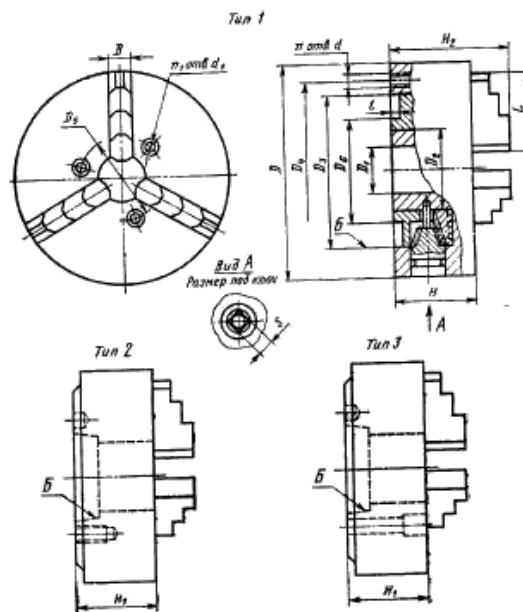


Рис. 4.98. Спирально-реечный механизм труккулачкового патрона.

Рычажные механизмы.

В рычажных центрирующих механизмах установочно-зажимными элементами являются сами рычаги, либо кулачки, которые получают перемещение от рычагов (рис. 4.99).

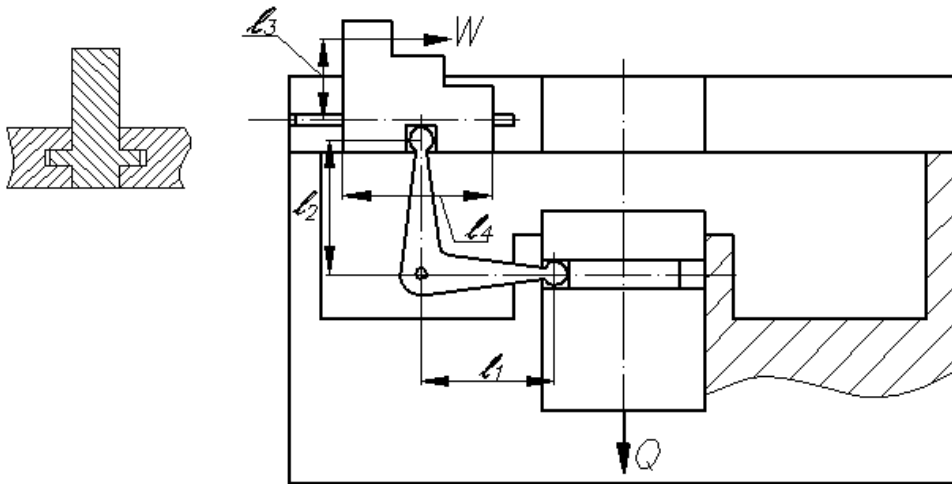


Рис. 4.99. Рычажный самоцентрирующий патрон.

Расчет силы тяги производится по следующей формуле (для упрощения расчета считали, что передача всей зажимной силы производится одним кулачком):

$$W = Q \left(1 - \frac{3l_3}{l_4} f_1 \right) \eta_{\text{рыч}} \frac{l_2}{l_1} ;$$

где выражение в скобках учитывает потери на трение в направляющих кулачков.

Клиноплунжерные самоцентрирующие механизмы.

Плунжером в приспособлениях принято называть призматическую или цилиндрическую деталь, принудительно перемещаемую по точному пазу или отверстию. Перемещение производится чаще всего при помощи клина, а возврат в исходное положение пружиной.

Клиноплунжерные механизмы часто используют в патронах для токарной обработки при центрировании как по внутренней, так и по наружной цилиндрическим поверхностям (рис. 4.100).

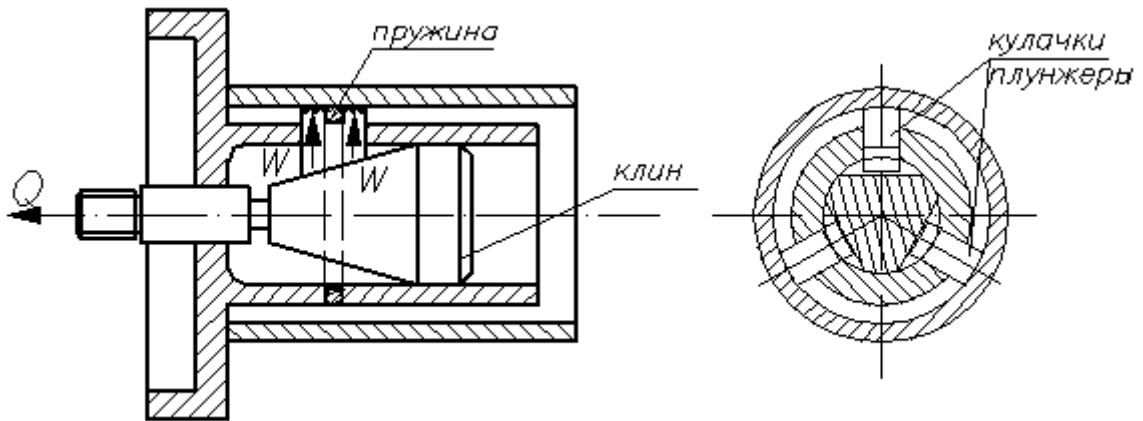


Рис. 4.100. Клиноплунжерный самоцентрирующий механизм.

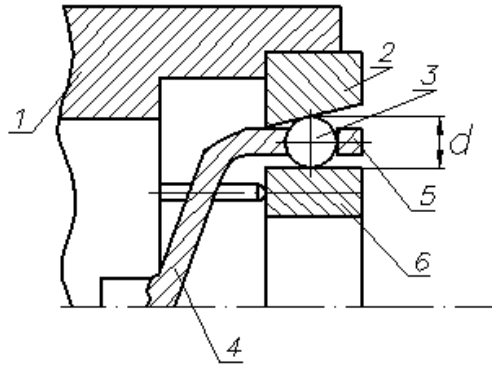
Силу тяги привода Q , необходимую для обеспечения силы зажима W можно определить по формуле:

$$Q = W \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1)}{1 - \frac{3l}{a} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \operatorname{tg} \varphi_3}$$

Погрешность центрирования в клиноплунжерных механизмах составляет 0,2...0,5 мм. Поэтому патроны с такими механизмами обычно применяют для установки по черным базам на черновых операциях. Токарные патроны с клиноплунжерными кулачками выполняют по ГОСТ 16886-71.

Клиношариковые механизмы.

Эти механизмы применяют в приспособлениях токарных и шлифовальных станков при базировании по внутренней и наружной цилиндрической поверхности. Принципиальная схема патрона для центрирования по наружному цилиндру приведена на рисунке 4.101.



1 – корпус патрона; 2 – конусная втулка; 3 – шарики; 4 – сепаратор; 5 – шайба, предохраняющая шарики от выпадания; 6 – заготовка

Рис. 4.101. Клиношариковый самоцентрирующий механизм.

Достоинства такого механизма по сравнению с клиноплунжерным является уменьшение потерь на трение в направляющих плунжера-шарика и повышение точности центрирования за счет уменьшения числа кинематических звеньев и повышения их точности при изготовлении.

Силу зажима таким механизмом определяют следующим образом.

В момент зажима наибольшая сила трения возникает в точке контакта шарика с конусной втулкой, так как $N > W > Q$. Под действием этой силы шарик катится по конусу, проскальзывая в сепараторе и на заготовке.

Из условия равновесия шарика $Q - P - F_2 = 0$; $Q = P + F_2$.

где $P = W_1 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \theta_k)$; $F_2 = W \cdot \operatorname{tg} \theta_2$; $W_1 = W + F_3 = W + Q \cdot \operatorname{tg} \theta_3$;

где θ_k – угол трения качения шарика по конусу втулки; θ_2 и θ_3 – углы трения скольжения шарика по заготовке и сепаратору.

Тогда:

$$Q = W \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_k) + \operatorname{tg} \varphi_2}{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_k) \cdot \operatorname{tg} \varphi_3};$$

$$W = Q \frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_k) \cdot \operatorname{tg} \varphi_3}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_k) + \operatorname{tg} \varphi_2}.$$

Клиношариковый механизм дает большое передаточное отношение сил и может развивать значительную силу зажима W . Однако величина

используемой при нормальной работе силы W зависит от площади контакта между шариками и заготовкой (точка) и возможностью в связи с этим пластической деформации ее поверхности.

Поэтому такие механизмы применяют на операциях с небольшими силами резания. Угол α конуса выбирают в пределах $5 \dots 10^\circ$. Наименьший диаметр и длину конуса рассчитывают, зная диаметр базы заготовки и допуск на него:

$$D_{k \min} = D_g - \delta + d_1(1 + \cos\alpha) - 2l_1 \operatorname{tg}\alpha;$$

$$l = l_1 + l_2 + l_3;$$

где l_1 – гарантированный запас хода;

$l_2 = \frac{\delta}{2 \operatorname{tg}\alpha}$ – длина конуса, обеспечивающая зажим любой детали в пределах допуска на ее диаметр;

$l_3 = \frac{s_{\min}}{2 \operatorname{tg}\alpha}$ – длина конуса, обеспечивающая гарантированный минимальный зазор между заготовкой и шариками в момент загрузки.

При установке длинных деталей применяют двухрядное расположение шариков в одном или разных сепараторах.

Широкое распространение шариковые патроны получили на операциях окончательного шлифования базовых отверстий зубчатых колес. На этих операциях обеспечивается высокая соосность зубчатого венца и отверстия за счет установки зубчатого колеса по эвольвентным поверхностям зубьев.

Механизмы с упругодеформируемыми элементами.

Самоцентрирующие механизмы, рассмотренные до сих пор, имеют значительную погрешность центрирования, вызванную большим числом сопряжений деталей, обеспечивающих встречное перемещение установочных элементов. Наибольшую точность центрирования дают механизмы, установочные элементы которых объединены в одну деталь и

перемещаются в пределах ее упругой деформации. Такой механизм можно изготовить с высокой точностью. И обеспечить точность упругого перемещения отдельных частей. Поэтому эту группу механизмов называют прецизионными. К ним относятся цанговые, мембранные и гидропластовые механизмы.

Цанговые самоцентрирующие механизмы.

Цангами называются разрезные пружинящие втулки, которые могут центрировать заготовки по внешней и внутренней поверхностям. Цанговые механизмы применяются для центрирования и зажима как пруткового материала, так и отдельных заготовок. В станках-автоматах и револьверных, предназначенных для обработки пруткового материала, цанговые механизмы являются неотъемлемой частью станка и используются для зажима прутков разного профиля.

Для центрирования по наружному диаметру используются две конструкции цанговых механизмов:

а) с тянущей цангой, которые применяются для закрепления штучных заготовок (рис. 4.102, а);

б) с толкающей цангой, которые чаще всего применяются для закрепления пруткового материала; для фиксации прутка в осевом направлении упор ставится впереди цанги (рис. 4.102, б).

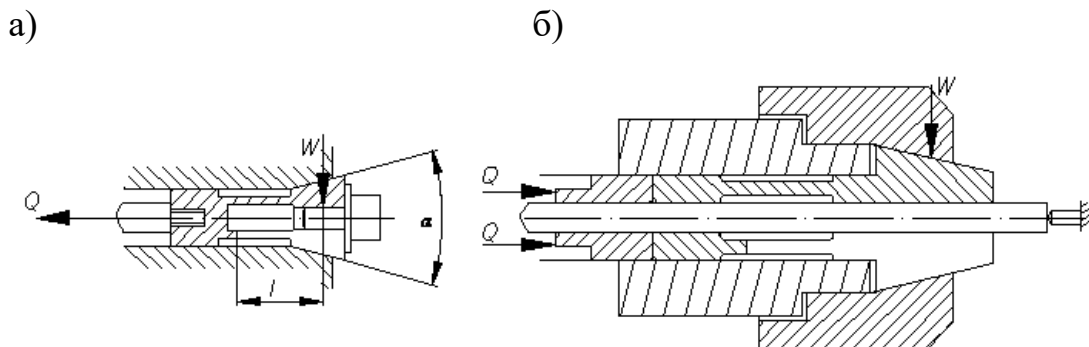


Рис. 4.102. Цанговые самоцентрирующие механизмы.

Продольные прорезы превращают каждый лепесток цанги в консольно закрепленную балку, которая получает радиальные упругие перемещения к оси при продольном движении цанги за счет взаимодействия конусов цанги и корпуса. Так как радиальные перемещения всех лепестков цанги происходят одновременно и с одинаковой скоростью, такой механизм получает свойство самоцентрирования.

Число лепестков цанги зависит от ее рабочего диаметра d . При $d \leq 30$ мм цанга имеет три лепестка, $30 \leq d \leq 80$ мм – четыре, при $d > 80$ мм – шесть.

Для сохранения работоспособности цанги деформация ее лепестков не должна выходить за пределы упругой зоны. Это предъявляет повышенные требования к точности базового диаметра заготовки. Он должен быть выполнен не грубее 8-9 качества.

Погрешность центрирования обусловлена неточностью изготовления цанговых патронов и не превышает 0,02...0,05 мм.

Цанги для закрепления по наружной поверхности выполняются с углом $\alpha = 30^\circ$, а для установки по отверстию $\alpha = 8-10^\circ$, чтобы создать большую жесткость цанги. Размеры цанг берутся по нормам.

Поскольку цанга работает по принципу клина, то силу зажима, создаваемую цангой при наличии осевого упора, можно определить как:

$$W = \frac{Q}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2};$$

где α – половина угла конуса цанги;

φ_1 - угол трения по клиновой поверхности;

φ_2 - угол трения между цангой и заготовкой.

Однако действительная сила, развиваемая цангой, будет меньше, так как часть силы тяги затрачивается на сжатие лепестков цанги.

Материал. Цанги изготавливают из инструментальных сталей У8А, У10А или 65Г. Для крупных цанг – сталь 15ХА, или 12ХНЗА. Рабочая

часть калибруется до твердости HRC 55...62, хвостовая отпускается до твердости HRC 30...40.

Мембранные самоцентрирующие механизмы.

Для точного центрирования и зажима деталей типа дисков, колец, втулок применяются приспособления с мембранами различных конструкций; для центрирования по наружной или внутренней цилиндрической поверхности.

Мембраны применяются трех основных типов:

- рожковые
- чашечные
- кольцевые

Рожковые и чашечные мембраны являются наиболее точными. На рис. 4.103 представлена рожковая мембрана.

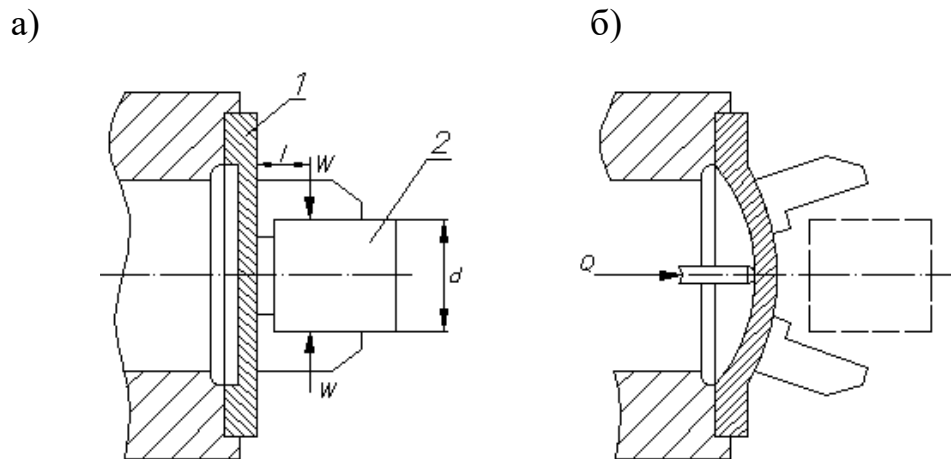


Рис. 4.103. Рожковая мембрана.

Обрабатываемая деталь 1 зажимается внутренними силами упругости мембраны 2 посредством ее рожков. Сила привода Q служит для разведения рожков при откреплении детали.

Чашечные и кольцевые мембраны (тарельчатые пружины) нормализованы.

Чашечные и рожковые мембраны изготавливаются из сталей 65Г, У10А, 30ХГС и термообрабатываются до твердости HRC 40...45.

Мембранные патроны могут обеспечить точность центрирования 0,003...0,005 мм.

Кольцевые мембраны (тарельчатые пружины) применяются в случаях, когда при значительных нагрузках мембраны должны иметь малые габаритные размеры.

Они обычно применяются пакетами. На рис. 4.104 показана кольцевая мембрана, а на рис. 4.105 – схема механизма с двумя пакетами мембран для центрирования по внутренней цилиндрической поверхности.

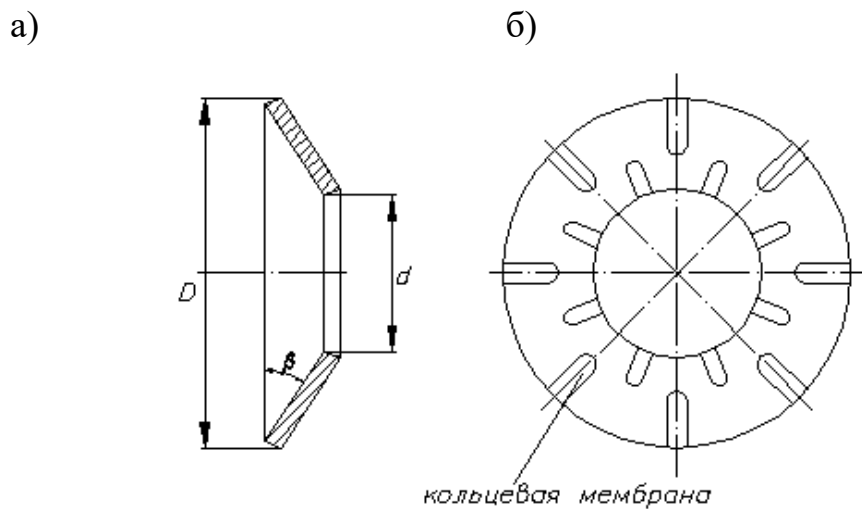


Рис. 4.104. Кольцевая мембрана.

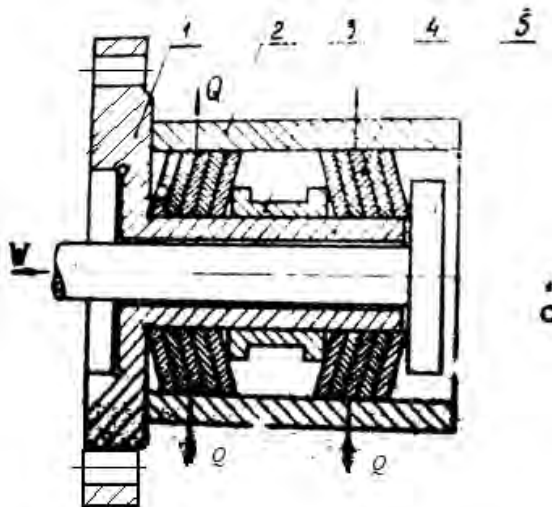


Рис. 4.105. Оправка самоцентрирующая с кольцевыми мембранами.

На корпус 1 одевается два пакета мембран 4, между которыми располагается втулка 3. Если стержень 3 получает перемещение влево, то пакеты сплющиваются, мембраны увеличиваются в диаметре, и деталь центрируется и зажимается. Диаметры кольцевых мембран могут увеличиваться на 0,15...0,4 мм в зависимости от размера. Базирующие поверхности могут быть изготовлены по 5...11 квалитетам. Точность центрирования может быть в пределах 0,01...0,02 мм.

Для определения необходимой величины тягового усилия привода Q рассмотрим равновесие мембраны в конечном положении при закреплении (рис. 4.104, б).

Наличие радиальных прорезей позволяет с достаточной для практических расчетов точностью рассматривать мембрану как наклонную распорку между корпусом и заготовкой.

Тогда из силового треугольника можно записать:

$$0,75 \cdot Q = W \cdot \frac{1}{\operatorname{tg} \beta};$$

отсюда
$$W = 0,75 \cdot Q \cdot \operatorname{tg} \beta,$$

где β – угол наклона мембраны в деформированном состоянии.

Для мембраны с $d < 50$ мм $\beta = 9 \dots 10^\circ$, с $d > 50$ мм $\beta = 12^\circ$.

Коэффициент 0,75 введен исходя из допущения, что 25% тягового усилия расходуется на деформацию мембраны в пределах зазора между базовым отверстием заготовки и мембраной в недеформированном состоянии.

Тарельчатые пружины (кольцевые мембраны) изготавливаются из стали марки 60С2А и термообрабатываются до твердости HRC 40...45.

Гидравлические (гидропластовые) самоцентрирующие механизмы

Такие механизмы применяются для центрирования как по наружному, так и по внутреннему диаметру. Точность базовых

поверхностей закрепляемых деталей должна быть не ниже 7...9 квалитетов. Точность центрирования 0,01 мм. На рис. 4.106 показана схема гидропластового самоцентрирующего механизма.

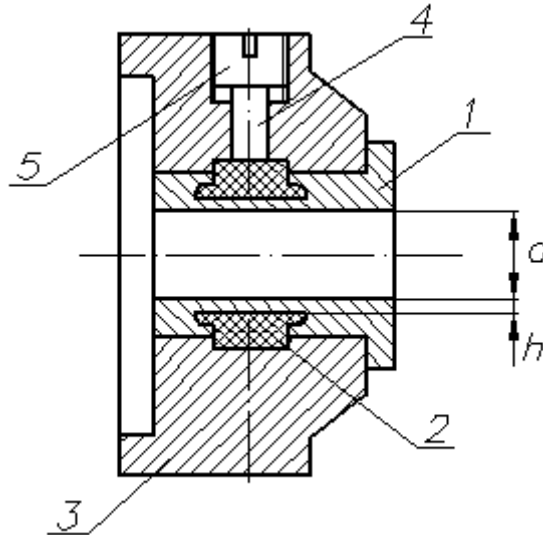


Рис. 4.106. Гидропластовый патрон.

В корпус 3 запрессована тонкостенная втулка 1 в горячем состоянии. Между корпусом и тонкостенной частью втулки расточена кольцевая замкнутая полость, заполненная гидропластом 2. Винтом 5 через плунжер 4 создается давление p , которое деформирует тонкостенную часть втулки, центрирующую и зажимающую заготовку.

При проектировании механизмов с гидропластом рассчитываются:

- 1) параметры упругих тонкостенных втулок;
- 2) размеры нажимных винтов и плунжеров у приспособлений с ручным приводом;
- 3) размеры плунжеров, диаметры цилиндра и ход поршня у приспособлений с механизированным приводом.

Все данные для расчета приведены в книжке Ансера М. А. «Приспособления для металлорежущих станков».

Для изготовления тонкостенных втулок применяют стали марок У7А и 30ХГС, которые термообрабатываются до твердости HRC 35...40.

Силовые приводы

Механизированные приводы применяются с целью повышения производительности станков и облегчения труда рабочего. Приводы применяются для механизации и автоматизации установки заготовок на станках, включения и выключения станков, закрепления заготовок, поворота приспособлений, выталкивания деталей и т.п.

В настоящее время для приспособлений широко применяются следующие приводы:

- пневматические;
- гидравлические;
- пневмогидравлические;
- электромеханические;
- магнитные;
- электромагнитные;
- электростатические;
- вакуумные;
- центробежно-инерционные;
- от движущихся частей станков;
- от сил резания.

Пневматические приводы

Пневматические приводы в современном производстве получили широкое распространение.

Преимущества пневмоприводов:

- 1) быстрота действия (0,5...1,5 с);
- 2) постоянство силы зажима в течение всей обработки;
- 3) регулировка зажимной силы в нужных пределах с помощью регулятора давления, что особенно важно при обработке нежестких деталей;

- 4) удобство обслуживания;
- 5) простота конструкции;
- 6) облегчение труда.

Недостатки:

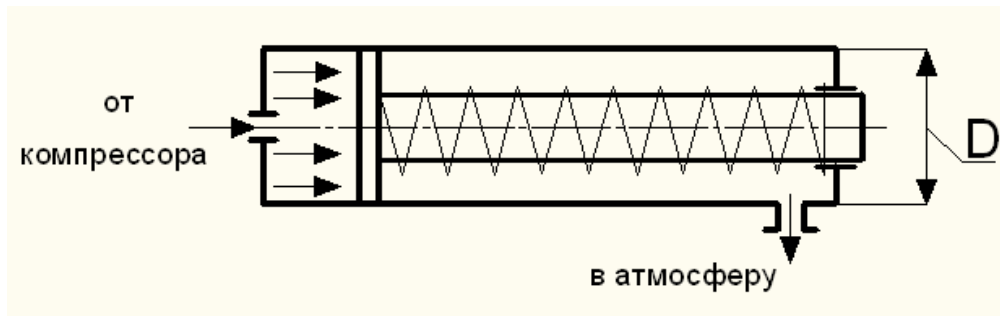
- 1) недостаточная плавность перемещения рабочих органов;
- 2) большие габариты из-за низкого давления воздуха;
- 3) шум при выпуске воздуха из силовых агрегатов;
- 4) большая стоимость энергии сжатого воздуха по сравнению с электроэнергией при выполнении той же работы.

Пневматический привод приводится в действие сжатым воздухом из сети компрессорной станции.

Пневмоприводы состоят из силового узла, пневматической аппаратуры и воздухопроводов.

В качестве *силового узла* применяется цилиндр с поршнем или камера с диафрагмой. Поэтому приводы делятся на поршневые и диафрагменные (рис. 4.107).

а)



б)

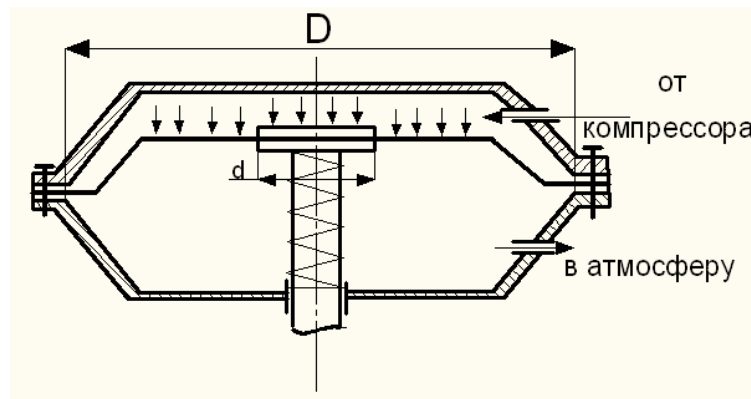


Рис. 4.107. Схемы поршневого (а) и диафрагменного (б) пневмоприводов.

Диафрагменные пневмокамеры имеют ряд преимуществ перед пневмоцилиндрами:

- 1). у камер одностороннего действия отсутствуют уплотнения и исключается утечка воздуха, не требуют за собой ухода;
- 2). камеры компактны и имеют небольшой вес, изготовление их проще и дешевле;
- 3). диафрагмы долговечны – они выдерживают более 600 000 циклов, а уплотнения для цилиндров служат лишь 10 000 циклов.

Основные недостатки пневмокамер:

- 1). малый ход штока (до 35...40 мм для тарельчатых диафрагм, до 15 мм – для дисковых);
- 2). непостоянство развиваемого усилия.

Диафрагмы изготавливают из:

- ткани в 4-5 слоев (толщиной 6-7 мм), пропитанны маслостойкой резиной;

- из листовой резины (4...5 мм);

- из стали 60С2А толщиной 1,5 мм (дисковые диафрагмы).

Пневмоприводы могут быть: одностороннего действия (с возвратом штока в исходное положение с помощью пружин) и двухстороннего.

По методам компоновки с приспособлениями приводы могут быть:

- прикрепляемые;

- встроенные;

- универсальные или агрегатированные.

Прикрепляемые приводы – это нормализованные узлы, которые прикрепляются к корпусу приспособления.

Их легко менять. Используются в массовом и серийном производствах. Прикрепляемые приводы нормализованы 3-х типов, отличающихся элементами для их закрепления на корпусе приспособления:

- 1) неподвижные – крепятся с помощью ножек или фланцев;
- 2) качающиеся – имеют специальное ушко;
- 3) вращающиеся.

Последние применяются для закрепления деталей на токарных и круглошлифовальных станках, а также на поворотных столах многопозиционных агрегатных станков. Крепятся они на заднем конце шпинделя станка посредством переходной планшайбы. Пневмоцилиндр вращается вместе со шпинделем станка, а муфта обеспечивающая подачу воздуха, не вращается.

Нормализованы цилиндры с диаметром от 20 до 300 мм, и пневмокамеры – от 175 до 400 мм.

Встроенные приводы делаются заодно с корпусом приспособления. Эти приводы специальные, создают компактность приспособлений, но

затрудняют ремонт. В них нормализованы поршни, штоки, уплотнения. Применяются в крупносерийном и массовом производствах.

Универсальные и агрегатированные приводы полностью выделены в самостоятельный агрегат и многократно используются в компоновках с различными приспособлениями. Нормализованы несколько типов таких приводов. Применяются в серийном производстве.

Приводы одностороннего действия применяются в следующих случаях:

- 1) когда не требуется большой ход поршня;
- 2) когда сила зажима передается либо непосредственно на деталь или рычаг, т.е. когда не требуется большой силы для отвода зажимных элементов в исходное положение.

Сила на штоке цилиндра одностороннего действия рассчитывается по формуле:

$$Q = p \frac{\pi D^2}{4} \eta - q;$$

где p – давление в пневмосети;

D – диаметр поршня;

$\eta = 0,96-0,97$ – КПД цилиндра;

q – сопротивление предельно сжатой пружины обратного хода.

При расчете силы на штоке пневмокамеры с достаточной для практики точностью можно считать, что камера развивает такое же усилие, что и цилиндр диаметром $D_{\text{ср}} = \frac{D+d}{2}$ (D – диаметр диафрагмы, d – диаметр жесткого фланца крепления штока):

$$Q = p \frac{\pi}{4} \left(\frac{D+d}{2}\right)^2 \eta - q.$$

Приводы двухстороннего действия (рис. 4.108) применяются в следующих случаях:

- 1) когда требуется большой ход поршня;

2) когда требуется значительное усилие на возврат в исходное положение зажимных элементов;

3) когда оба хода должны быть рабочими.

Сила на штоке рассчитывается по следующим формулам:

а) для цилиндра

на прямом ходе

$$Q = p \frac{\pi D^2}{4} \eta;$$

на обратном ходе

$$Q = p \frac{\pi}{4} (D^2 - d_1^2) \eta;$$

б) для пневмокамеры

на прямом ходе

$$Q = p \frac{\pi}{16} (D + d)^2 \eta;$$

на обратном ходе

$$Q = p \frac{\pi}{4} \left[\frac{(D + d)^2}{2} - d_1^2 \right] \eta;$$

где d_1 - диаметр штока.

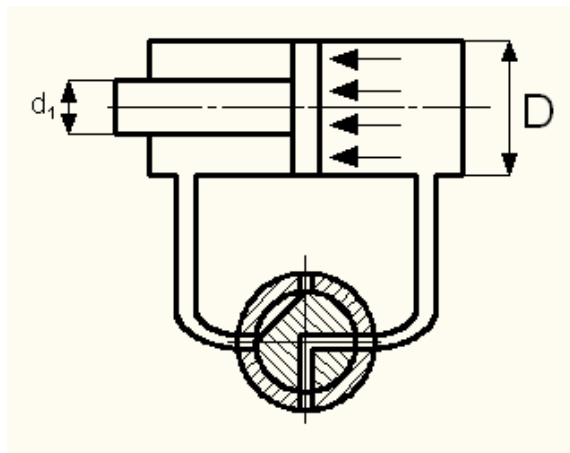


Рис. 4.108. Пневмоцилиндр двухстороннего действия.

Для увеличения зажимного усилия без увеличения диаметра цилиндра применяют сдвоенные и строенные пневмокамеры и цилиндры. Усилие на штоке определяется аналогично указанному выше.

Пневмогидравлический привод

Этот привод в приспособлениях применяется в двух случаях:

- 1) для усиления пневмозажима;
- 2) для получения равномерной подачи (плавности хода) штока.

Принципиальная схема пневмогидропривода дана на рисунке 4.109.

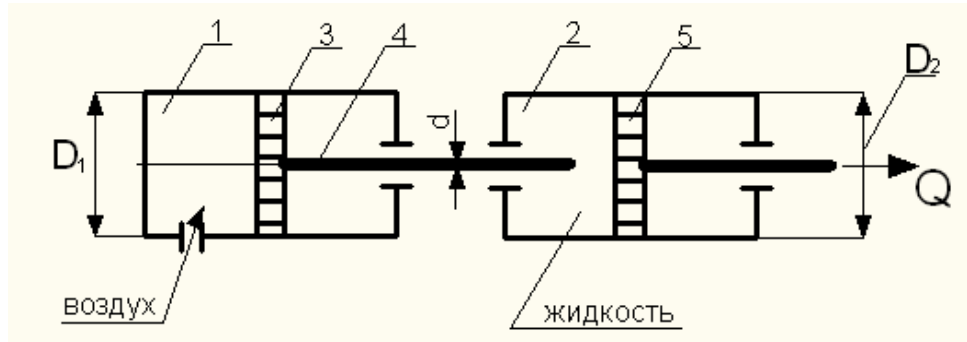


Рис. 4.109. Схема пневмогидропривода.

В цилиндр 1 подается сжатый воздух, в цилиндре 2 находится жидкость. Усилие, развиваемое поршнем 3 под давлением сжатого воздуха полностью передается на жидкость гидроцилиндра 2 через шток 4, площадь которого во много раз меньше площади поршня пневмоцилиндра. Через жидкость шток передает давление на поршень гидроцилиндра 5, который усиливает это давление во столько раз, во сколько раз площадь поршня больше площади штока.

Расчет усилия можно произвести следующим образом.

Пневмоцилиндр развивает усилие

$$Q' = p \frac{\pi D_1^2}{4} \eta_{пн};$$

Гидростатическое давление p' в гидроцилиндре получим, если усилие Q' разделим на площадь штока:

$$p' = Q' / \frac{\pi d^2}{4}.$$

Отсюда

$$p' = p \frac{D_1^2}{d^2} \eta_{пн};$$

Тогда усилие, развиваемое пневмогидравлическим приводом будет равно

$$Q = p \frac{\pi}{4} \frac{D_1^2 D_2^2}{d^2} \eta;$$

где $\eta = \eta_{\text{пн}} \eta_{\text{г}} = 0,8 \dots 0,85$ – КПД механизма.

D_1 и D_2 – диаметры пневмо- и гидроцилиндров.

p – давление воздуха в сети.

d – диаметр штока пневмоцилиндра.

Гидравлические приводы.

Ценным свойством гидравлических приводов является возможность получения больших усилий зажима. Их целесообразно применять в многоместных приспособлениях, в приспособлениях для зажима крупных деталей в нескольких точках одновременно.

Гидравлические приводы обладают рядом преимуществ перед пневматическими:

- 1) высокая надежность;
- 2) меньше габариты. Давление жидкости $P=4 \dots 8$ МПа, поэтому гидроприводы компактны;
- 3) наличие гидроприводов на многих станках.

Недостатки:

- 1) гидросистема требует тщательного ухода в целях предупреждения утечки масла;
- 2) высокая стоимость гидроаппаратуры;
- 3) невозможные частые переналадки станков из-за сложности подключения, регулировки и ликвидации течей;
- 4) низкий КПД гидроустановки, т.к. наиболее производительно насос работает лишь в процессе закрепления и открепления заготовки. Для повышения КПД в систему вводят гидроаккумуляторы.

Питание приспособлений жидкостью, подаваемой под высоким давлением производится либо от гидросистемы станка либо от

независимой гидроустановки, состоящей из электродвигателя, насоса, резервуара для масла и аппаратуры управления и регулирования.

На рисунке 4.110 показана схема гидравлического зажимного устройства, состоящего из:

- силовой аппаратуры 4 (цилиндр, шток, поршень, уплотнения);
- аппаратуры управления 3 (золотниковое устройство);
- контрольно-регулирующей аппаратуры 7 (предохранительный и обратный клапаны, гидроаккумулятор, редуциционный клапан, манометры и др.);

- насоса 2 и масляной ванны 1.

Привод обслуживает приспособление 5 с закрепляемой деталью 6.

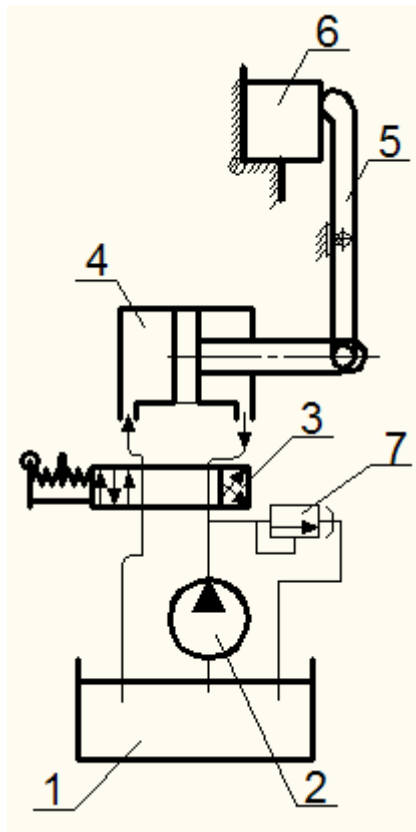


Рис. 4.110. Гидравлическое зажимное устройство.

Усилие, развиваемое гидроцилиндром двустороннего действия, подсчитывается по уже известной формуле (аналогично пневмоцилиндру):

на прямом ходе
$$Q_1 = p \frac{\pi D^2}{4} \eta_{\Gamma};$$

на обратном ходе $Q_2 = p \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \eta_{\text{г}}$;

где $\eta_{\text{г}}$ – КПД гидроцилиндра.

Гидравлические цилиндры могут быть трех типов: неподвижные, качающиеся и вращающиеся. Они нормализованы в пределах диаметров от 25 до 150 мм.

Электромеханические приводы.

На рисунке 4.111 представлена схема электромеханического привода.

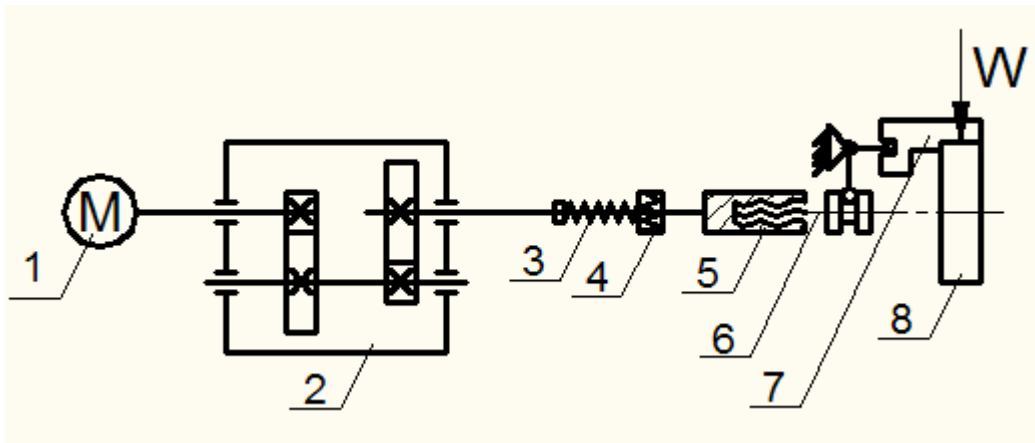


Рис. 4.111. Схема электромеханического привода.

Привод состоит из следующих узлов:

- электромотора 1 (асинхронный двигатель трехфазного тока с короткозамкнутым ротором; эти двигатели просты по конструкции, надежны в эксплуатации, не нуждаются в пусковом реостате);
- редуктора 2 (чаще всего используют компактный с большим передаточным отношением червячный редуктор);
- пружины 3;
- кулачковой муфты 4;
- пары винт-гайка (6 и 5);
- трехкулачкового самоцентрирующего патрона 7 с рычажным механизмом, который зажимает деталь 8.

От электромотора 1 через редуктор 2, кулачковую муфту 4 вращение передается на гайку 5. Гайка 5 при своем вращении перемещает винт 6, который приводит в действие зажимной механизм 7. При достижении необходимой силы зажима элементы 5, 6, 7 и половина муфты 4 останавливаются, а левая половина муфты 4, установленная на скользящей шпонке отжимается влево, преодолевая сопротивление пружины 3. При этом слышно щелканье зубьев муфты, что служит сигналом для выключения электродвигателя. Если на пути движения левой половины муфты поставить концевой выключатель, то будет осуществляться автоматический останов двигателя. Регулированием пружины 3 можно изменять величину зажимной силы патрона.

Крутящий момент двигателя, передаваемый через резьбовую пару, может быть определен из формулы:

$$M = \frac{P i r_v \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}{\eta};$$

где P – необходимое тяговое усилие привода приспособления;

i – передаточное отношение от двигателя к тяге;

r_v – радиус винта;

α – угол подъема резьбы;

φ – угол трения в резьбе;

η – КПД передачи от двигателя к тяге.

Приспособления с электромеханическими приводами применяются в токарно-револьверных, агрегатных станках и автоматических линиях.

Эти приводы универсальны (могут зажимать заготовки из любых материалов и любой конфигурации) и имеют возможность регулировки зажимного усилия в нужных пределах.

К недостаткам этих приводов можно отнести сложность конструкции.

Магнитные приводы

В приспособлениях, где для закрепления деталей используется энергия магнитного поля, трудно выделить собственно привод из общей конструкции устройства (в отличие от пневматического, гидравлического и других приводов). Поэтому обычно рассматриваются магнитные приспособления в целом, а понятие «магнитный привод» используется при классификации приспособлений по виду источника энергии.

Магнитные приспособления обладают рядом достоинств по сравнению с другими быстродействующими приспособлениями, которые обеспечивают их широкое применение в производстве:

- 1) равномерное распределение силы притяжения по всей опорной поверхности деталей вместо приложения сосредоточенных нагрузок;
- 2) удобный и технически простой подвод энергии или полная автономность в действии (в случае применения постоянных магнитов);
- 3) большое рабочее пространство и широкий доступ к обрабатываемым поверхностям;
- 4) высокая жесткость приспособления, обеспечивающая точную обработку;
- 5) удобство управления;
- 6) отсутствие сложных дополнительных устройств для обеспечения работы магнитных приспособлений.

По источнику энергии магнитные приспособления делятся на:

- электромагнитные и
- приспособления с постоянными магнитами.

Электромагнитные приспособления

Они выполняются преимущественно в виде плит и планшайб для закрепления стальных и чугунных заготовок с плоской базовой поверхностью, либо магнитных приспособлений (переходников).

Питание электромагнитных приспособлений производится постоянным током ($U_{ном} = 36, 48, 110$ или 220 В), который получают от мотогенераторов или выпрямителей. Эти приспособления отличаются простотой конструкции, удобством управления и невысокой стоимостью.

Так как их электромагнитное поле простирается относительно далеко, оно может намагнитить металлический режущий инструмент, что приведет к снижению эффективности процесса резания. Поэтому область их ограничивается плоскошлифовальными станками, где инструментом служит абразивный круг.

Схема электромагнитного зажимного устройства выглядит следующим образом (рис. 4.112).

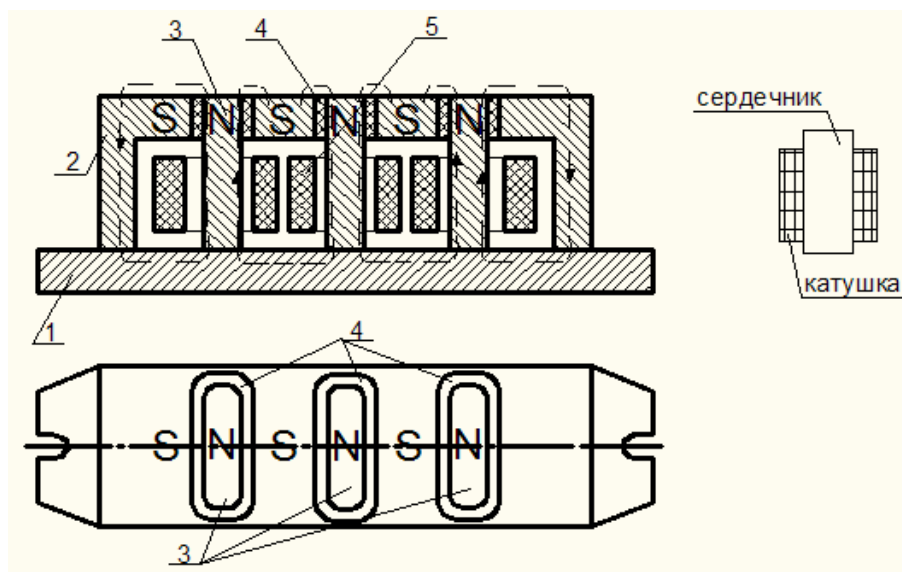


Рис. 4.112. Схема электромагнитной плиты.

К основанию 1 винтами прикреплен корпус 2 с окнами, в которые вставлены плоские сердечники 3, соединенные с основанием 1. Между корпусом и сердечником устанавливаются немагнитные прокладки 4. На каждом сердечнике смонтирована электромагнитная катушка 5.

Заготовка устанавливается на зеркало плиты и перекрывает (замыкает) полюсники-сердечники 3 на корпус. Притяжение заготовки к

зеркалу плиты обуславливается тем, что она, являясь проводником магнитного потока, дает возможность замыкаться потоку между полюсами электромагнита.

Усилие притяжения при закреплении детали магнитным полем определяется по формуле

$$Q = 4,06 \frac{\Phi^2}{S};$$

$$Q = 4,06 B^2 S;$$

где Q – усилие притяжения в кгс; Φ – величина магнитного потока, пересекающего опорную поверхность детали, в Вб; S – площадь, на которую поток распространяется, в см²;

$B = \Phi/S$ – плотность магнитного потока (магнитная индукция) в Вб/м².

Сила притяжения заготовки зависит от материала, габаритов и шероховатости опорной поверхности заготовки, а также от характеристики магнитной плиты. При закреплении тонкостенных заготовок величина силы притяжения зависит от толщины заготовки. Это связано с тем, что при малой толщине заготовки не весь магнитный поток замыкается через нее, а часть его рассеивается в окружающее пространство. С увеличением толщины заготовки сила притяжения увеличивается, а при толщинах больших ширины полюсников-сердечников стабилизируется, так как весь магнитный поток замыкается через заготовку.

С увеличением высоты микронеровностей базовой поверхности заготовки увеличивается воздушный зазор между заготовкой и сердечниками. При прохождении этого зазора магнитный поток ослабевает. Поэтому с увеличением микронеровностей снижается сила притяжения. В целом удельная сила притяжения для электромагнитных плит колеблется в пределах от 1,6 до 3,5 кгс/см² (0,16...0,35 МПа).

Электромагнитные плиты стандартизованы ГОСТ 17519-72. Они выпускаются двух типов: с отверстиями либо с пазами для крепления их к

столу станка. Установлено три класса точности плит: повышенной – П, высокой – В и особо высокой – А, предназначенных для закрепления заготовок из ферромагнитных материалов.

Значительное расширение возможностей применения электромагнитных плит дают наставки (переходники), которые устанавливаются на плиту и изменяют форму базовой поверхности (рис. 4.113). Переходники дают возможность закреплять заготовки, имеющие сложную форму, цилиндрическую, коническую или закреплять плоские заготовки под углом.

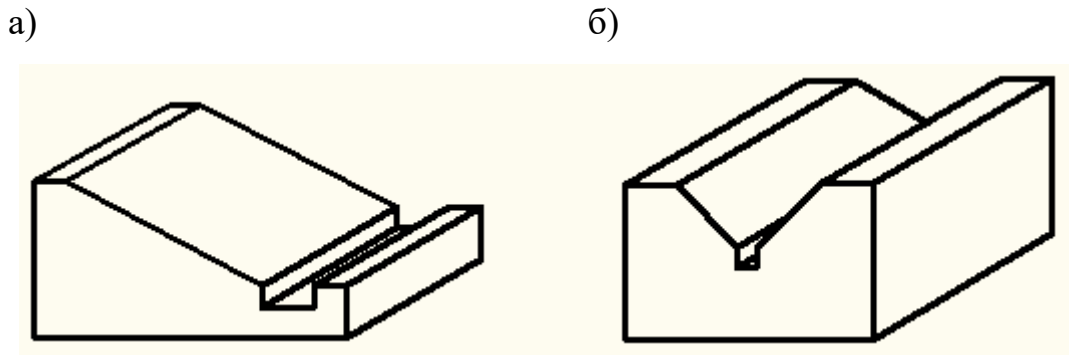


Рис. 4.113. Переходники: а – односторонняя призма; б – призма для валов и втулок и т.п.

Приспособления с постоянными магнитами

Основным достоинством этих приспособлений является автономность их действия, так как будучи однажды намагниченными они сохраняют свою работоспособность в течение длительного времени и не требуют при этом дополнительных источников энергии.

Эти приспособления имеют постоянные магниты. Удерживаемая заготовка является якорем, через который замыкается магнитный силовой поток. Для открепления детали магнит должен быть сдвинут или повернут с тем, чтобы магнитный поток замкнулся через корпус приспособления, минуя заготовку.

а)

б)

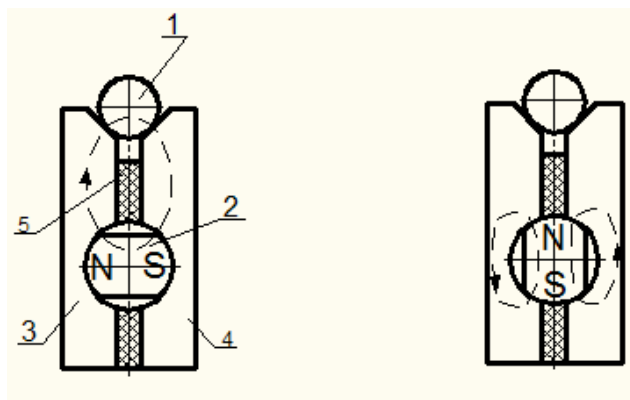


Рис. 4.114. Схема приспособления с постоянным магнитом: а – закреплено, б – откреплено.

На рисунке 4.114 показана магнитная призма для закрепления цилиндрических заготовок. При горизонтальном положении магнита 2 (рис. 4.114,а) магнитный силовой поток проходит через обе щеки призмы, разделенные немагнитной пластиной 5, и притягивает заготовку к призме. При вертикальном положении магнита магнитный поток замыкается в половинках призмы, и заготовка освобождена (рис. 4.114,б).

На рис. 4.115 схематично показано устройство плоской магнитной плиты, применяемой для закрепления деталей при их обработке на различных станках. Она представляет собой корпус 4 (рис. 4.115, а), установленный на нижней стальной плите 5. В верхней стальной плите 3 установлены полюсные вставки 2, изолированные от плиты прослойками 1 из немагнитного материала. Магнитный блок, расположенный в корпусе плиты, имеет возможность продольного перемещения и состоит из набора постоянных магнитов 6, пластин 7, выполненных из железа Армко, обладающего высокой магнитной проницаемостью, и прокладок 8 из немагнитного материала, изолирующих постоянные магниты от пластин 7.

При расположении магнитного блока в положении, как показано на рис. 4.115,а, магнитный силовой поток проходит через верхнюю плиту 3, установленную на ней деталь, тем самым притягивая ее к плите, и через вставки 2 и пластины 7 замыкается на нижнюю плиту.

Для снятия детали с плиты блок с магнитами перемещается в корпусе до тех пор, пока середина пластины 7 не окажется против одной из изолирующих прокладок в верхней плите, как показано на рис. 4.115,б. В этом случае магнитный силовой поток пойдет по пути наименьшего сопротивления, т.е. непосредственно через верхнюю плиту, пластины 7 и замкнется на нижнюю плиту. При этом деталь освобождается и может быть снята с плиты. Перемещение магнитного блока осуществляется с помощью эксцентрика либо многозаходного винта.

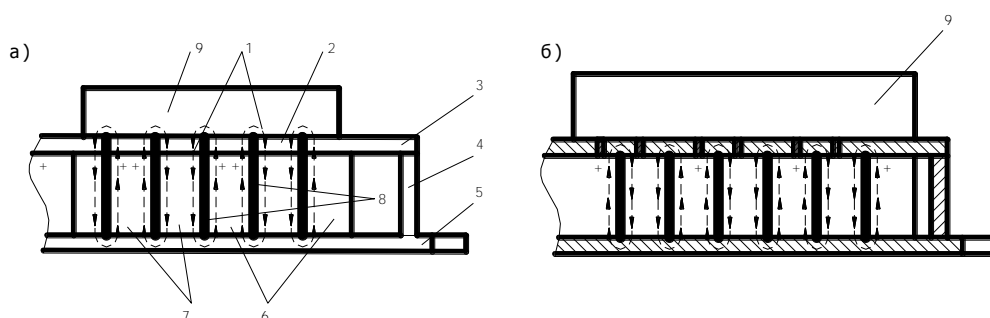


Рис. 4.115. Положение блоков плит с постоянными магнитами: а – при закреплении детали; б – при освобождении детали. 1 – прослойки из немагнитного материала;
2 – полюсные вставки; 3 – верхняя стальная плита; 4 – корпус; 5 – нижняя стальная плита;
6 – постоянные магниты; 7 – пластины из железа Армко; 8 – прокладки из немагнитного материала; 9 – закрепляемая деталь.

С целью сохранения магнитных свойств в течение длительного времени, а следовательно, и притягивающей силы постоянные магниты изготавливают из специальных сплавов. Наиболее распространенными являются магниты, отлитые из сплавов альнико и магнико. В последнее время находят широкое применение постоянные магниты, полученные методом порошковой металлургии, т.е. прессованием оксидно-бариевых смесей ($BaO \cdot 6Fe_2O_3$) с последующим их спеканием. Такие магниты обладают большой удельной притягивающей силой (для деталей из стали

до 1,1МПа), а также значительно меньшим рассеиванием магнитного потока.

Приспособления с постоянными магнитами обладают рядом преимуществ по сравнению с другими приспособлениями для закрепления деталей. К ним следует отнести: быстрое действие зажима; равномерное распределение усилий зажима по всей базовой поверхности детали; возможность работы в любых условиях и без электрического тока; простота обслуживания, сводящаяся только к восстановлению магнитных свойств блока магнитов; большая безопасность при эксплуатации, так как в отличие от электромагнитных устройств исключается срыв детали при случайном выключении тока; небольшая масса и малые размеры.

Устройства с постоянными магнитами могут быть использованы не только для шлифования, но и для закрепления деталей различной формы при обработке их на различных станках.

Устройства для размагничивания. После закрепления деталей на магнитных плитах происходит их остаточное намагничивание, что, как правило, недопустимо для последующей обработки или сборки. Поэтому для его снятия выполняют операцию по их размагничиванию.

Размагничивание деталей производят путем их встряхивания или с помощью специальных устройств, называемых демагнитизаторами.

Принцип действия демагнитизатора заключается в создании меняющего свою полярность магнитного поля. На рис. 4.116 приведена схема работы демагнитизатора. В корпусе 1, выполненном из немагнитного металла, вмонтированы сердечники 3, соединенные стальной планкой 4. На сердечники надеты две катушки 2, которые соединены последовательно и подключены к источнику переменного тока. Торцы сердечников с помощью пружины 5 постоянно поджимаются к верхней стальной крышке 6, разделенной на две части текстолитовой прокладкой 7.

Для замыкания возникающего переменного магнитного поля детали необходимо сообщить возвратно-поступательное перемещение в направлении, перпендикулярном к разделительной прокладке.

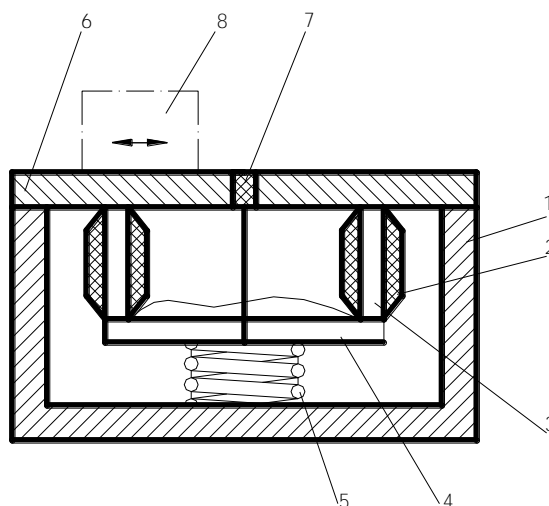


Рис. 4.116. Схема работы демагнетизатора: 1 – корпус из немагнитного металла; 2 – катушки; 3 – сердечники; 4 – соединительная стальная планка; 5 – пружина; 6 – крышка; 7 – текстолитовая прокладка; 8 – деталь.

Электростатические приспособления

Как было уже описано выше, магнитные и электромагнитные плиты, патроны и другая оснастка применяется для закрепления деталей из материалов, обладающих магнитными свойствами.

В приборостроении же, где большая часть деталей выполняется из цветных металлов и сплавов, где большинство деталей нежестки и требуется большая точность их изготовления, перспективными являются приспособления, в которых используются электростатические силы притяжения. Такие приспособления обеспечивают достаточно надежное закрепление деталей с равномерным нагружением по их опорной поверхности.

Электростатические крепежные устройства (ЭКУ) обладают рядом достоинств по сравнению с другими типами оснастки:

- высокой универсальностью. ЭКУ дают возможность крепить детали, выполненные как из магнитных, так и немагнитных металлов и сплавов, с самым разнообразным контуром опорной поверхности, с различными по конфигурации отверстиями и полостями. Благодаря тому, что электростатическая зажимная система основана на поверхностном эффекте, такие изделия крепятся на ЭКУ с тем же усилием, что и толстые;

- высокой точностью обработки при достаточно высокой производительности процесса. Это связано с равномерностью притяжения деталей по всей опорной поверхности приспособления и отсутствием у закрепленных деталей короблений и значительных упругих деформаций, иногда имеющих место даже при использовании полюсных магнитных приспособлений;

- отсутствием в обработанных на ЭКУ деталях остаточного магнетизма, благодаря чему не требуется введения в технологический процесс дополнительных операций по их размагничиванию;

- быстродействием операций закрепления и съема деталей, открывающим широкие возможности для автоматизации и механизации технологического процесса.

К недостаткам электростатических станочных приспособлений можно отнести следующее:

- так как глубина проникновения электростатического поля значительно меньше, чем магнитного, то детали с большой шероховатостью или неровной поверхностью не могут закреплены с достаточной силой. Снижает усилие закрепления и грязь, попадающая между деталью и рабочей поверхностью приспособления;

- невозможность использования для охлаждения при механической обработке стандартных СОЖ на водяной основе, которые способствуют пробое диэлектрического покрытия. В качестве СОЖ при обработке на ЭКУ рекомендуется использовать только диэлектрические жидкости,

например, трансформаторное масло, что требует дополнительных расходов;

– старение диэлектрического покрытия приводит к изменению (уменьшению) силы притяжения заготовки.

Электростатическое крепежное устройство представляет собой прибор, непосредственно преобразующий энергию электростатического поля в механическую силу притяжения. Наиболее простым ЭКУ является конденсатор, у которого сила притяжения обкладок друг к другу незначительна и согласно закону Кулона равняется:

$$Q = \frac{1}{4\pi \cdot \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

где q_1, q_2 – электрические заряды на обкладках конденсатора;

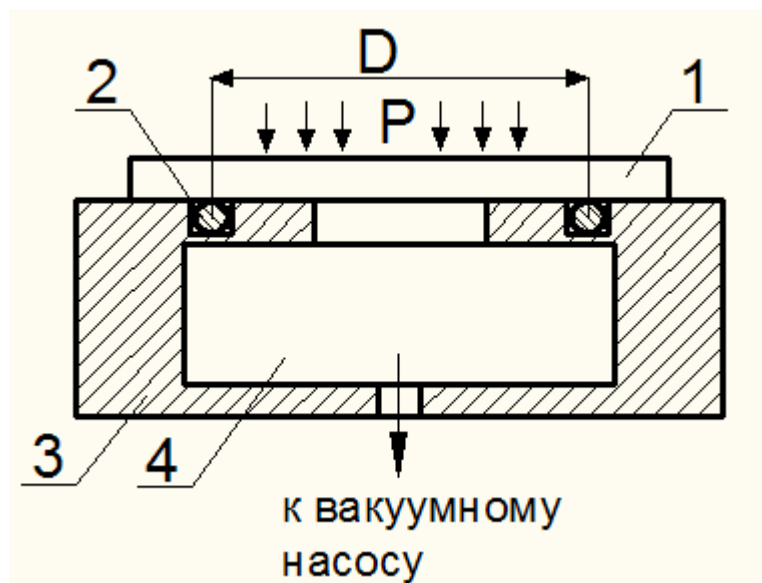
$\varepsilon_1, \varepsilon_0$ – диэлектрические проницаемости окружающей среды и вакуума;

r – расстояние между зарядами.

В современном приборостроении ЭКУ получили применение главным образом в качестве электростатических плит или планшайб для закрепления деталей из немагнитных металлов (фрезеровании, точении, шлифовании, полировании). Усилие притяжения в них возникает между деталью и полупроводящей плитой с нанесенной на нее диэлектрической пленкой при наличии между ними разности потенциалов. Контактная поверхность закрепляемых деталей должна быть чистой, свободной от загрязнения, заусенцев и вмятин. Неплоскостность должна быть не более 0,1 мм. Неметаллические детали, например, из стекла, пластмассы, керамики, требуют нанесения токопроводящего слоя на базовую поверхность контакта.

Вакуумные приводы

Вакуумные зажимные устройства работают по принципу прижатия заготовки атмосферным давлением. Они применяются для зажима заготовок из различных материалов с плоской или криволинейной базовой поверхностью (рис. 4.118).



1 – заготовка 2 – уплотнительное кольцо 3 – корпус приспособления 4 – полость; объем ее должен быть минимальным для уменьшения времени срабатывания.

Рис. 4.118. Схема вакуумного зажимного устройства.

Атмосферное давление прижимает заготовку 1 к корпусу 3. Для получения герметичности системы делается уплотнение из вакуумного резинового шнура.

При установке заготовки чистой шлифованной базой допускается применение приспособлений без уплотнения.

При закреплении тонкостенных легко деформируемых заготовок на установочной плоскости делается ряд мелких тесно расположенных отверстий, через которые отсасывается воздух и происходит многоточечный прижим заготовки к установочной плоскости (рис. 4.119).

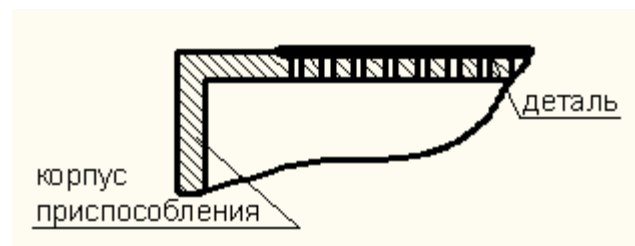


Рис. 4.119. Схема закрепления легко деформируемых заготовок.

Сила, прижимающая заготовку, определяется следующим образом:

$$W = F (1,033 - P) K;$$

где F – полезная площадь прижима в см^2 (площадь, ограниченная резиновым уплотнением – для жесткой детали и суммарная площадь отверстий в установочной плоскости – для тонкостенной детали);

P – остаточное давление в вакуумной камере, $\text{кг}/\text{см}^2$;

K – коэффициент герметичности вакуумной системы ($K=0,8 - 0,85$).

Вакуумные приводы применяются для чистовых операций.

Центробежно-инерционные приводы.

В этих приводах силовым источником является центробежная сила инерции вращающихся грузов. Они применяются для быстроходных станков токарной группы. Грузы обычно помещаются на шпинделе станка и им же приводятся во вращение.

Преимущество этих приводов в том, что они не требуют дополнительного источника энергии, просты в изготовлении и эксплуатации, включаются автоматически.

На рисунке 4.120 показана схема центробежно-инерционного привода.

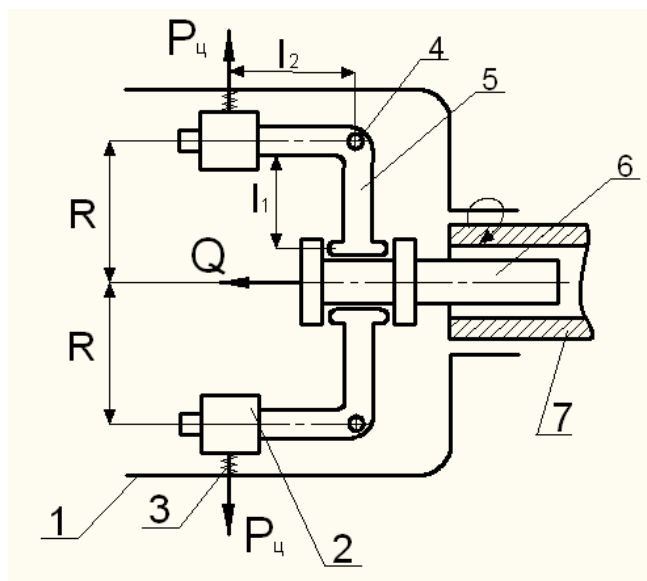


Рис. 4.120. Схема центробежно-инерционного привода токарного станка.

Грузы 2 надеты на большие плечи рычагов 5, меньшие плечи связаны с тягой 6, пропущенной через полость шпинделя. Сам привод закреплен на заднем конце шпинделя. При вращении шпинделя грузы расходятся, поворачивая рычаги вокруг осей 4, при этом тяга 6 перемещается и приводит в действие зажимной механизм, установленный на переднем конце шпинделя станка. Возвращение грузов и раскрепление заготовки производится пружинами 3. Регулирование силы зажима производится перемещением грузов по рычагам.

Расчет тяговой силы производится по формуле

$$Q = \left(\frac{G R \omega^2}{g} - q \right) \frac{l_2}{l_1} \eta_{\text{рыч}} n;$$

где G – вес груза, кг;

ω – угловая скорость вращения относительно оси шпинделя, 1/сек;

g – ускорение силы тяжести, м/сек²;

q – сопротивление пружины;

n – число грузов.

$\eta_{\text{рыч}}$ – КПД рычажной системы.

Приводы от движущихся частей станков

Используют в основном на сверлильных станках. На рисунке 4.121 показано подобное устройство, применяемое для многошпиндельных станков.

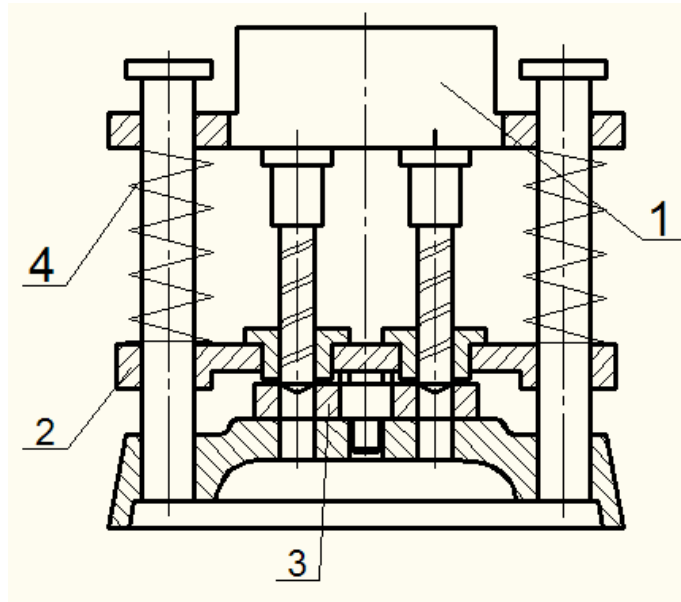


Рис. 4.121. Схема зажимного устройства сверлильного станка.

При опускании многошпиндельной головки 1, кондукторная плита 2 опускается вместе с ней до касания с деталью 3. При дальнейшем перемещении головки, плита через упор прижимает деталь за счет упругих сил пружин 4. Сила закрепления непрерывно растет и к концу сверления достигает максимума. При проектировании таких приспособлений необходимо подбирать размеры и другие параметры пружин таким образом, чтобы в начале сверления они развивали силу, достаточную для надежного закрепления заготовки.

При использовании подобных устройств рабочий освобождается от необходимости закрепления заготовки, поскольку это производится автоматически.

Недостаток таких зажимов – дополнительная нагрузка механизма подачи станка.

Приводы от сил резания

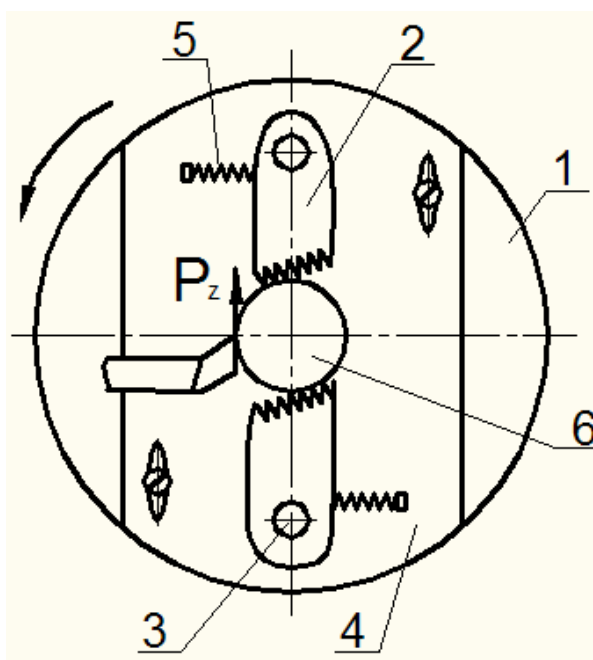


Рис. 4.122. Схема поводкового патрона.

Примером такого привода может служить схема (рис. 4.122) поводкового самозажимного патрона 1 с эксцентриковыми кулачками 2, применяемая на токарных многолезцовых станках. Заготовка 6 устанавливается в центрах. При установке кулачки 2 пружинами 5 прижимаются к заготовке. При резании сила P_z стремится повернуть заготовку, а вместе с ней кулачки вокруг оси 3. В результате заготовка заклинивается между кулачками. Для обеспечения равномерного зажима кулачки монтируются на плавающем ползуне 4. Угол подъема спирали кулачков $12...20^\circ$. Для открепления заготовки ее следует повернуть против часовой стрелки при остановленном шпинделе.

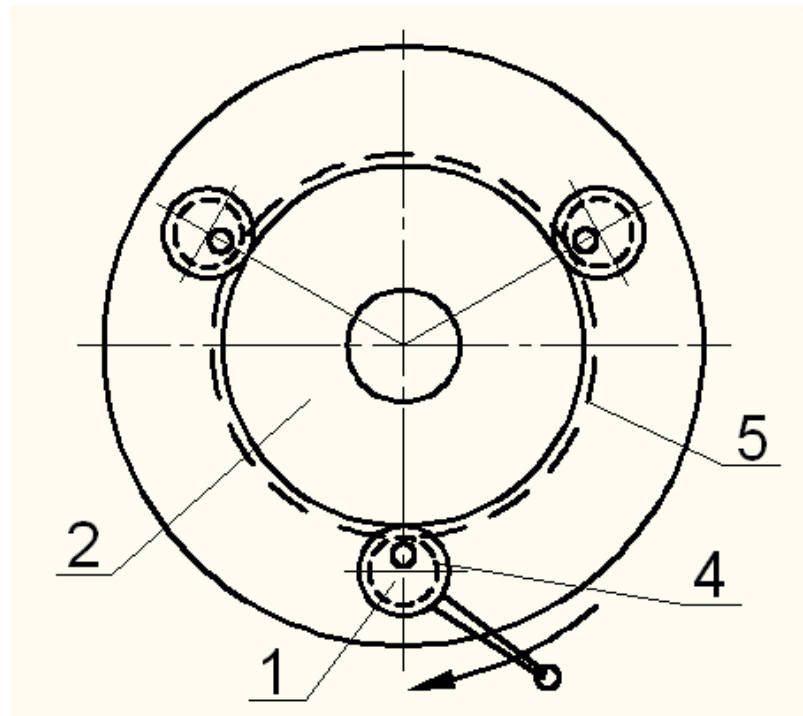


Рис. 4.123. Схема зажима детали эксцентриками.

На рисунке 4.123 приведена схема патрона с тремя эксцентриками 1, с помощью которых заготовка 2 при сверлении в ней центрального отверстия самозажимается. Предварительную затяжку заготовки производят поворотом рукоятки 3. Так как эксцентрики связаны зубчатой передачей 4-5, то поворот их происходит синхронно, чем обеспечивается хорошее центрирование заготовки. Открепление достигается поворотом рукоятки в обратном направлении. Подобные приспособления применяют при сверлении отверстий в штамповках зубчатых колес перед их протягиванием.

Во всех рассмотренных примерах эффект заклинивания тем выше, чем больше момент резания, возникающий при обработке. При конструировании этих устройств необходимо учитывать, что сила расклинивания не должна быть чрезмерно большой.

Элементы приспособлений для определения положения и направления инструмента

Эти элементы можно разбить на несколько групп:

- 1) элементы, которые определяют моменты прекращения подачи инструмента. Такими элементами являются упоры;
- 2) элементы для быстрой установки инструментов на размер. Такими элементами являются шаблоны и установовы;
- 3) элементы для направления осевого инструмента – кондукторные втулки;
- 4) элементы для определения траектории относительного движения инструмента и заготовки – копиры.

Упоры

Работы, при которых необходима автоматическая остановка подачи инструмента много. Сюда относится сверление глубоких отверстий, нарезание в них резьбы, обработка конических отверстий зенкерами и развертками, подрезка деталей, подрезка ступней валиков на токарных станках и так далее.

Во всех этих случаях конечное положение инструмента во время работы определяется доведением движущихся частей станков с закрепленными в них инструментами до упора.

Например, при сверлении глухих отверстий ограничителем подачи может служить стопорное кольцо 1 (рис. 4.124), надеваемое на сверло. Когда кольцо дойдет до буртика втулки 2, будет получена нужная глубина отверстия. При глубине отверстия a стопорное кольцо обеспечивает вылет сверла $a + b$.

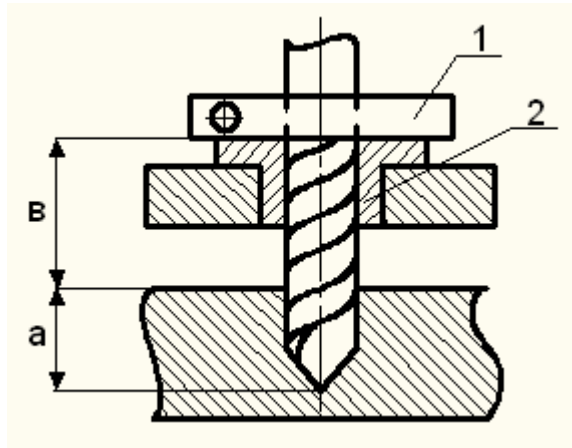


Рис. 4.124. Применение упора при сверлении глухих отверстий.

Для токарных работ применяют упоры, устанавливаемые на станине станка. Они фиксируют момент прекращения подачи суппорта.

Работа по упорам должна сопровождаться автоматическими остановками.

Шаблоны и установовы

При наладке и подналадке установка инструментов с помощью пробных стружек и промеров занимает много времени и часто сопровождается получением бракованных деталей, обрабатываемых при настройке. Значительным шагом по пути повышения производительности труда является применение элементов приспособлений, по которым производится установка инструментов на размер. Такими элементами являются шаблоны и установовы.

Применение шаблонов типично для токарных работ, а установов – для фрезерных.

На рис. 4.125,а показан пример установки двух подрезных резцов по шаблону 1.

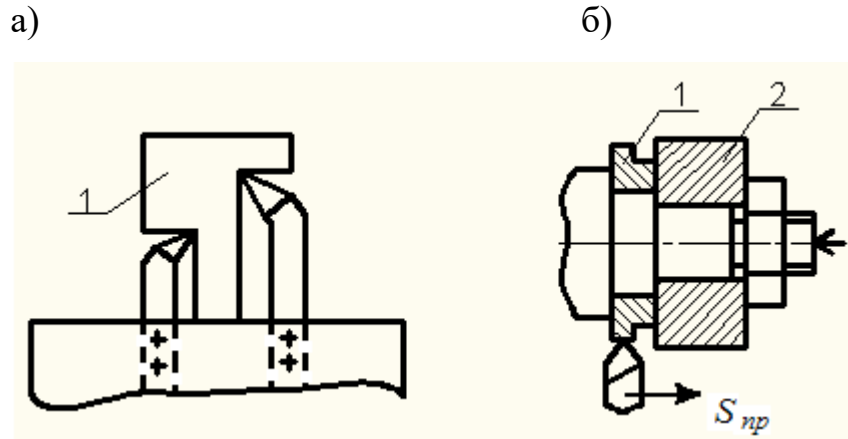


Рис. 4.125. применение шаблонов при токарной обработке.

Такой шаблон может быть съемный или откидной, шарнирно закрепленный. При настройке шаблон ставится в рабочее положение, а после закрепления резцов он снимается или откидывается в нерабочее положение.

Другим примером шаблона для установки резца может служить установочное кольцо 1 (рис. 4.126, б), которое одевается на оправку вместе с деталью 2. Резец подводится до соприкосновения с шаблоном (кольцом).

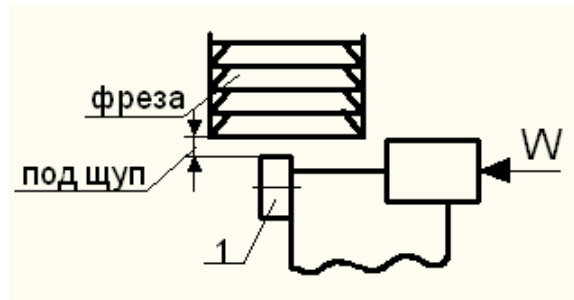
Особенно широкое распространение получили установки для установки на размер фрез.

Установы помещаются на корпусе приспособления так, чтобы они не мешали при установке и обработке детали, но в тоже время, чтобы к ним был свободный доступ инструмента.

Установы бывают высотными и угловыми. (ГОСТ 13444-68, 13445-68 и 13446-68).

Высотные установки 1 (рис. 4.126, а) применяются для установки фрезы в одном направлении.

а)



б)

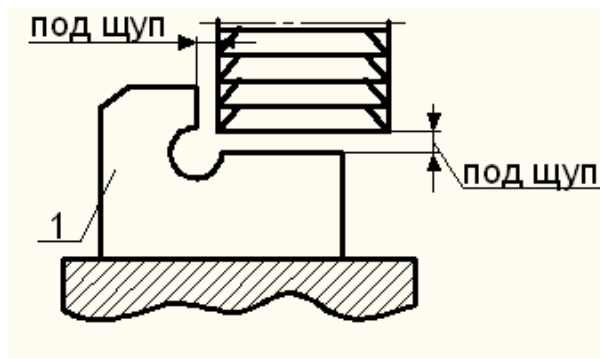


Рис.4.126. Применение высотных (а) и угловых (б) установов при фрезеровании.

Для установки фрезы в двух направлениях (например, при фрезеровании шпоночного паза нужно выставить инструмент по глубине паза и по оси детали) используются угловые установы 1 (рис. 4.126, б).

Установы закрепляют на корпусе приспособления; их эталонные поверхности располагают ниже обрабатываемых поверхностей, чтобы не мешать проходу режущего инструмента.

Правильное расположение инструмента определяется щупом-калибром толщиной 3-5 мм, который должен плотно, но без зацемяения входить в зазор между фрезой и установом. Погрешность настройки с помощью щупа – 0,02-0,003 мм.

Погрешность настройки по установу без щупа:

$$\Delta_n = K \sqrt{\Delta_{\text{изг.уст.}}^2 + \Delta_{\text{уст.инстр.}}^2};$$

где $\Delta_{\text{изг.уст.}}$ - погрешность изготовления установа (0,01...0,02 мм);

$$\Delta_{уст.инстр.} = 0,03...0,04 \text{ мм}; K=1...1,2.$$

Материал установов: сталь У7А, сталь 20Х с цементацией на глубину 0,8...1,2 мм и закалкой до твердости HRC 55...60.

Кондукторные втулки

Кондукторные втулки применяются в сверлильных и расточных приспособлениях для определения положения и направления разнообразных осевых инструментов при обработке отверстий: сверл, зенкеров, разверток, борштанг и так далее.

Они обеспечивают:

- положение оси инструмента относительно установочных элементов приспособления;
- повышают радиальную жесткость инструмента;
- применение втулок позволяет исключить операцию разметки и повысить производительность труда;
- обеспечивают повышение точности взаимного расположения отверстий, уменьшают его увод и повышают точность диаметра отверстия на 50% за счет повышения жесткости инструмента;
- позволяют работать на более высоких режимах резания.

Кондукторные втулки бывают:

- неподвижные и
- вращающиеся (на игольчатых и роликовых подшипниках).

Вращающиеся втулки применяют для направления расточных скалок и борштанг при большом диаметре обработки ($d=20...75\text{мм}$) и высоких скоростях резания. Вращение втулки вместе с инструментом значительно уменьшает износ ее рабочего отверстия и увеличивает срок службы.

Неподвижные втулки по конструкции разделяются на 4 группы:

- 1) постоянные;
- 2) сменные;

3) быстросменные;

4) специальные.

Постоянные втулки (рис. 4.127) устанавливаются либо непосредственно в корпус приспособления, либо в отдельную кондукторную плиту.

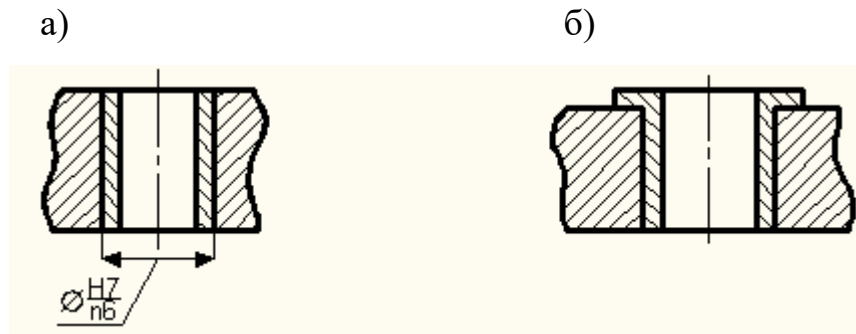


Рис. 4.127. Конструкции постоянных кондукторных втулок: а – без буртика; б – с буртиком.

Постоянные втулки применяются в приспособлениях для единичного и мелкосерийного производства, а также в тех случаях, когда из-за малых перемычек между отверстиями нельзя разместить основные и сменные втулки. Они применяются для тех кондукторов, срок службы которых не потребует смены кондукторных втулок. Ориентированный срок службы кондукторных втулок 10...15 тысяч отверстий.

Сменные втулки (рис. 4.128,а) применяются для удобства и быстроты замены изношенных втулок непосредственно на станке, без снятия приспособления со станка. Они устанавливаются в промежуточную закаленную втулку, называемую основной или гнездовой. Сменные втулки крепятся винтом. Область применения сменных втулок – серийное и массовое производство.

а)

б)

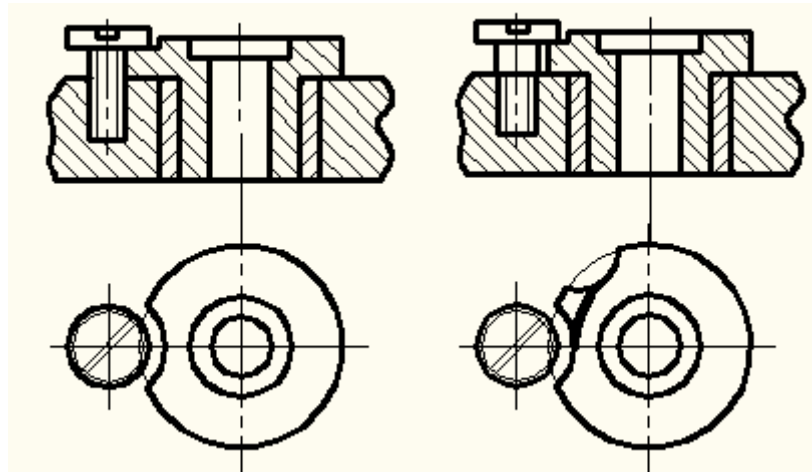


Рис. 4.128. Конструкции сменных (а) и быстросменных (б) кондукторных втулок.

Быстросменные втулки (рис. 4.128,б) применяются при последовательной обработке отверстия несколькими разными инструментами (например, сверлом, зенкером, разверткой и др.). Это требует быстрой смены инструмента и быстрой смены кондукторной втулки. Эти втулки отличаются от сменных тем, что рядом с выемкой для головки крепежного винта у них имеется вторая сквозная выемка по всей высоте буртика втулки. Эта выемка позволяет ставить и снимать втулки без отвинчивания крепежного винта. Для удобства использования буртик быстросменной втулки имеет накатку.

Специальные втулки (рис. 4.129) применяют в особых случаях, когда применение стандартных втулок невозможно или не дает эффекта.

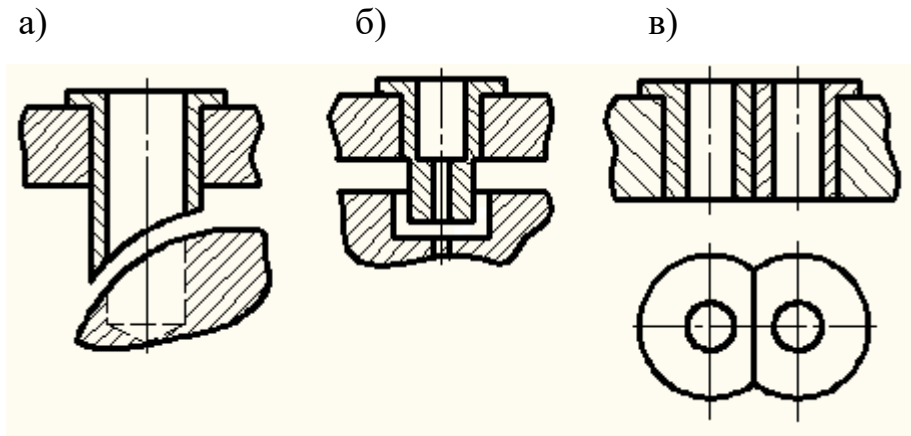


Рис. 4.129. Конструкции специальных втулок: а – при сверлении отверстий на наклонных или радиусных поверхностях; б – отверстие расположено на значительном расстоянии от наружной поверхности детали; в – отверстия расположены очень близко друг к другу.

Материал втулок: Кондукторные втулки с диаметрами отверстий до 25мм изготавливаются из стали У10А, У12А и калятся до твердости HRC 58-63. Основные втулки с $d \leq 25$ мм изготавливаются из стали У7А и калятся до HRC 45-50. Все втулки с $d > 25$ мм изготавливаются из стали 20, цементируются на глубину $h=0,8-1,2$ мм и калятся до твердости HRC 60-65.

Значительное увеличение износостойкости втулок (в 5...8 раз) достигается изготовлением их из твердого сплава или запрессовкой в их нижнюю часть, где наблюдается наибольший износ, твердосплавных вставок.

Копиры

Для обработки фасонных поверхностей на универсальных станках применяют приспособления, снабженные копирувальными устройствами. Назначение копиров заключается в обеспечении траектории относительно движения инструмента, необходимой для получения требуемого контура детали. При этом пропадает необходимость в разметке и в ручной подаче инструмента при обходе криволинейного контура. В результате

повышается точность обработки контура и производительность труда на операции.

Наиболее общим случаем обработки по контуру является фрезерование замкнутого контура методом круговой подачи, схема которой показана на рис. 4.130.

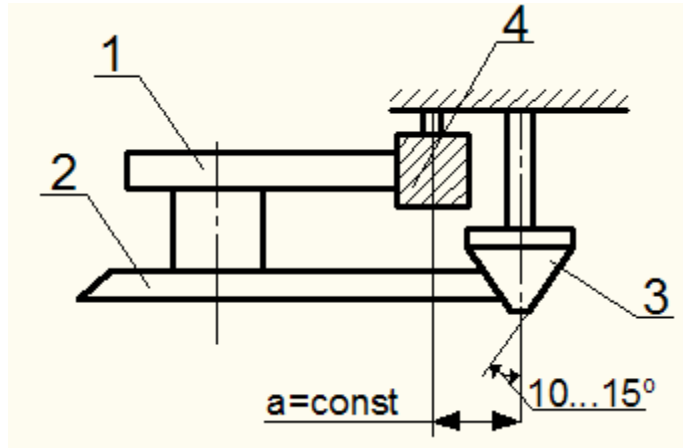


Рис. 4.130. Схема обработки детали по контуру.

Закрепленные заготовка 1 и контур 2 вращаются вокруг общей оси. Оси ролика 3 и фрезы 4 находятся на постоянном расстоянии a и перемещаются вместе. Копир все время прижимается к ролику. Расстояние между осью вращения копира и осью фрезы меняется в соответствии с профилем копира, благодаря чему получается нужный профиль детали. Профиль копира находится графически. Он должен быть строго увязан с профилем обрабатываемой детали и диаметрами фрезы и ролика.

Для компенсации изменения диаметра фрезы после переточки ролик делается конической формы с углом между образующей и осью ролика $10...15^\circ$.

Копиры применяются при обработке на фрезерных, токарных, строгальных, шлифовальных и других станках. Копиры и ролики изготавливаются из стали 20, цементируются и закаляются до твердости HRC 58...62.

Делительные устройства

Делительные устройства применяют в многопозиционных приспособлениях для придания обрабатываемой заготовке различных положений относительно инструмента.

Делительное устройство состоит из диска, закрепляемого на поворотной части приспособления, и фиксатора.

Фиксаторы обычно представляют собой стержни различной формы, которые монтируются на корпусе приспособления. В процессе обработки стержень заводится в одно из отверстий, предусмотренных в подвижной (поворотной) части, и жестко фиксирует ее относительно корпуса. Перед делениями или индексацией фиксатор выводится из отверстия, после чего осуществляется последующая фиксация. Количество делений (позиций) определяется количеством отверстий в подвижной части приспособления. Управление фиксаторами осуществляется вручную или автоматически.

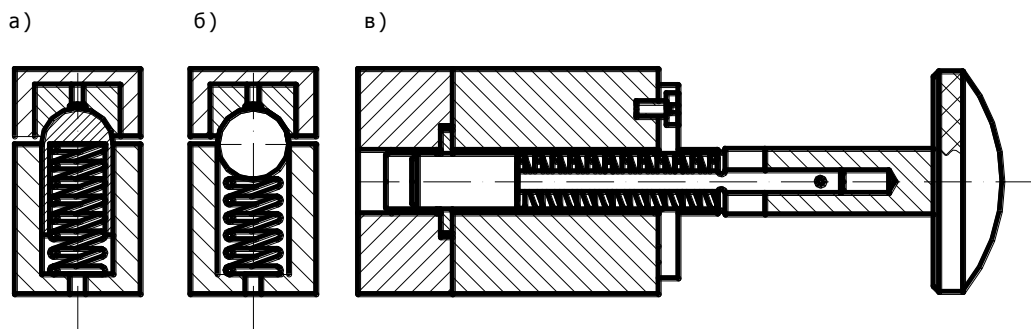


Рис. 4.131. Примеры конструкции фиксаторов, применяемых в делительных устройствах: а – с погруженным пустотелым пальцем; б – с погруженным шариком; в – с вытяжным цилиндрическим пальцем: 1 – втулка; 2 – штифт; 3 – вытяжная кнопка; 4 – цилиндрический фиксатор.

Фиксаторы выполняются с цилиндрической, призматической и конической рабочей частью. Кроме того используются и шариковые фиксаторы. Однако они не обеспечивают точного деления и не воспринимают моментов сил обработки.

Фиксатор с вытяжным цилиндрическим пальцем может воспринимать момент от сил резания, но не обеспечивает высокую

точность деления из-за наличия зазоров в подвижных соединениях. В фиксаторах обычного типа сопряжение пальца со втулкой осуществляется по посадке H7/g6, а в фиксаторах повышенной точности – по посадке H6/n5.

Суммарная погрешность шага, получаемая при делении и переносимая на обработанные детали, зависит от допуска δ_1 на расстояние между осями двух соседних фиксирующих втулок, от зазоров S_1 и S_2 в сопряжениях фиксатора со втулками и от возможного эксцентриситета A втулок.

$$\Delta S = S_1 + S_2 + \delta_1 + A.$$

Уменьшение погрешности достигается назначением соответствующих допусков и посадок.

Для уменьшения влияния зазоров и повышения точности применяют фиксаторы с конической или призматической частью. В этом случае $S_1=1$, однако следует иметь в виду, что при малейшем загрязнении фиксирующего гнезда механизм не обеспечивает необходимой точности деления.

Угол конической или призматической части выбирают 15^0 .

Управление фиксаторами в простейших приспособлениях осуществляется вытяжной кнопкой, рукояткой, закрепленной на реечном зубчатом колесе или посредством педали. Фиксаторы основных конструкций выполняют по ГОСТ 13160-67 ... 13162-67, конструкции и основные размеры – по ГОСТ 12214-66 и 12215-66.

Кроме простых фиксаторов используются относительно сложные делительные механизмы типа делительных головок мальтийского креста (в тяжелых приспособлениях), с использованием храповых, кулачковых, червячных и реечных механизмов. Они имеют механический, пневматический или гидравлический привод.

В точных делительных устройствах фиксаторы разгружают (что повышает их срок службы) и подвижную (поворотную) часть приспособления прижимают к неподвижной специальными устройствами, повышая тем самым жесткость системы. Особенно это важно для фрезерных приспособлений, испытывающих большие нагрузки. Для этой цели используют эксцентриковые валики, применяют блокировку фиксирующего и зажимного механизма или фиксирующего и подъемного механизмов (сблокированные механизмы приводятся в действие одной рукояткой), и ряд других устройств (хомутики, конусные детали и т.п.).

В приспособлениях для обработки тяжелых заготовок поворотная часть вращается с помощью различных приводов (электро-, пневмо- или гидро-двигателей), и поэтому для гашения больших моментов в конце деления снабжены тормозными устройствами, заблокированными с системой привода и с фиксатором.

Таким образом, делительные механизмы достаточно сложны по конструкции. Они включают поворотные механизмы с приводом, делительные устройства с фиксатором, прижимы, тормозы и систему автоматического управления рабочим циклом. К этим механизмам предъявляются высокие требования точности, безотказности, долговечности и быстродействия в работе.

Корпусы приспособлений

Корпус приспособлений представляют собой элемент, объединяющий в единую конструкцию отдельные части приспособления.

Корпус воспринимает все усилия, действующие на заготовку в процессе ее закрепления и обработки, и поэтому к нему предъявляется ряд специфических требований.

Корпус приспособления должен быть:

- 1) жестким и прочным при минимально возможном весе, что достигается ребрами жесткости;
- 2) обладать возможно большей устойчивостью. Для этого опорная поверхность должна быть прерывистой;
- 3) удобным для очистки от стружки и отвода СОЖ. Для этого необходимо избегать углублений и труднодоступных мест, а также предусматривать специальные наклонные плоскости (35-40°);
- 4) обеспечивать безопасную, быструю и удобную установку и съем заготовок;
- 5) обеспечивать установку и закрепление приспособления без выверки (с помощью шпонок, центрирующих поясков и т.п.);
- 6) простым и дешевым в изготовлении;
- 7) внешний вид должен отвечать требованиям технической эстетики.

Конструкция, форма и размеры зависят от конфигурации обрабатываемых в приспособлении деталей, а также от расположения установочных, зажимных силовых приводов и направляющих элементов и механизмов.

Сложность и трудоемкость изготовления корпусов определяется точностью и расположением его важнейших поверхностей, которыми являются:

- 1) поверхность, которой корпус соприкасается со станком;
- 2) поверхности под установочные элементы;
- 3) поверхности под направляющие элементы.

Поверхность корпуса, которой он устанавливается на стол станка, не делается сплошной, что бы не обрабатывать точно большие поверхности, а также чтобы стружка и случайные забоины не нарушали устойчивость приспособления. Опорная поверхность корпуса имеет ножки, отливаемые с ним заодно или прикрепленные.

Исключение составляют лишь корпуса приспособлений, устанавливаемых на магнитных столах и имеющих сплошную опорную поверхность.

Обычно приспособления прикрепляются к столу станка. Для этого корпус снабжается проушинами. Расстояние между проушинами и их ширина должны строго согласовываться с размерами пазов стола станка.

Для быстрой и точной установки приспособления на столе станка применяются направляющие шпонки, которые крепятся на опорной поверхности корпуса и входят в Т-образные пазы станка. Шпонки, как правило, две.

На шпинделе станка для установки приспособления имеется центрирующий поясок, а на корпусе приспособления необходимо предусматривать центрирующую выточку.

Поверхности под установочные элементы в корпусе приспособления необходимо делать выступающими для удобства и уменьшения трудоемкости их обработки.

Конструктивные формы корпусов многообразны. Они могут быть в виде прямоугольной плиты, планшайбы, угольника, тавра, корыта или другой более сложной формы.

Заготовки для корпусов могут получаться отливкой, сваркой, ковкой, резкой из сортового материала, а также сборкой из отдельных элементов.

Отливкой изготавливаются корпуса крупных размеров и сложной конфигурации. Этим способом можно получить заготовки минимальными по весу, по большой жесткости и требующие минимальной механической обработки. Недостаток – длительные сроки изготовления.

Литые заготовки делают из чугуна СЧ12-28, СЧ 15-32. В отдельных случаях используются легкие сплавы на алюминиевой или магниевой основе.

В последнее время корпуса небольших приспособлений для легких и средних работ выполняют из эпоксидных смол отливкой.

Сваркой также можно получить корпуса сложной конфигурации. Они могут быть изготовлены быстрее и дешевле (+ +), но они уступают литым по внешнему виду. Кроме того, сварка вызывает деформацию корпуса, а возникающие в результате этих деформаций внутренние напряжения влияют на точность приспособлений (- -).

Для сварных корпусов используют стали марки Ст. 3 и сталь 25.

Ковкой и резкой сортового материала получают корпуса небольших размеров и простой конфигурации.

Сборные корпуса облегчают использование нормализованных заготовок, но при этом возрастает объем механической обработки и снижается жесткость таких корпусов.

Большое значение для снижения стоимости изготовления приспособления и сокращения сроков его изготовления имеет стандартизация корпусов и их заготовок.

Из-за широкого конструктивного разнообразия корпусов их чрезвычайно трудно стандартизовать, это возможно только в ограниченных пределах (например, корпуса скальчатых кондукторов). Гораздо больший эффект дает стандартизация заготовок корпусов. Из единой стандартной заготовки можно путем съема «лишнего» металла получить достаточно большое число корпусов различных форм. Снижение стоимости корпуса при изготовлении стандартной заготовки достигается резким уменьшением стоимости последней при возможном относительно небольшом увеличении объема механической обработки. Размеры литых заготовок корпусов регламентированы ГОСТ 12947-67 ... ГОСТ 12954-67.

Конструктивно более сложные корпуса можно изготавливать из стандартных элементов путем сборки. Сами элементы достаточно широко стандартизованы. Комплектом ГОСТов стандартизовано 18 типов (260

типоразмеров) элементов корпусов, из которых можно собрать наиболее часто встречающиеся корпуса фрезерных и сверлильных приспособлений для деталей до 400×400×700 мм.

Вспомогательные элементы приспособлений

К устройствам вспомогательного назначения относятся рукоятки, педали, выталкиватели, ограничители хода, подъемные устройства и др.

Рукоятки и педали обеспечивают удобство работы с приспособлением и облегчают труд рабочего.

Выталкиватели ручного и автоматического типа применяют для быстрого удаления небольших деталей из приспособлений. Выталкиватели повышают производительность и создают удобства в работе.

Подъемные устройства выполняют специальные технологические приемы. Примером может служить подъемный механизм расточного приспособления. Если нужно одновременно расточить несколько последовательно расположенных отверстий одного диаметра, то ввод борштанги в кондуктор обычного типа в исходное положение для растачиваемого отверстия невозможен.

В этом случае применяют подъемное устройство, на котором закреплена заготовка. В результате получаемого смещения оси необработанных отверстий по отношению к оси расточной скалки обеспечивается ее проход в заготовку. После этого подъемная часть опускается и крепится к неподвижному основанию приспособления.

2.5. Приспособления для фиксации и крепления режущего инструмента

Для ускорения установки и точной фиксации инструмента на станке применяются соответствующие приспособления, которые часто называются вспомогательным инструментом.

В большинстве случаев это сравнительно простые детали и устройства, значительная часть которых нормализована или стандартизована.

Однако иногда возникает потребность в специальных приспособлениях этого типа, которые применяются либо для значительного повышения производительности, либо для расширения технологических возможностей станков.

Для значительного повышения производительности универсальных станков применяются:

- многошпиндельные сверлильные и фрезерные головки;
- многорезцовые поворотные резцедержатели к токарным станкам и др.

Для расширения технологических возможностей станков применяются приспособления:

- для изготовления кольцевых канавок и нарезания резьбы на сверлильных станках;
- для долбления шпоночных пазов на поперечно-строгальных станках;
- для точения сферических поверхностей на токарных и расточных станках и др.

Приспособления для повышения производительности универсальных станков.

Многошпиндельные головки

Они получили большое распространение в серийном и массовом производстве. Такие головки позволяют вести одновременную обработку отверстий несколькими одноименными или разноименными инструментами (сверлами, зенкерами, развертками, метчиками, цековками).

Головки могут быть специальными и универсальными.

Специальными называются головки, предназначенные для обработки деталей с определенным расположением отверстий. Шпиндели таких головок не изменяют своего положения. Поэтому такие головки широко применяются в крупносерийном и массовом производствах для выполнения одной – двух операций.

Специальные многошпиндельные головки могут быть шестеренчатыми и шатунно-кривошипными.

Универсальными называются головки, предназначенные для обработки деталей с различным расположением отверстий. Шпиндели таких головок меняют свое положение и могут перестраиваться на обработку различных деталей. Поэтому такие головки применяются в серийном производстве. Значительный экономический эффект универсальные многошпиндельные головки дают при групповой обработке деталей.

При конструировании многошпиндельных головок с зубчатыми колесами очень существенными являются выбор простой и правильной кинематической схемы, при которой обеспечивается максимальная надежность и минимальные габариты головки.

Головки с шестеренчатым приводом состоят из следующих основных узлов:

- 1) сборный корпус;
- 2) центральный валик с ведущей шестерней, получающий вращение от шпинделя станка;
- 3) промежуточные валики с паразитными шестернями;
- 4) рабочие шпиндели с ведомыми шестернями и державками или патронами для закрепления инструментов.

Кинематические схемы очень разнообразны, и сложность их зависит от числа рабочих инструментов и их взаимного расположения (рис.5.1).

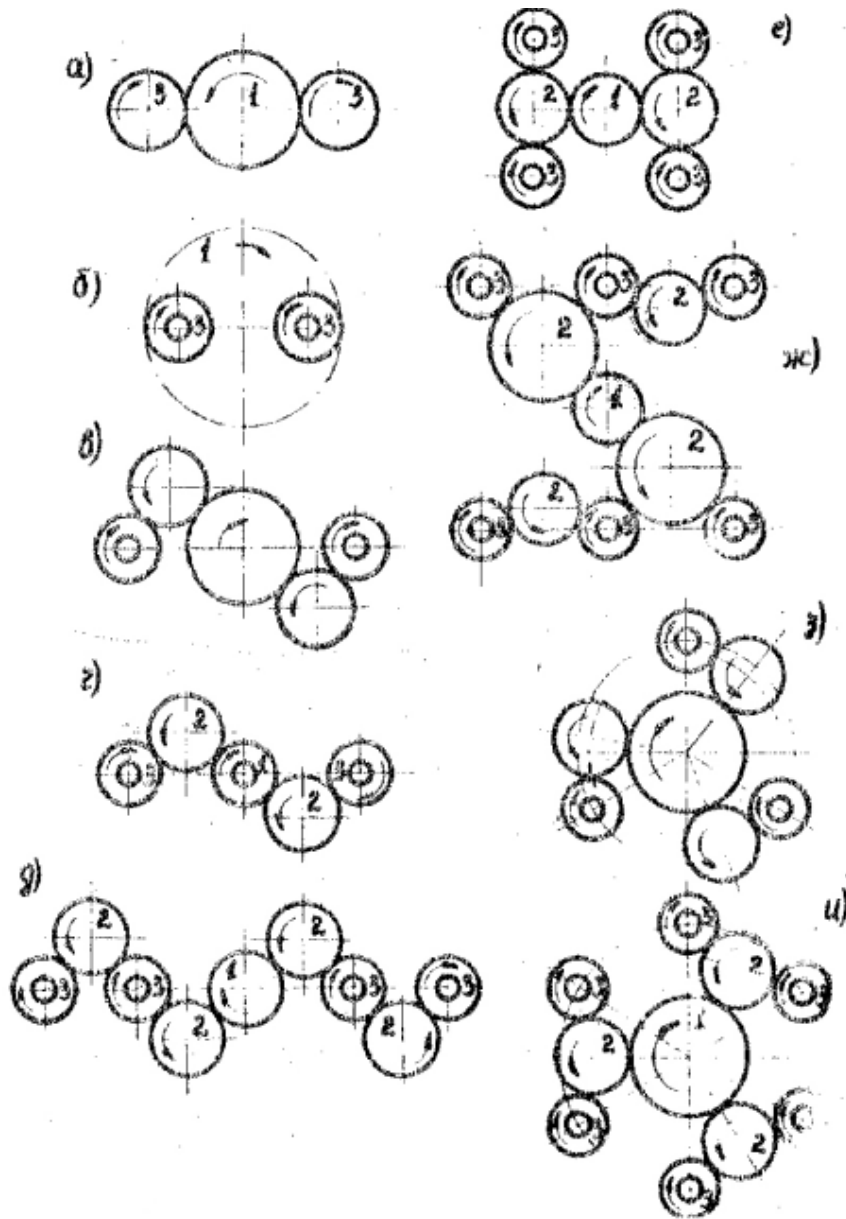


Рис. 5.1. Типовые кинематические схемы многошпиндельных головок.

На рис. 5.1. приведены кинематические схемы многошпиндельных головок, где 1 – центральный валик с ведущей шестерней; 2 – паразитная шестерня; 3 – рабочий шпиндель.

Чем меньше количество паразитных шестерен в головке, тем удачнее ее кинематическая схема.

На рис. 5.2. дана конструкция специальной шестишпиндельной головки для обработки отверстий, расположенных по окружности.

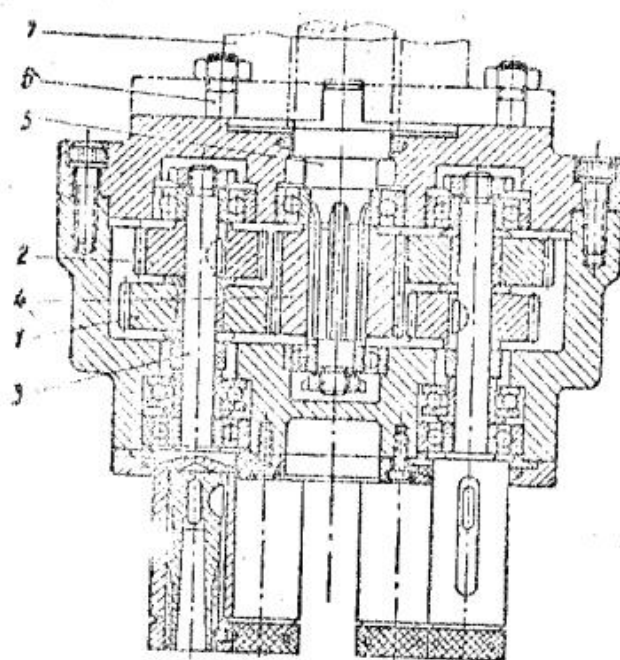


Рис. 5.2. Специальная многошпиндельная сверлильная головка.

Так как расстояние между отверстиями мало, то шестерни расположены в два яруса. Ведущий валик 5, получающий вращение от шпинделя станка передает вращение зубчатому колесу 4, имеющему удвоенную ширину. Шестерня 4 передает вращение двум паразитным шестерням 1, расположенным в нижнем ярусе и двум, расположенным в верхнем ярусе. Паразитные шестерни свободно сидят на рабочих шпинделях 3 и приводят во вращение рабочие шестерни 2 не на тех шпинделях, на которых сидят, а соседних. Нижние паразитные шестерни приводят во вращение по два соседних шпинделя, верхние – по одному.

На шпинделе станка головка центрируется при помощи цилиндрической выточки и крепится к фланцу 7 гильзы шпинделя станка шпильками 6.

Для обработки отверстий очень близко отстоящих друг от друга, а также при расположении отверстий не по окружности, а по более сложному контуру применяются головки с шатунно-кривошипным приводом. Схема такой головки приведена на рис.5.3.

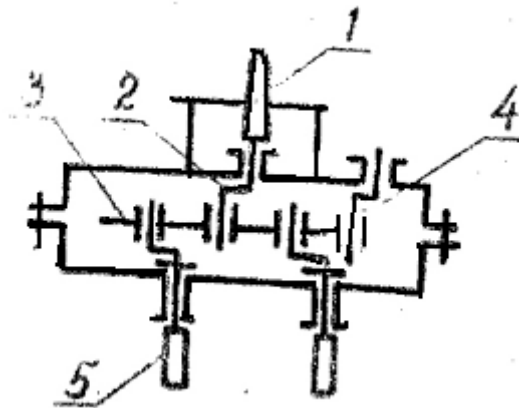


Рис. 5.3.Схема многошпиндельной головки с шатунно-кривошипным приводом.

Вращение от шпинделя станка через корпус 1 передается на кривошип 2, который входит в поводковую плиту 3, поддерживаемую вторым кривошипом 4, имеющим такой же радиус, как и кривошип 2. Рабочие шпиндели 5, имеющие кривошипы такого же радиуса, приводятся во вращение поводковой плитой 3, которая может вращать любое количество шпинделей 5, расположенных в пределах ее габаритов.

При вращении шпинделя станка поводковая плита совершает плоскопараллельное движение, а все ее точки описывают окружности, радиус которых равен радиусу кривошипа. Число оборотов рабочих шпинделей равно числу оборотов станка.

Универсальные головки.

В производстве применяют две основные конструктивные разновидности универсальных головок.

1) колокольного типа с шарнирными телескопическими раздвижными приводными валиками (рис. 5.4,а).

2) с поворотными кронштейнами, в которых расположены рабочие шпиндели (рис. 5.4, б).

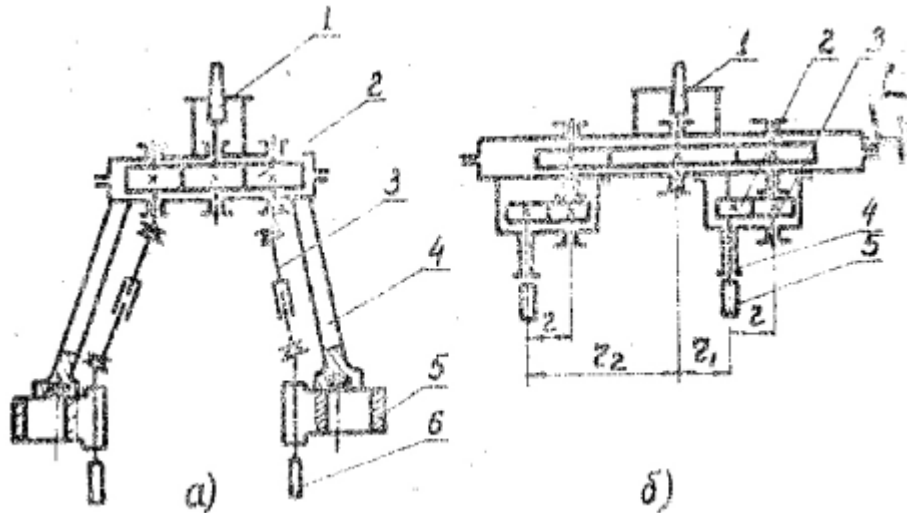


Рис. 5.4. Схемы универсальных многошпиндельных головок.

На рис. 5.4,а показана схема универсальной головки колокольного типа. Корпус 1 с ведущей шестерней получает вращение от шпинделя станка и через шестерни 2 и телескопические валики 3 передает вращение на рабочие шпиндели 6. Державки шпинделей 5 могут перемещаться в радиальном направлении или по окружности и закрепляться в нужном положении болтами, головки которых входят в Т-образные пазы в нижней части колокола 4.

Схема многошпиндельной универсальной головки с поворотными кронштейнами дана на рис. 5.4, б.

Поворотный кронштейн 4 вместе с рабочими шпинделями 5 и шестерней 2 может поворачиваться вокруг оси I-I, обкатываясь вокруг шестерни 3. расстояние от оси головки до обрабатываемых отверстий может колебаться от z_1 до z_2 . Корпус головки от поворота удерживается стержнем 7.

В условиях серийного производства применяются многошпиндельные поворотные револьверные головки с количеством шпинделей от 3 до 7. Работа шпинделей происходит последовательно, каждый раз один из шпинделей ставится в рабочее положение. При помощи таких головок можно последовательно сверлить, зенкеровать, развертывать отверстия, зенковать фаски, цековать бобышки, нарезать резьбу в отверстиях.

Многошпиндельные головки применяются и на фрезерных станках. Чаще это двух или четырех шпиндельные головки шестеренчатого типа, которые закрепляются на вертикальных направляющих станины. Они бывают универсальные и специальные.

Многорезцовые державки

Они применяются для сокращения времени обработки на токарных станках. Выполняются как правило поворотными (рис. 5.5).

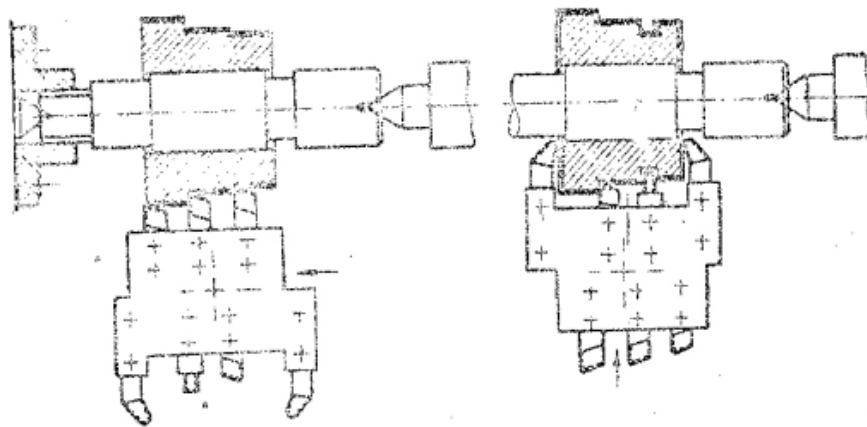


Рис. 5.5. Многорезцовая державка.

Установка резцов производится по эталонным деталям или по шаблонам вне станка.

При помощи такого резцедержателя можно вести одновременную обработку нескольких поверхностей, используя продольную и поперечную подачи суппортов.

Аналогичные резцедержатели с наладками можно применять для обработки двух разных деталей.

Приспособления для расширения технологических возможностей универсальных станков.

Эти приспособления являются дополнительными устройствами к универсальным станкам, которые позволяют выполнять на этих станках работы, выполняемые обычно на других станках. Это способствует лучшему использованию оборудования в условиях серийного производства и позволяет заменить дорогостоящее специальное оборудование более дешевым универсальным. Особенно широко применяются такие приспособления на сверлильных станках. На рис. 5.6 показано приспособление для растачивания кольцевых канавок на сверлильном станке.

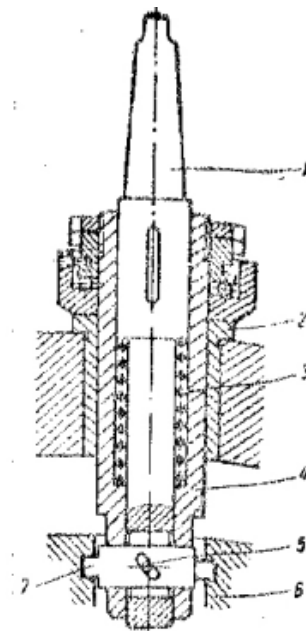


Рис. 5.6. Приспособление для растачивания кольцевых канавок на сверлильном станке.

Валик 1, связанный со шпинделем станка, в нижней части имеет прямоугольное окно, куда вставляется расточная пластина-резец 7. Штифт 5, запрессованный в валик, входит в наклонный паз пластины-резца. Валик

1 находится в гильзе 4, которая направляется кондукторной втулкой 2. При подаче валика 1 вниз он движется вместе с гильзой 4 и пластиной 7 до тех пор, пока втулка 8, одетая на гильзу, не упрется в бурт втулки 2. После этого гильза 4 с пластиной-резцом останавливается, а валик продолжая перемещаться вниз штифтом 5 выдвигает пластину-резец 7 в радиальном направлении, и ее режущая кромка растачивает кольцевую канавку. После обработки пружина 3 возвращает расточную пластину в исходное положение. Перемещая втулку 8 по гильзе 4, регулируют положение растачиваемой канавки по высоте.

На рис. 5.7. показано приспособление для расточки конусного отверстия на вертикально-сверлильном станке.

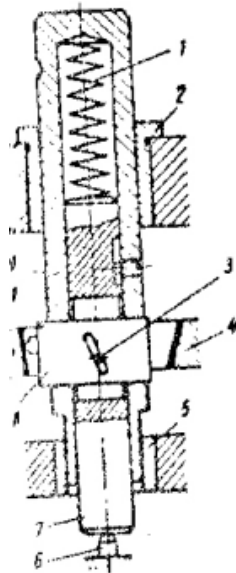


Рис. 5.7. Приспособление для расточки конусного отверстия на вертикально-сверлильном станке.

Втулка 10 с помещенным в ней валиком 7 и пластиной 8 с резцом 9 получает перемещение вниз от шпинделя станка. Когда валик 7 доходит до упора 6, он останавливается, а втулка 10 с пластиной 8 продолжает перемещение. При этом пластина с резцом получает дополнительное радиальное перемещение благодаря тому, что наклонный паз пластины скользит по штифту 3, запрессованному в валике 7.

Для растачивания внутренних полостей в отверстиях применяется специальная скалка, показанная на рис. 5.8.

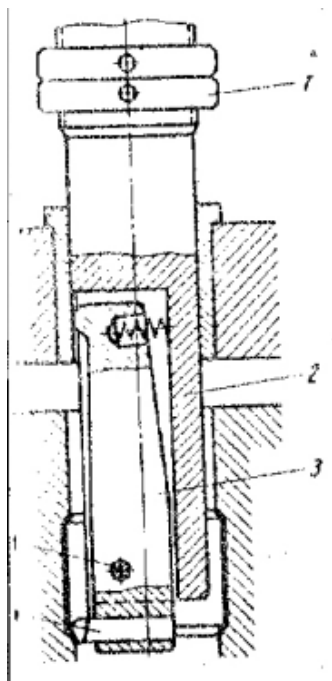


Рис. 5.8. Скалка для растачивания внутренних полостей в отверстиях.

В продольный паз скалки 2 на оси 5 закрепляется подпружиненная качающаяся державка 3, имеющая на верхнем конце выступ 7. При подаче скалки вниз кондукторная втулка 6 отклоняет вправо выступ державки, а резец 4 выдвигается влево, и при дальнейшем перемещении резца вниз происходит протачивание выемки.

Приспособления, аналогичные рассмотренным, применяются для подрезки торцев и снятия фасок в труднодоступных местах.

2.6. Приспособления для сверлильных станков

Сверлильные приспособления предназначены для обработки отверстий на вертикально-сверлильных, радиально-сверлильных, сверлильных многошпиндельных, различных специальных и агрегатных станках.

Сверлильные приспособления характерны наличием специальных элементов приспособлений таких, как кондукторные втулки и кондукторные плиты.

Кондукторные плиты – это детали приспособлений, предназначенные для установки кондукторных втулок в нужном положении. Они подразделяются в зависимости от связи их с корпусом приспособления на следующие группы:

- постоянные или неподвижные;
- откидные или шарнирные;
- съемные;
- подвесные;
- подъемные.

1) Постоянные плиты выполняются за одно целое с корпусом приспособления, либо жестко прикрепляются к нему. Приспособления с такими плитами являются самыми точными, т. к. точность обработки в них зависит лишь от точности расположения и изготовления кондукторных втулок. С корпусом плита может крепиться с помощью сварки, с помощью винтов и штифтов (рис. 6.1, а, б, в).

2) Шарнирные или откидные плиты изготавливаются отдельно от корпуса, связываются с ним шарнирно и крепятся. Применяются в случаях, когда деталь устанавливается в приспособление со стороны кондукторной плиты. Точность обработки в таких приспособлениях ниже, чем в приспособлениях с постоянными плитами, а стоимость их выше. Область применения мелкосерийное и серийное производство (рис.6.1, г,д).

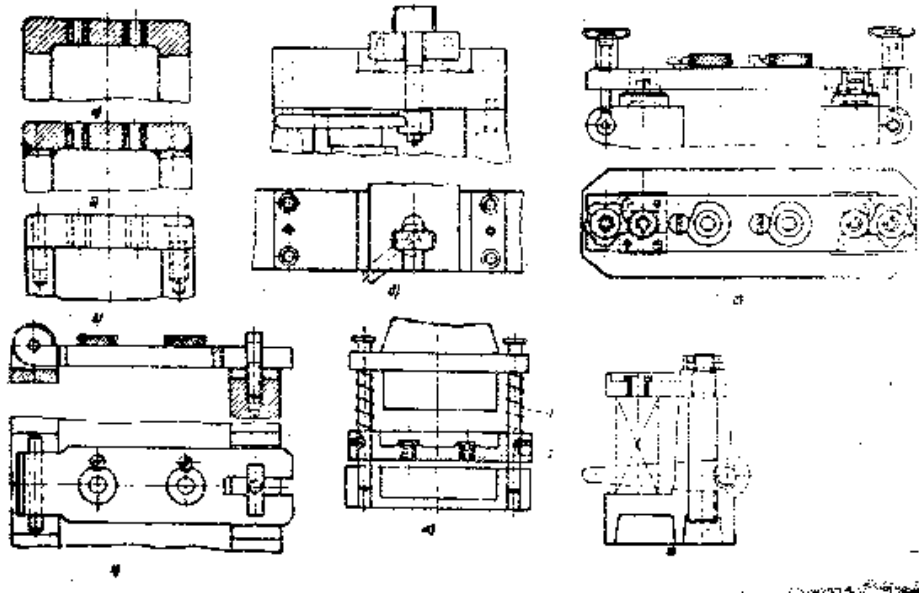


Рис. 6.1. Кондукторные плиты сверлильных приспособлений.

3) Съемные плиты выполняются отдельно от корпуса и не имеют с ним постоянной связи. Координация плит на корпусе производится с помощью пальцев и втулок. Крепление плит производится откидными зажимами. Если плиты устанавливаются и закрепляются непосредственно на обрабатываемых заготовках, то они являются самостоятельными приспособлениями и носят название «накладные кондукторы». Область применения – мелкосерийное производство (рис. 6.1, е).

4) Подвесные плиты подвешиваются к шпинделю станка двумя направляющими колонками или же связываются с корпусом приспособления (рис. 6.1, ж). Эти плиты не требуют отдельного времени для удаления плиты при установке детали, так как они перемещаются вместе со шпинделем станка. Такие плиты применяются при многошпиндельной многопозиционной обработке. При однопозиционной (одно- или многошпиндельной) обработке такими плитами производят и закрепление деталей. Область применения – крупносерийное и массовое производство.

5) Подъемные плиты находятся в постоянной связи с корпусом приспособления посредством подвижных колонок (скалок),

осуществляющих подъем плиты. Приспособления с такими плитами – скальчатые кондукторы – являются быстродействующими и широко применяются в крупносерийном и массовом производствах (рис. 126, з).

По конструкции скальчатые кондукторы делятся на две группы (рис.):

- консольные;
- порталные.

В конструкции скальчатого кондуктора имеются постоянные узлы и сменные наладки.

Постоянная часть нормализована и состоит из корпуса, скалок, механизма перемещения скалок и зажима заготовок.

Сменные наладки проектируются в соответствии с конфигурацией детали и состоят из установочно-зажимных узлов и сменной кондукторной плиты со втулками. Для фиксации и крепления сменных наладок в корпусе и плите предусмотрены центрирующие отверстия, установочные пальцы и т.п. элементы.

Без кондукторной плиты сверлильные приспособления применяются для таких видов обработки, как нарезание резьбы, обработка качающимися или плавающими инструментами и др.

Сверлильные приспособления в зависимости от положения, занимаемого заготовкой в процессе всей операции, делятся на:

- стационарные;
- поворотные;
- передвижные;
- опрокидываемые.

Стационарными называются приспособления, в которых заготовка в продолжении всей обработки на данной операции остается неподвижной. Это самая многочисленная группа сверлильных приспособлений. Они

применяются на расточных, вертикально-сверлильных и многошпиндельных станках.

Поворотные приспособления применяются для обработки отверстий, расположенных по окружности или с разных сторон детали. Бывают с горизонтальной (стойка), вертикальной (стол) и наклонной осью вращения.

В индивидуальном и мелкосерийном производстве применяются нормализованные поворотные столы и стойки с ручным приводом. Для закрепления и базирования заготовок конструируются и изготавливаются сменные наладки.

В крупно-серийном и массовом производствах применяются специальные поворотные приспособления с механизированным приводом, благодаря чему часть приемов или все приемы цикла поворота механизуются или автоматизируются.

Передвижные приспособления применяются для обработки нескольких отверстий на вертикально-сверлильных станках. Кондукторные втулки приспособления поочередно подводятся под шпиндель станка. Если вес приспособления вместе с закрепленной заготовкой не более 15 кг и диаметр сверления не более 10 мм, то приспособление передвигается вручную и отверстия могут быть расположены в линию.

Область применения – мелкосерийное и серийное производства. В массовом и крупносерийном производствах для этих целей применяются многошпиндельные головки.

Опрокидываемые (кантующиеся) приспособления применяются для обработки отверстий, расположенных с разных сторон обрабатываемой детали. Для сверления отверстий с разных сторон приспособление вместе с закрепленной деталью кантуется и кондукторные втулки поочередно подводятся под шпиндель станка. Вес приспособления с деталью не должен превышать 15 кг, а диаметры обрабатываемых отверстий – не

более 10 мм. Корпус такого приспособления снабжается ножками с разных сторон.

Область применения – серийное производство.

Пример конструкций сверлильных приспособлений смотри [1].

2.7. Приспособления для токарных и круглошлифовальных станков

На станках этих типов применяются две основные группы приспособлений:

- приспособления для обработки деталей в центрах;
- приспособления для обработки деталей в шпинделе станка.

Приспособления для обработки деталей в центрах

Этому виду обработки подвергаются детали типа валов, втулок, фланцев (фланцы обрабатывают на оправках, которые устанавливаются в центрах).

В состав таких приспособлений входит комплект из двух центров (переднего и заднего), поводковое устройство и люнет (при обработке нежестких заготовок).

Центры по конструкции могут быть неподвижными или вращающимися, жесткими или плавающими, гладкими или рифлеными, прямыми или обратными. Посадочные поверхности центров выполняются по конусу Морзе.

На рис. 7.1 приведены конструкции упорных центров, применяемых для токарных и круглошлифовальных работ. При выполнении токарных работ, центры типа, показанного на рис. 7.1а, применяют главным образом в качестве передних, устанавливаемых непосредственно в шпинделе станка. При выполнении шлифовальных работ, а также токарных с особо высокой точностью деталь устанавливают на два таких центра. Угол при вершине рабочей части центра (рис. 7.1а), как правило равен 60° . Диаметр опорной части 3 имеет величину меньшую, чем меньший диаметр хвостовой части конуса, что позволяет выбивать центр из гнезда без повреждения конической поверхности хвостовой части.

В процессе обработки детали в центрах передний центр вращается вместе с ней и служит только опорой, а задний центр при этом неподвижен. Вследствие значительного нагрева при вращении он теряет твердость и интенсивно изнашивается. Поэтому задний центр изготавливают из углеродистой стали с твердосплавной рабочей частью.

Срезанные центры (рис. 7.1б) применяют при необходимости подрезания торцов заготовки, когда подрезной резец должен дойти почти до оси вращения заготовки. Шариковые центры (рис. 7.1в) используют при обтачивании конических поверхностей заготовки способом сдвига задней бабки в поперечном направлении. Рифленные центры (рис. 7.1г) используют при обработке заготовок с большим центровым отверстием без поводкового патрона, т.е., они служат в качестве установочно-поводковых устройств. Захват детали и одновременное центрирование осуществляются путем вдавливания детали в рифленую поверхность центра при перемещении пиноли задней бабки вместе с задним центром. Недостатком установки с помощью рифленого центра является повреждение отверстия на торце детали, что вызывает необходимость его подрезки или расточки отверстия после обтачивания наружной поверхности. Обратные центры (рис. 7.1д) применяют для установки заготовок небольших диаметров, имеющих прямую коническую заточку.

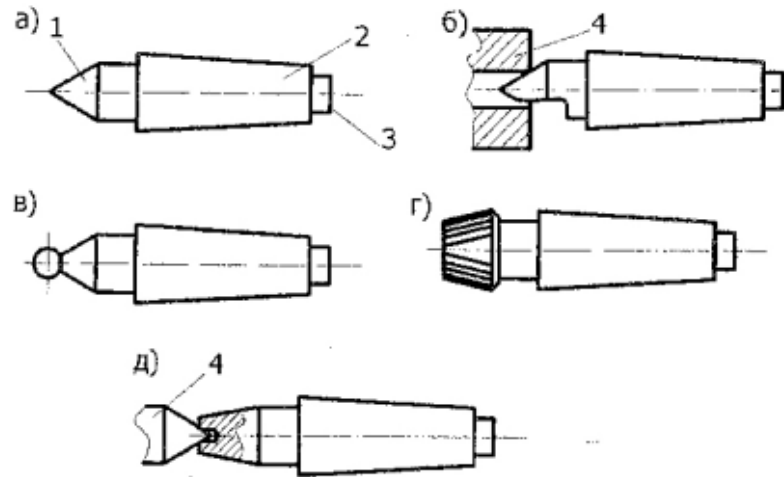


Рис. 7.1. Основные конструкции центров: а – упорный (нормальный) центр; б – срезанный центр; в- шариковый центр; г – рифленый центр; д – обратный центр; 1 – рабочая часть; 2 – хвостовая часть; 3 – опорная часть; 4 – устанавливаемая заготовка.

Вращающиеся задние центры (рис. 7.2) позволяют производить обработку на высоких скоростях и обеспечивают среднюю экономическую точность обработки на токарных станках. В зависимости от размеров и формы обрабатываемой детали, а также от величины радиальной нагрузки применяют вращающиеся центры I, II и III типов.

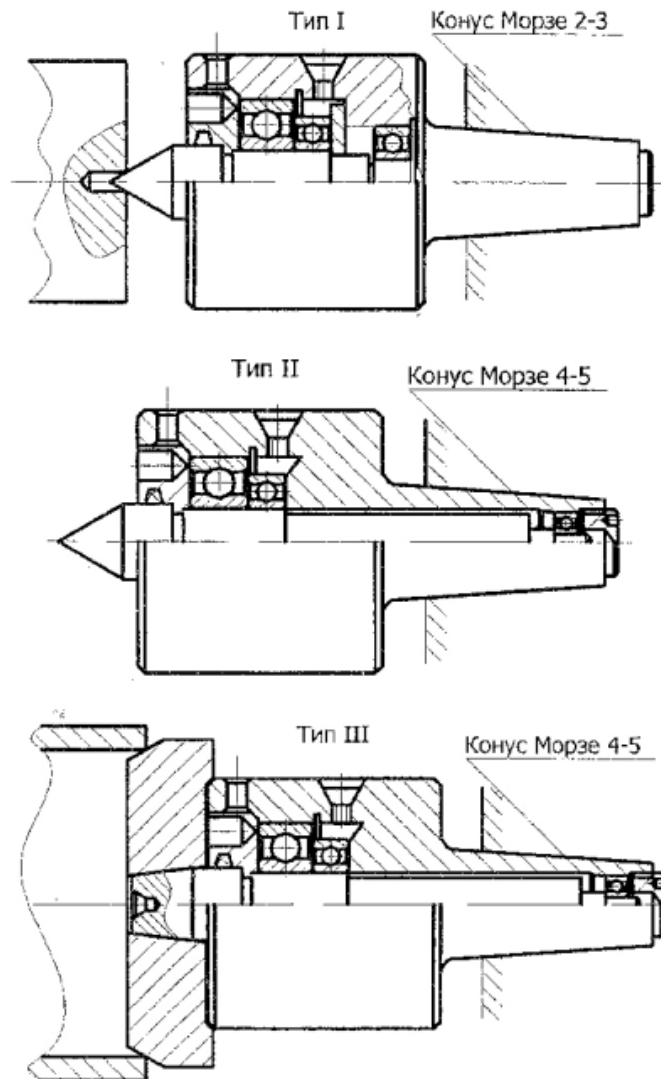


Рис. 7.2. Конструкции вращающихся центров: тип I и II – для установки заготовок по центровым отверстиям; тип III – для установки полых деталей.

Типы I и II применяют для обработки валов. Конструктивно они различаются размерами и расположением подшипников качения, позволяющих воспринимать различные радиальные нагрузки. Тип III, так называемый грибковый вращающийся центр, предназначенный для обработки деталей, имеющих большие отверстия, по конструкции отличается от типа II только измененной формой конической части.

Поводковое устройство это механизм, связывающий деталь, установленную в центрах, со шпинделем станка.

Они предназначены для передачи вращения от шпинделя станка к обрабатываемой заготовке, установленной в центрах. В качестве таких устройств применяются поводковые патроны с хомутиками, которые могут быть с отогнутым или прямым хвостиком. В первом случае отогнутый конец хомутика входит в паз планшайбы, накрученной на конец шпинделя, а во втором захватывается пальцем, закрепленным на планшайбе. Для предотвращения вибраций в процессе работы планшайба с пазом или планшайбы в сборе с пальцем должны быть сбалансированы.

На рис. 7.3 показана схема обтачивания заготовки 1, установленной в центрах 2 и 3 с приводом от поводкового патрона. Передача вращения осуществляется поводковым патроном 4, установленным на шпинделе станка, через палец-поводок 5 к хвостовику 6 хомутика, закрепленного на заготовке.

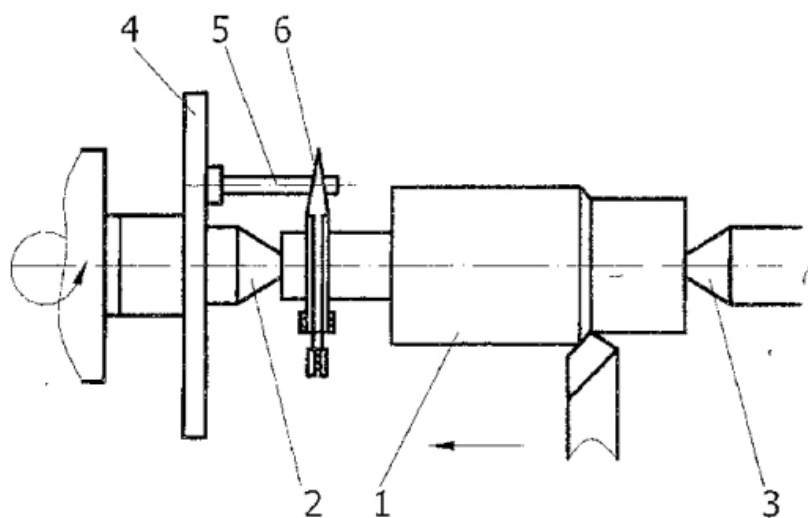


Рис. 7.3. Схема обтачивания при установке заготовки в центрах с приводом вращения от поводкового патрона: 1 – обрабатываемая заготовка; 2 и 3 – центры; 4 – поводковый патрон; 5 – палец-поводок; 6 – хомутик.

Хомутик надевают на обрабатываемую деталь и, как правило, закрепляют винтом (рис. 7.4а). Более удобны в работе самостягивающиеся хомутики (рис. 7.4б). В конструкции такого хомутика хвостовик 2 закреплен в корпусе 5 подвижно на оси 4. Нижняя часть хвостовика 2,

обращенная к детали, выполнена эксцентрично по отношению к оси 4 и имеет по поверхности насечку. Для установки хомутика на деталь хвостовик 2 наклоняют в сторону пружины 3, которая создает предварительную затяжку детали хвостовиком. Окончательную затяжку в процессе обработки обеспечивает палец-поводок 1 поводкового патрона.

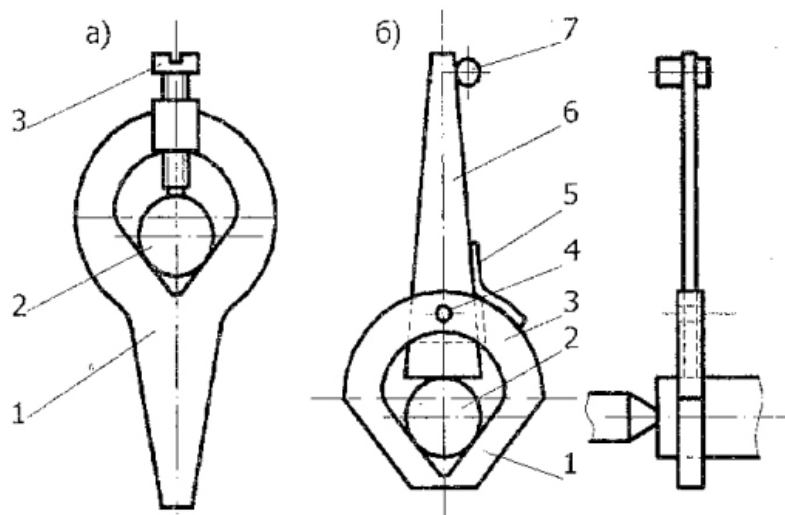


Рис. 7.4. Конструкции хомутиков: а – обычный; б – самозатягивающийся;
1 – корпус; 2 – обрабатываемая заготовка; 3 – зажимной болт; 4 – ось;
5 – пружина; 6 – хвостовик; 7 – палец поводкового патрона.

К недостаткам поводковых хомутиков, применяемых при обработке валов относятся: значительные затраты времени на установ, зажим и снятие хомутика; невозможность осуществления обработки по всей длине вала.

Для устранения указанных недостатков существует большое число разнообразных поводковых устройств, применение которых определяется формой и размерами вала, требуемой точностью обработки и типом производства. Например, при обработке пустотелых валов в качестве центрирующе-поводкового устройства можно использовать рифленый передний центр (рис. 7.1г).

В процессе обработки ступенчатых валов по упорам или копиру невозможно выдержать точные размеры по длине ступеней, так как

заготовка может иметь различные положения вдоль своей оси из-за разной глубины центрального отверстия, обращенного к переднему центру. В этом случае в качестве поводково-центрирующего устройства применяют конструкцию с плавающим центром.

Конструкция поводкового плавающего переднего центра показана на рис. 7.5. Устройство представляет собой корпус 1, устанавливаемый в коническое отверстие шпинделя станка. В корпусе по скользящей посадке перемещается плавающий центр 2, постоянно поджимаемый к сменному зубчатому диску 4 пружиной 3. Установку и закрепление детали производят с помощью задней бабки, которая перемещает деталь вместе с центром до тех пор, пока она не врежется в имеющиеся на торце диска 4 зубья. В данном случае зубья выполняют функцию поводка и передаваемый ими крутящий момент вполне достаточен для многих видов обработки. Образующиеся на торце обрабатываемой детали вмятины удаляются при последующей обработке путем подрезки или зачистки торца.

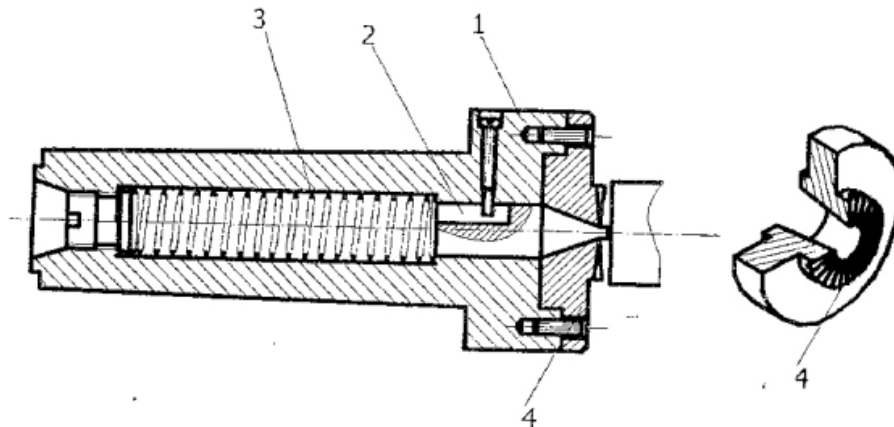


Рис. 7.5. Конструкция поводкового плавающего переднего центра: 1 – корпус; 2 – плавающий центр; 3 – пружина; 4 – сменный зубчатый диск.

Оправки.

Они представляют устройства для установки деталей по имеющейся в них каким-либо отверстиям: цилиндрическим, коническим, резьбовым и т.д.

Рассмотрим оригинальную конструкцию пневматической оправки с гидропластом, приведенную на рис. 7.6.

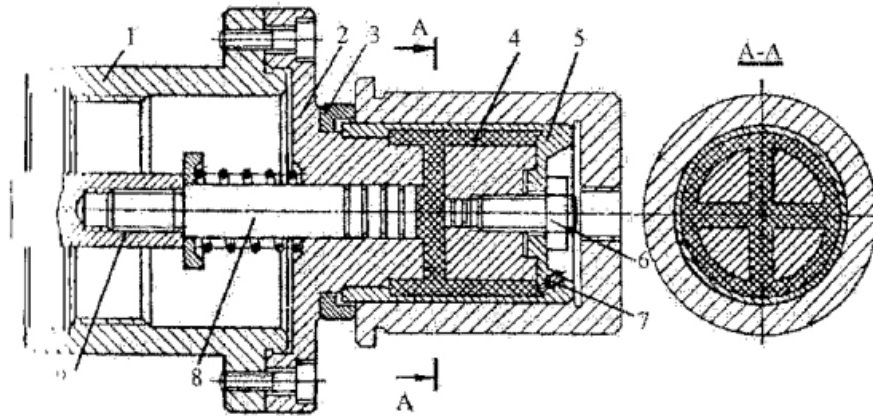


Рис. 7.6. Конструкция пневматической оправки с гидропластом.

Оправка состоит из планшайбы 1, к которой винтами прикреплен точно сцентрированный корпус оправки 2. На корпусе установлены упорное кольцо 3 и тонкостенная втулка 5, закрепленная гайкой 6. При перемещении штока 9 пневмопривода давление через плунжер 8 передается на гидропласт 4, при этом происходит деформация втулки 5 и закрепление за счет этого детали. Винт 7 предназначен для удаления воздуха в процессе заливки гидропласта.

При обработке деталей, установленных на оправки, часто в качестве поводкового устройства применяют поводковые скобы. Эти поводки имеют форму скобы или диска с прямоугольным отверстием, в которое вставляется оправка своим концом с лысками.

Люнеты применяются главным образом при обработке длинных деталей ($l=12\dots 15d$) для предотвращения их прогиба под действием сил резания и свободного веса детали. Люнеты бывают подвижные и неподвижные.

Неподвижный люнет (рис. 7.7, а) устанавливают на направляющих станины станка и крепят прижимной планкой 5 с помощью болта и гайки 6. Верхняя часть 1 неподвижного люнета откидная, что позволяет снимать и устанавливать заготовки на кулачки или ролики 4 люнета, которые

служат опорой для обрабатываемой заготовки и поджимаются к детали винтами 2. После установки и выверки положения заготовки с помощью винтов 2, они фиксируются болтами 3. На обрабатываемой заготовке в месте установки роликов люнета, протачивают канавку, выполняя ее посередине заготовки.

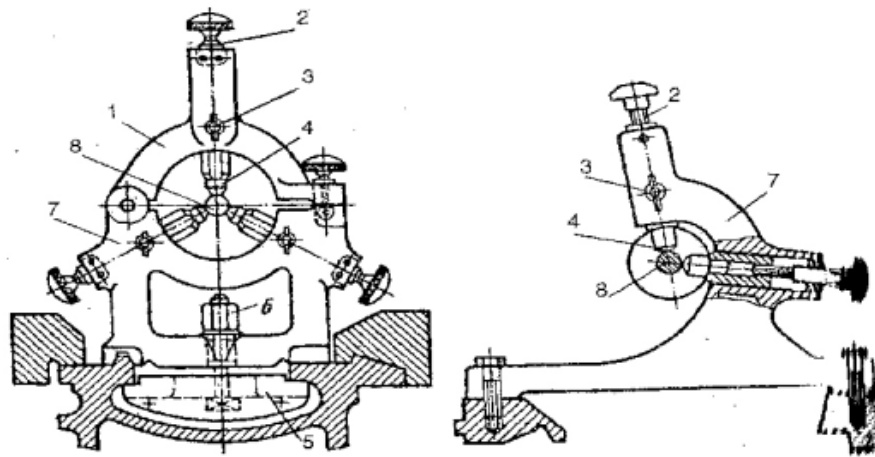


Рис. 7.7. Конструкции люнетов: а – неподвижного; б – подвижного;
1 – верхняя часть люнета; 2 – винт; 3 – болт; 4 – кулачки люнета;
5 – прижимная планка; 6 – болт с гайкой; 7 – корпус; 8 – заготовка.

Подвижный люнет (рис. 7.7, б) крепится на каретке суппорта и в процессе обработки перемещается вдоль обрабатываемой заготовки. Подвижный люнет имеет два кулачка, которые служат опорами для заготовки, а роль третьей опоры выполняет резец.

Люнеты также бывают универсальными с раздвижными опорными кулачками, пригодными для обработки различных деталей, и специальными, предназначенными для обработки деталей одного определенного диаметра.

Приспособления для обработки деталей в шпинделе станка

К этой группе приспособлений относятся приспособления и многочисленные нормализованные самоцентрирующие механизмы – патроны. Эти приспособления устанавливаются и закрепляются либо непосредственно на шпинделе станка с центрированием по

цилиндрической или конической части шпинделя, либо на переходную планшайбу, которая подгоняется по шпинделю станка. Планшайба имеет специальный центрирующий пояс, на который одевается приспособление по посадкам H/h или H/n, и резьбовые отверстия для крепления его винтами. Планшайбу изготавливают к станку один раз и используют ее для установки и закрепления различных приспособлений.

Патроны специальных конструкций

Специальными называются несамоцентрирующие патроны. В таких приспособлениях деталь устанавливается в призмах, на пальцах и других установочных элементах, которые располагаются на планшайбе или специальном кронштейне, перпендикулярном планшайбе. К этой группе относятся также поворотные передвижные приспособления, предназначенные для последовательного совмещения осей обрабатываемых отверстий или поверхностей с осью шпинделя. Такие приспособления применяются в серийном производстве. Привод ручной с использованием винтовых, рычажных и клиновых зажимов.

Четырехкулачковый патрон с независимым перемещением кулачков преимущественно применяют для закрепления деталей некруглой и несимметричной формы. Он состоит (рис. 7.8) из корпуса 1, в котором выполнены четыре паза, в каждом из них смонтирован кулачок 4 с винтом 3 для независимого перемещения кулачка по пазам в радиальном направлении. От осевого смещения винт 3 удерживается сухарем 2. На передней поверхности патрона нанесены концентрические риски (расстояние между ними 10-15мм), которые позволяют выставить кулачки на одинаковом расстоянии от центра патрона. Кулачки могут быть повернуты на 180° для закрепления заготовок по внутренней или наружной поверхности.

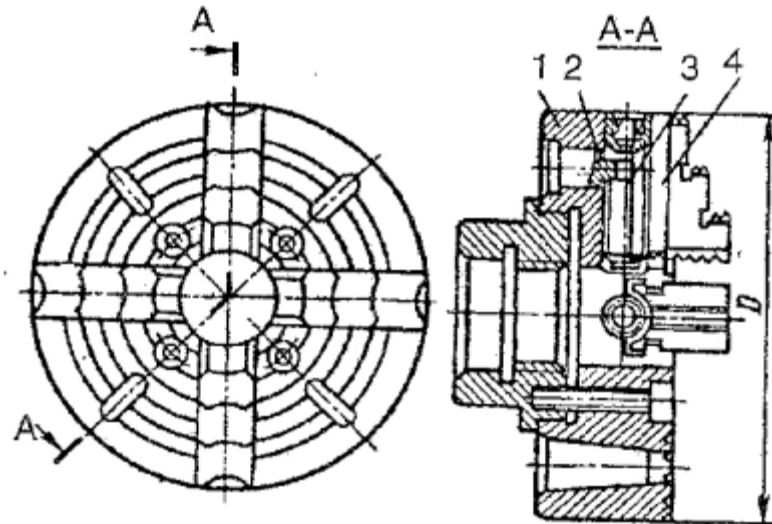


Рис. 7.8. Конструкция четырехкулачкового патрона с независимым перемещением кулачков: 1 – корпус; 2 – сухарь; 3 – винт; 4 – кулачок.

Установку и закрепление деталей сложной формы не всегда можно выполнить даже в четырехкулачковом патроне с независимым перемещением кулачков. В таких случаях установку производят на планшайбах, угольниках или в специальных приспособлениях.

Планшайба 2 представляет собой плоский диск, который крепится к фланцу 1, установленному на шпинделе станка (рис. 7.9, а). На рабочей поверхности планшайбы имеется 4-6 Т-образных канавок и большое число прорезей, расположенных в различных направлениях. Заготовку устанавливают, ориентируя ее по плоскости планшайбы, а совпадение оси обрабатываемой поверхности заготовки с осью шпинделя выверяют с помощью рейсмуса, индикатора, заднего центра и т.д. Заготовку, после выверки ее положения, закрепляют прихватами, для чего головки болтов устанавливают в Т-образные или другие пазы. Для обтачивания с одного установка нескольких уступов или растачивания отверстий с выдержкой координат между ними применяют универсальные угольники, позволяющие перемещать деталь в двух взаимно-перпендикулярных направлениях.

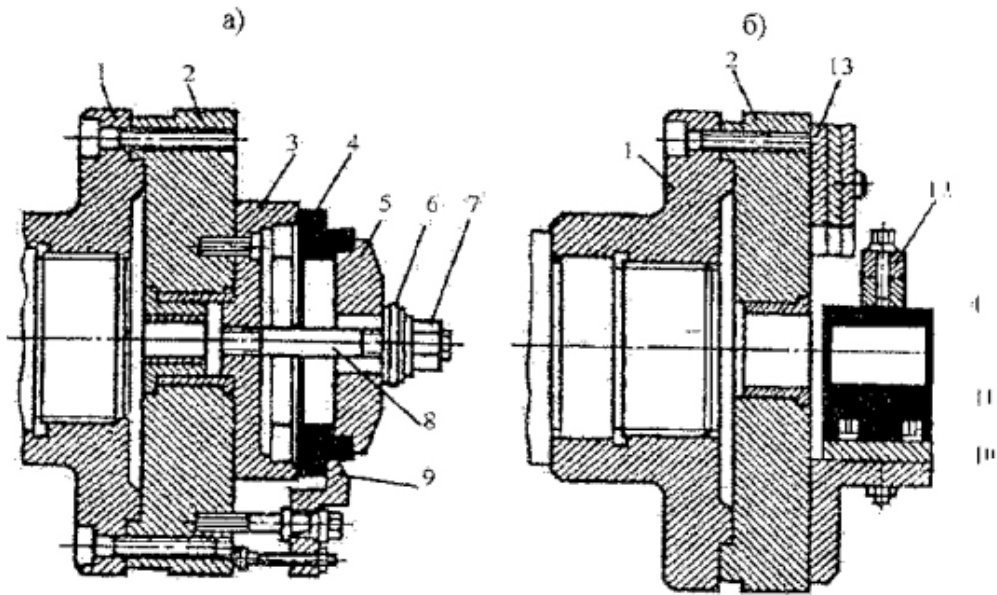


Рис. 7.9. Конструкции планшайб для установки и закрепления деталей сложной формы: а – колец; б – кронштейнов; в – крышек, фланцев; 1 – фланец; 2 – планшайба; 3 – опорная втулка; 4 – заготовка; 5 и 6 – шайбы; 7 – гайка; 8 – винт; 9 – прихват; 10 – угольник; 11 – центрирующие кольца; 12 – откидной зажим; 13 – противовес.

При обработке наружных поверхностей (рис. 7.9, а) заготовку 4 типа кольца устанавливают на опорную втулку 3 и закрепляют шайбами 5, 6 и винтом 8 с гайкой 7. При обработке внутренних поверхностей закрепление заготовки осуществляется с помощью прихватов 9.

На рис. 7.9, б показано закрепление заготовки 4 типа кронштейна. Ее устанавливают на угольнике 10 по центрирующим пальцам 11 и закрепляют откидным зажимом 12. Возникающий при этом дисбаланс устраняют с помощью противовеса 13. На рис. 3.11в,г показано закрепление заготовок типа колец, крышек, фланцев и т.п., которые крепятся к планшайбе 2 прихватами 9.

Самоцентрирующие патроны

Характерной особенностью этих патронов является наличие механизма, с помощью которого совмещается ось детали с осью вращения

шпинделя станка. Самоцентрирующие патроны делятся на группы в зависимости от конструкции рабочих элементов устанавливающих и зажимающих деталь:

- кулачковые;
- цанговые;
- мембранные;
- плунжерные;
- гидропластовые;
- клиношариковые.

Кулачковые, мембранные, гидропластовые и клиношариковые – наиболее точные.

Привод – ручной, механизированный, автоматизированный. Достоинства и недостатки зависят от самоцентрирующего механизма и привода.

В зависимости от количества кулачков: 2, 3, 4 – кулачковые; 2 и 3 – самоцентрирующие; 4 – как правило, несамоцентрирующие.

Форма кулачков – различная в зависимости от формы и чистоты обрабатываемой поверхности. Рифленая используется при обработке черновых баз (коэффициент сцепления 0,8-0,9).

Кулачки могут быть прямые (зажим по наружной поверхности) и обратные (зажим по внутренней поверхности).

Наиболее распространенным является самоцентрирующий трехкулачковый патрон, общий вид и принципиальное устройство которого показаны на рис. 7.10.

Кулачки 1, 2, 3 перемещаются одновременно в радиальном направлении по спирали на диске 4, в витки которой они заходят своими нижними выступами. На противоположной стороне диска нарезано коническое колесо, сопряженное с тремя коническими зубчатыми колесами 5. При повороте ключом одного из колес 5 поворачивается диск

4, который посредством спирали перемещает одновременно и равномерно все три кулачка по пазам корпуса 6 патрона. В зависимости от направления вращения колес 5 кулачки приближаются или удаляются от центра, соответственно зажимая или освобождая деталь. Как правило, кулачки изготавливают трехступенчатыми, а для повышения износостойкости их закаливают. Различают кулачки для закрепления заготовок по внутренней и наружной поверхностям.

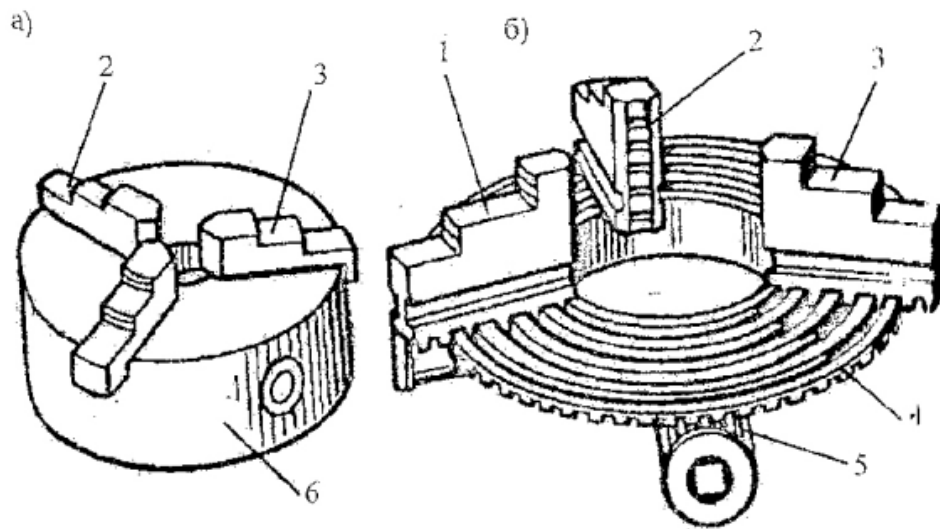


Рис. 7.10. Самоцентрирующий трехкулачковый патрон: а – его общий вид; б – принципиальная схема привода кулачков; 1, 2 и 3 – кулачки; 4 – поворачивающийся диск; 5 – коническое зубчатое колесо; 6 – корпус патрона.

В трехкулачковых самоцентрирующих патронах закрепляют детали круглой и шестигранной формы или круглые прутки.

Двухкулачковые самоцентрирующие патроны применяют для установки деталей, форма которых неудобна для зажима в трехкулачковых патронах. В частности различные фасонные отливки и поковки, причем кулачки таких патронов часто предназначены для закрепления только одной детали. Патроны выполняют как ручным, так и механизированным зажимом.

На рис.7.11 в качестве примера показана конструкция клинорычажного двухкулачкового самоцентрирующего патрона с

пневмоприводом. Патрон представляет собой корпус 1, в котором установлена втулка 12, с закрепленной на ней гайкой 6, имеющей наклонные площадки А, рычаги 13 и основания 2 кулачков, несущих сменные кулачки 4.

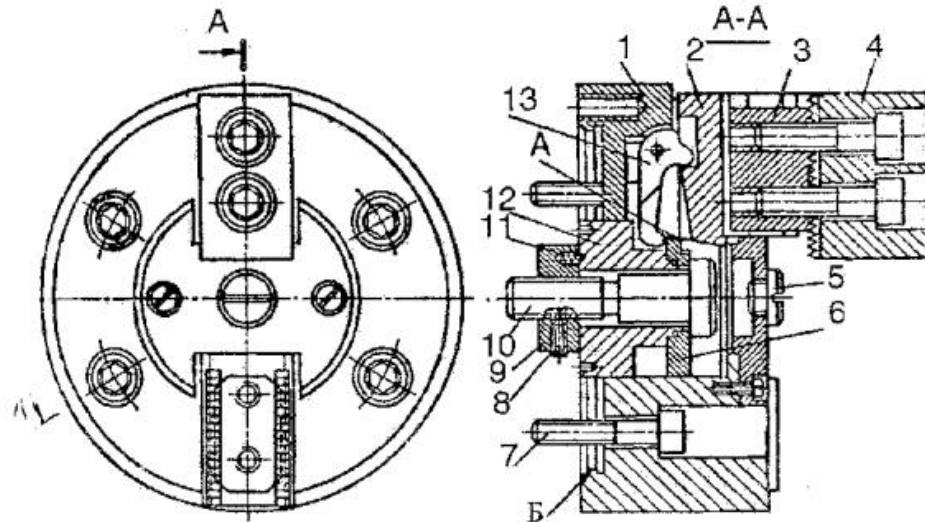


Рис. 7.11. Конструкция клинорычажного двухкулачкового самоцентрирующего патрона с пневмоприводом; 1 – корпус; 2 – основания кулачков; 3 – сухари; 4 – сменные кулачки; 5 – заглушка; 6 – гайка; 7 – болт; 8 – стопорный винт; 9 – гайка; 10 – винт; 11 – шариковый стопор; 12 – втулка; 13 – рычаг.

Обрабатываемая заготовка закрепляется в патроне следующим образом. При перемещении винта 10, соединенного со штоком пневмопривода, в левую сторону гайка 6 поворачивает рычаги 13, которые, в свою очередь, перемещают к центру основания 2 кулачков. Сменные кулачки 4, непосредственно закрепляющие деталь крепятся к основаниям 2 с помощью сухарей 3, устанавливаемых в Т-образные пазы оснований кулачков.

При обратном ходе штока пневмопривода, т.е. при его перемещении в правую сторону, наклонные площадки гайки 6 раздвигают кулачки, освобождая таким образом деталь. Регулировку хода кулачков производят винтом 10 и гайкой 9, для чего предварительно необходимо вывернуть заглушку 5. Для предотвращения нарушения регулировки хода кулачков

гайку 9 стопорят винтом 8, а положение винта 10 относительно корпуса фиксируют пружинным шариковым стопором 11. при установке патрона на планшайбе его центрируют по выточке Б, а закрепляют с помощью болтов 7.

В крупносерийном и массовом производстве для закрепления деталей применяют рычажные, клиновые и рычажно-клиновые быстродействующие самоцентрирующие патроны с пневмоприводом.

Довольно широкое применение из числа быстродействующих получили мембранные патроны. Их, как правило, используют если необходимо произвести обработку партии деталей с высокой точностью центрирования. По конструктивному исполнению мембранные патроны разделяются на патроны рожкового и чашечного типа.

В мембранном патроне рожкового типа (рис. 7.12, а, б) обрабатываемую заготовку устанавливают между торцами винтов 4, которые через рожки 3 связаны с упругой мембраной 2. При прогибе мембраны в сторону заготовки 1 концы рожков 3 с винтами 4 расходятся и освобождают заготовку, а при снятии нагрузки с мембраны закрепляют ее. Настройка патрона на размер закрепляемой заготовки и усилие зажима регулируется за счет перемещения винта 4.

Мембранные патроны чашечного типа позволяют закреплять заготовку по внутренней (рис 3.10) и по наружной (рис 3. 10г) поверхности. В обоих случаях закрепление заготовки производится с помощью мембраны 1 при затяжке винта 2.

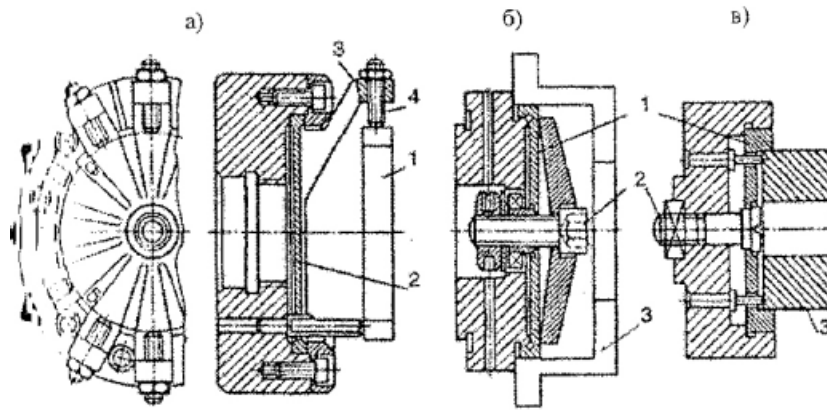


Рис. 7.12. Конструкции мембранных патронов: а – рожкового типа (1 – заготовка; 2 – упругая мембрана; 3 – рожки; 4 – винт); б и в – чашечного типа (1 – упругая мембрана; 2 – винт; 3 – заготовка).

Другие конструкции самоцентрирующих патронов и оправок см. [1].

2.8. Приспособления для фрезерных станков

Фрезерные приспособления характеризуются применением установов для быстрой настройки фрез и направляющих шпонок, которые служат для правильного расположения приспособления относительно стола станка. Шпонки крепятся на основании корпуса приспособления (2 штуки) и водятся в один из пазов стола станка, совмещая продольную ось приспособления с направлением продольного хода стола. Шпонки повышают устойчивость приспособления при обработке. Они воспринимают крутящий момент от сил резания и таким образом разгружают крепежные элементы приспособления. Установы размещаются так, чтобы не мешать установке и снятию детали, и чтобы было удобно контролировать положение инструмента щупом. Рабочие поверхности установов связываются с базовыми или установочными элементами приспособления размерами, точность которых определяется допуском $\pm 0,05-0,1$ мм.

При обработке детали набором фрез (на одной оправке) с помощью установов проверяется положение лишь одной фрезы.

Фрезерные приспособления классифицируются по двум признакам:

1) по характеру подачи детали при обработке (делятся на приспособления с прямолинейной, круговой и сложной подачей);

2) по степени использования машинного времени на установку и снятие детали (приспособления без совмещения машинного времени со временем на установку и снятие детали и приспособления с совмещением машинного времени на установку и снятие детали).

Каждое приспособление имеет и первый и второй признаки.

Приспособления для фрезерования без использования машинного времени на смену обрабатываемых деталей

Наиболее распространенными приспособлениями этой группы являются машинные тиски с ручным или механизированным приводом.

Машинные тиски с ручным винтовым зажимом состоят из корпуса с закрепленной на немодной неподвижной губкой и второй подвижной губки, перемещаемой с помощью винта. На губках устанавливают сменные пластины, на рабочих поверхностях которых для большей надежности закрепления деталей наносят насечку. С целью увеличения срока службы сменных губок их подвергают закалке до твердости HRC 42-45. В отдельных случаях, при установке деталей по точно обработанным поверхностям, устанавливают незакаленные (сырые) сменные губки или применяют прокладки из цветных металлов.

Для установки и закрепления в тисках деталей, имеющих сложную форму, применяют сменные губки, устанавливаемые на торцовой или верхней плоскости неподвижной или подвижной губки или одновременно на обеих.

С целью расширения технологических возможностей, что особенно важно для условий единичного и мелкосерийного производства, используют тиски с поворотом в одной или в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

На рис 8.1 показана конструкция эксцентриковых тисков, применяемых для закрепления деталей небольших размеров. Тиски состоят из корпуса 1, неподвижной губки 3 и подвижной губки 2, которая перемещается при повороте эксцентрика 4. Учитывая, что ход эксцентрика имеет небольшую величину, то для установки деталей различных размеров стойку 5 с эксцентриком делают переставной. При этом для надежного закрепления стойки на верхней плоскости тисков и плоскости основания стойки нанесены рифления.

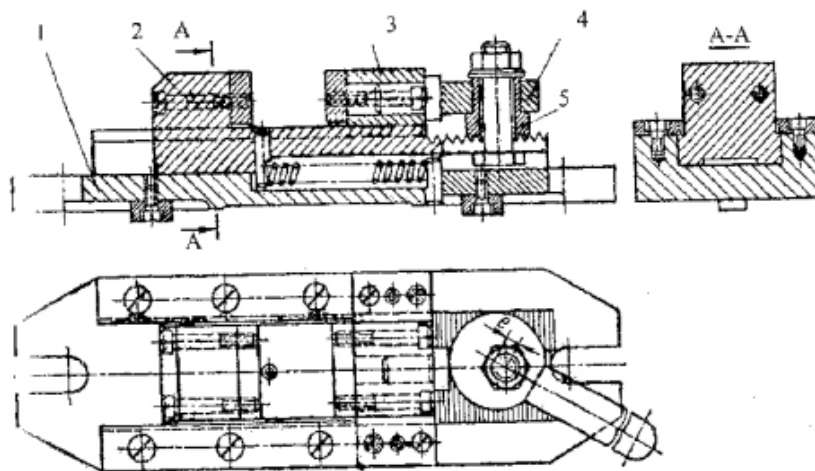


Рис. 8.1. Конструкция эксцентриковых тисков: 1 – корпус; 2 – подвижная губка; 3 – неподвижная губка; 4 – эксцентрик; 5 – стойка.

Значительно сократить время на зажим деталей можно за счет применения в тисках механизированных приводов. Наибольшее распространение получили тиски с пневмоприводом, которые обеспечивают достаточно большую силу зажима, быстрое действие и большие эксплуатационные удобства.

Как правило, в конструкции станочных тисков с пневмоприводом для увеличения силы зажима используют различные системы рычагов, но при этом пропорционально увеличению силы зажима уменьшается ход подвижной губки. Поэтому в таких конструкциях тисков предусматривают возможность регулирования положения неподвижной губки в зависимости от размеров закрепляемых деталей.

В применяемых конструкциях пневматических тисков постоянно создаваемой силой зажима полностью зависит от давления воздуха в сети. Поэтому в зависимости от расхода воздуха в сети и в некоторой степени от его утечки давление колеблется и прямо пропорционально влияет на силу зажима. Кроме того, при внезапном прекращении подачи воздуха обрабатываемая деталь освобождается и, помимо поломки инструмента, возникает опасность для работающего на станке.

На рис 8.2 показана конструкция пневматических тисков с тарельчатыми пружинами. В этом случае зажим детали осуществляется при помощи тарельчатых пружин, а ее освобождение и отвод подвижной губки во время установки новой детали – при помощи пневмопривода. В результате развиваемая сила зажима остается постоянной по величине и зависит только от параметров тарельчатых пружин. При этом падение давления воздуха в сети даже до нуля не изменяет силы зажима.

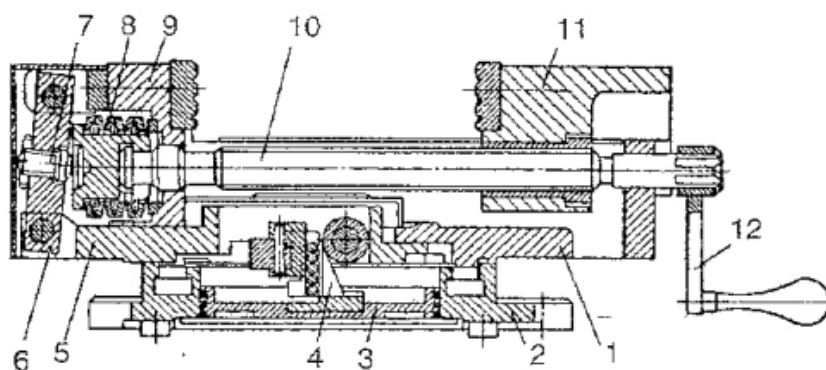


Рис. 8.2. Конструкция пневматических тисков с тарельчатыми пружинами:

1 – поворотный корпус; 2 – основание; 3 – пневмопривод; 4 – клиновой усилитель;

5 – тяга; 6 – рычаг; 7 – винт; 8 – тарельчатые пружины; 9 – неподвижная губка;

10 – винт; 11 – подвижная губка; 12 – рукоятка.

Тиски состоят из основания 2, на котором установлен поворотный корпус 1, пневмопривода 3, узла клинового усилителя 4, опирающегося на ролики; тяги 5; рычага 6; неподвижной губки 9; подвижной губки 11 и регулировочного винта 10. деталь зажимается тарельчатыми пружинами 8, перемещающими с помощью винта 10 подвижную губку 11. Освобождение детали происходит при подаче сжатого воздуха в нижнюю полость пневмопривода. При этом поршень перемещает вверх клин 4, который своей наклонной плоскостью сдвигает вправо тягу 5 и связанный с ним рычаг 6. Последний сжимает тарельчатые пружины 8 и перемещает винт 10 и подвижную губку 11. Установку подвижной губки 11 на размер закрепляемой детали производят поворотом винта 10 рукояткой 12.

Усилие зажима можно регулировать натяжением тарельчатых пружин с помощью винта 7.

При выполнении работ, когда требуется обеспечить постоянство положения оси симметрии детали относительно режущего инструмента, применяют самоцентрирующие тиски. Конструкция таких тисков с ручным винтовым зажимом приведена на рис 8.3. Для установки деталей различных размеров применяют сменные призмы 1, закрепляемые непосредственно в корпусе 2. Деталь зажимается двумя рычагами 3, на нижних концах которых установлены плавающие гайки 5. Винт 4, имеющий на концах правую и левую резьбу, обеспечивает одновременное схождение и расхождение рычагов, а следовательно, происходит центричное зажатие детали. Для устранения осевого перемещения винта его центральную часть, имеющую выточку, устанавливают в подшипник 6.

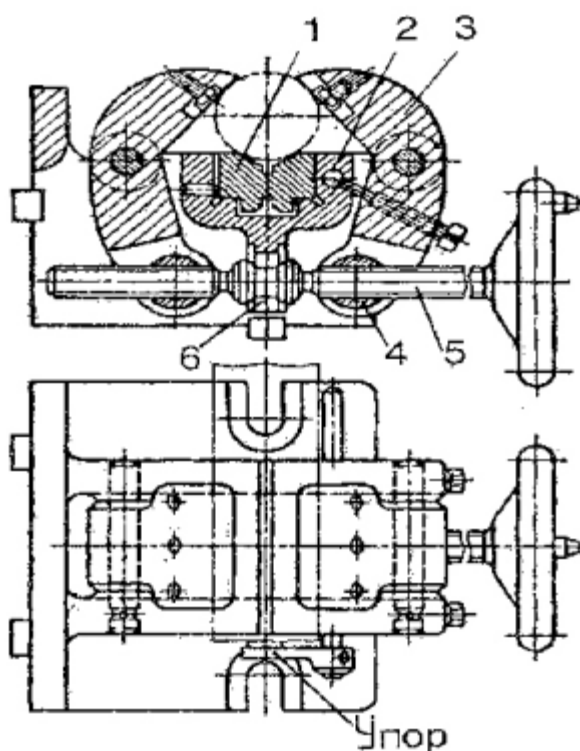


Рис. 8.3. Конструкция самоцентрирующих тисков: 1 – сменная призма; 2 – корпус; 3 – рычаги; 4 – плавающие гайки; 5 – винт; 6 – подшипник.

В условиях крупносерийного и массового производства применяют аналогичную конструкцию самоцентрирующих тисков, но с быстродействующим пневмоприводом. Для быстрого вращения винт обычно снабжают зубчатым колесом, а рейку, находящуюся в закреплении с ним, связывают со штоком пневмопривода.

При обработке нескольких различно расположенных поверхностей детали (шлицев, многогранников и т.п.) при одном ее установе и соответственно одном закреплении применяют многопозиционные приспособления. К ним относятся делительные головки и поворотные столы, которые в единичном и мелкосерийном производстве являются обязательной принадлежностью группы фрезерных станков. Для условий крупносерийного и массового производства, как правило, применяют специальные делительные приспособления как с горизонтальной, так и с вертикальной осью поворота.

Машинные тиски являются универсальными приспособлениями, допускающими переналадку. Корпус с салазками и механизм зажима тисков постоянные. Наладка состоит из сменных губок и других установочных элементов, которые проектируются и изготавливаются для каждой конкретной детали. Для установки сменных элементов на корпусе и салазках имеются Т-образные пазы. Конструкции тисков должны быть мощными, жесткими, компактными и быстродействующими.

К этой группе приспособлений относятся и поворотные приспособления, которые позволяют обрабатывать детали с разных сторон, не меняя установку детали. Фрезерные поворотные приспособления, так же, как и сверлильные бывают с горизонтальной, вертикальной и наклонной осью вращения. Универсальные поворотные столы и стойки имеют широкое распространение и нормализованы. Конструкции аналогичны сверлильным поворотным приспособлениям и

делительным устройствам. Все поворотные фрезерные приспособления имеют надежное крепление поворотной части к неподвижной.

При обработке заготовок в приспособлениях без использования машинного времени на их смену более 50% штучного времени затрачивается на вспомогательные приемы работы. Для увеличения производительности этой группы приспособлений применяются многоместные приспособления с параллельной или последовательной обработкой группы деталей [1].

Приспособления для фрезерования с использованием машинного времени на смену обрабатываемых деталей

Наибольший эффект в сокращении затрат времени на установку и закрепление заготовок достигается за счет выполнения этих приемов во время фрезерования при перекрытии вспомогательного времени машинным.

Использование машинного времени на смену детали можно осуществлять несколькими способами:

1) последовательное фрезерование группы отдельно закрепленных заготовок. Используется при круговой подаче;

2) фрезерование с возвратно-поступательной подачей. Требуется два приспособления: в первом деталь обрабатывается, во втором происходит загрузка детали;

3) фрезерование детали в поворотных приспособлениях. Приспособление устанавливается на поворотном столе. Требуется два приспособления (см. выше);

4) фрезерование в кассетных приспособлениях. В приспособление устанавливаются не детали, а кассеты, которые предварительно загружаются заготовками;

5) фрезерование с круговой подачей. Подача осуществляется непрерывно, причем, группу обрабатываемых деталей располагают на столе станка так, чтобы, не останавливая станок можно было снимать обработанные детали. Ось вращения стола станка может быть горизонтальной, вертикальной, наклонной.

При организации работ с использованием этих методов особое внимание необходимо уделять технике безопасности. Необходимо предусматривать ограждения, которые исключали бы возможность получения травм от стружки, вращающихся частей приспособления инструмента. Зона загрузки и выгрузки детали должна быть отгорожена от зоны работы инструмента.

Примеры конструкций приспособлений этой группы см. [1].

2.9. Приспособления для автоматических линий

На автоматических линиях применяются два вида приспособлений: стационарные и приспособления-спутники.

Стационарные выполняют те же функции, что и приспособления на обычных станках. В них автоматически подаются, устанавливаются, закрепляются, обрабатываются, открепляются и передаются на транспортирующее устройство заготовки. Они монтируются на отдельные позиции (агрегаты) автоматических линий.

Отличительной особенностью этих приспособлений является то, что они обязаны обеспечить правильную установку заготовок при простейших движениях транспортирующих устройств. Для этого опорные пластины являются продолжением направляющих планок транспортирующего устройства, а установочные пальцы выполняются выдвигными. Если установочные элементы неподвижны, то правильное положение заготовки обеспечивается дополнительными прижимами-досылателями, обеспечивающие плотный контакт базовых поверхностей с установочными элементами. Приспособления автоматических линий должны быть надежными и безотказными в работе, поэтому в них предусматривается автоматический контроль правильного положения заготовки с помощью пневматических, электрических и др. датчиков. Большое внимание уделяется очистке приспособления от стружки. Зажимное устройство должно быть надежным и самотормозящим, поэтому гидравлическому или пневмоприводу требуется дополнительный передаточный механизм, обладающий свойством самоторможения (клиновые, клино-плунжерные).

Большинство автоматических линий работают при базировании детали по плоскости и двум цилиндрическим отверстиям. Так обрабатываются все корпусные детали. Если заготовка не имеет таких баз, то она устанавливается в приспособлении-спутнике, а само

приспособление-спутник базируется по вышеуказанной схеме. При этом возрастает погрешность установки заготовки.

Для повышения точности обработки необходимо уделять большое внимание повышению жесткости приспособления и стремиться к уменьшению деформации заготовки под действием зажимных сил.

Приспособления-спутники применяются для закрепления заготовок сложной конфигурации. Все стадии обработки выполняются при одном закреплении заготовки, чем обеспечивается принцип постоянства установочных баз. В начале линии заготовка устанавливается на спутник и закрепляется, в конце обработки она вынимается из спутника, а спутник возвращается в исходное положение. Перемещение приспособлений-спутников ко всем агрегатам производится при помощи шагового или цепного транспортера по направляющим планкам.

2.10. Контрольные приспособления

Контрольные приспособления – это специальные средства измерения, представляющие собой конструктивное сочетание базирующих, зажимных и измерительных устройств и предназначенные для контроля отдельных деталей или собранных узлов.

Основная задача технического контроля заключается в обеспечении качества продукции.

Она может быть решена двумя способами:

- с помощью пассивных средств контроля (сортировка или разбраковка изготовленных деталей);
- с помощью активного контроля, когда качество продукции обеспечивается самим технологическим процессом, и брак в принципе не допустим.

Контрольные приспособления можно классифицировать следующим образом:

- 1) по уровню специализации они делятся на универсальные и специальные;
- 2) по степени механизации – на ручные, автоматизированные, полуавтоматы, автоматы;
- 3) по назначению:
 - приспособления для контроля линейных и узловых размеров;
 - для контроля взаимного расположения осей и плоскостей;
 - для контроля параметров зацепления зубчатых колес;
 - испытательные средства и стенды для проверки правильности работы собранных узлов и т.д.
- 4) по принципу работы и характеру использования измерительных устройств приспособления бывают:
 - с предельными измерениями;
 - с отсчетными измерениями.

5) по технологическому назначению: для окончательной приемки деталей и узлов и для контроля детали в процессе обработки (межоперационный контроль).

Важнейшим требованием, которое предъявляется к контрольным приспособлениям, является обеспечение оптимальной точности измерения и требуемой производительности контроля. Кроме этого применение контрольного приспособления должно быть экономически оправдано, они должны быть удобными и безопасными в эксплуатации, а также надежными при длительной работе, простыми по конструкции и обладать свойством функциональной взаимозаменяемости измерительных устройств.

Контрольные приспособления состоят из следующих элементов:

- 1) установочные элементы;
- 2) зажимные (прижимные) элементы;
- 3) измерительные устройства;
- 4) вспомогательные устройства.

Установочные и зажимные элементы контрольных приспособлений такие же, как и во всех других приспособлениях. Следует иметь в виду, что при выборе установочных элементов необходимо руководствоваться правилами контроля и назначения поверхностей в зависимости от формы измерительного наконечника.

Более подробно рассмотрим те элементы, которые не встречаются в других приспособлениях.

Измерительные устройства

В контрольных приспособлениях применяются три основные группы измерительных устройств:

- предельные;
- отсчетные;

- специальные.

К предельным относятся: калибры, глубиномеры, щупы, электрон-контактные преобразователи и др. Они служат для проверки того, находится ли измеряемая величина в заданных пределах. Значение контролируемой величины не определяется. В некоторых случаях предельные преобразователи могут оснащаться отсчетными устройствами для количественной оценки параметра. Предельные измерители широко применяются в приспособлениях для окончательного контроля обработанных деталей.

Отсчетные измерительные устройства находят применение в лабораторных условиях и при выборочном контроле. Эти устройства имеют отсчетные шкалы.

Специальные представляют собой комбинацию предельных и отсчетных устройств. Применяются в контрольно-сортировочных автоматах, автоматических устройствах для контроля деталей в процессе обработки, при сортировке деталей на группы.

Применение их дает возможность наблюдать за изменением размеров в процессе автоматического контроля. Это облегчает настройку и проверку качества выполняемой операции контроля без остановки оборудования.

Очень широкое распространение получили автоматизированные средства контроля: контрольные приспособления, у которых универсально-показывающие приборы заменены преобразователями (служат для получения информации о контролируемом параметре). Эта информация – в виде электрического сигнала. Функции шкальных отсчетных устройств с указателями предельных отклонений размеров деталей выполняют светофорные устройства (световые табло), цифровые табло, регистрирующие приборы, цифропечатающие устройства.

В зависимости от количества контролируемых параметров автоматизированные средства контроля делятся на:

- одномерные;
- многомерные.

Многомерные, в свою очередь, бывают комплексными и групповыми.

Комплексные – на одной измерительной позиции контролируют несколько информативных параметров. В групповых – на каждой из нескольких позиций контролируется один параметр.

Все автоматизированные контрольные приспособления имеют узкоспециальное назначение. Для уменьшения затрат на их создание разработана и успешно применяется система универсальных сборных контрольных приспособлений.

Вспомогательные устройства контрольных приспособлений

К вспомогательным устройствам контрольных приспособлений относятся:

- передаточные устройства между контролируемым объектом и измерительным устройством;
- узлы крепления измерительных устройств.

Передаточные устройства служат для передачи отклонения измеряемого параметра от детали к измерительному устройству.

Они необходимы для предохранения от непосредственного соприкосновения измерительного стержня с проверяемой деталью, чтобы предупредить его от повреждений и преждевременного износа.

Позволяют вынести измерительное устройство в удобное место. В ряде случаев передаточные устройства применяют для увеличения отклонения проверяемого параметра, что повышает точность измерения.

В качестве передаточных устройств служат рычажные, рычажно-зубчатые, рычажно-пружинные и др. механизмы.

Для крепления измерительных устройств служат разрезные втулки, специальные кронштейны в поворотных стойках (крепление за ушко), специальные подставки и др. узлы. Узлы крепления измерительных устройств в контрольных приспособлениях нормализованы.

2.11. Сборочные приспособления

Сборочными приспособлениями называются устройства, предназначенные для сокращения времени, повышения качества и облегчения сборки изделий или их элементов.

Сборочные приспособления также как и другие виды приспособлений могут быть универсальными и специальными. Их применение зависит от масштаба производства. Универсальные приспособления широко применяются в индивидуальном и мелкосерийном производстве. В крупносерийном и массовом производствах они имеют очень небольшое применение.

Специальные приспособления проектируются для определенной операции сборки конкретного изделия и для других операций и других изделий не могут быть использованы.

В зависимости от характера действия приспособления для сборки могут быть ручными, механическими и автоматическими.

Универсальные сборочные приспособления

Универсальные приспособления, применяемые для сборки, можно подразделить на несколько групп:

- 1) Плиты, угольники, призмы и др. (рис. 11.1). Они служат для установки, выверки взаимного расположения и закрепления собираемых элементов. Рабочие поверхности их тщательно обрабатываются, имеют Т-образные пазы для закрепления собираемых объектов. Они устанавливаются на подставки (верстаки) или фундаменты, выверяются в горизонтальном положении по уровню. Такие приспособления изготавливаются из чугуна.

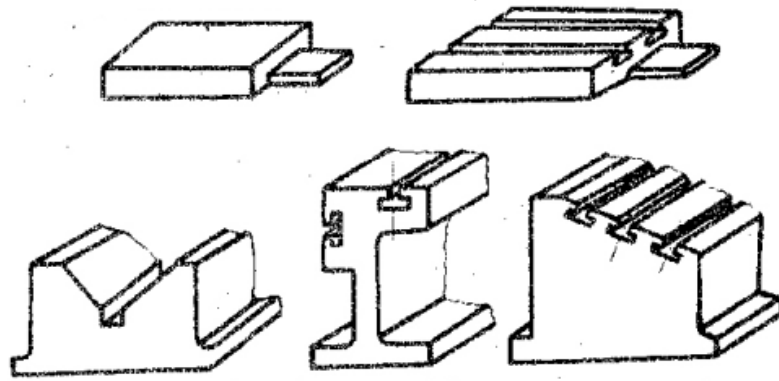


Рис. 11.1. Плиты, угольники, призмы.

2) Струбцины (рис. 11.2). Служат для временного скрепления деталей и узлов собираемых изделий, для выполнения таких операций как правка, запрессовка, распрессовка и т.д. Применяются винтовые, эксцентриковые и пневматические струбцины. По конструкции струбцины делятся на открытые (имеют С-образный корпус) и закрытые с корпусом в виде рамки.

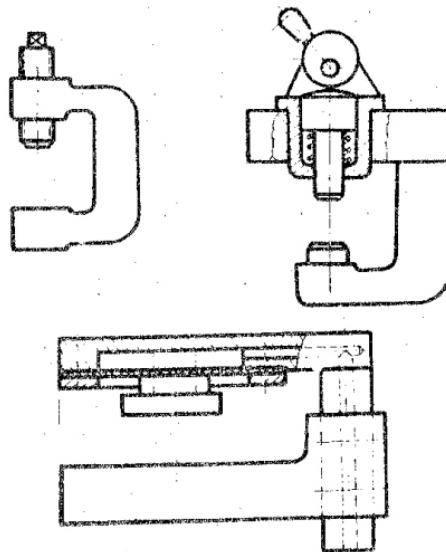


Рис. 11.2. Струбцины.

3) Домкраты. Они служат для поддержки и выверки громоздких и тяжелых деталей и узлов, обеспечивая их вертикальные и горизонтальные перемещения.

4) Устройства для подъема и перемещения деталей и узлов при сборке. Для этих целей используются блоки, подъемники, краны. Захват и

перемещение деталей осуществляется посредством цепей, крюков, канатов и специальных зажимов. При подвижной сборке изделие перемещают по рольгангу, склизу или в специальных приспособлениях, закрепленных на транспортирующем устройстве (на цепном или пластинчатом транспортере, конвейере).

5) Вспомогательные устройства. К ним относятся: металлические и деревянные клинья, подкладки (для установки и выверки собираемых деталей), планки, болты, прихваты (для крепления деталей и узлов к плитам), козлы, доски (для раскладки подготовленных к сборке деталей) и др.

Специальные сборочные приспособления

Они состоят из тех же элементов, что и станочные приспособления. Назначение каждой группы элементов также аналогично. В связи с тем, что в сборочном приспособлении детали устанавливаются обработанными поверхностями, особое значение приобретают требования о недопустимости порчи базовых поверхностей детали. Для обеспечения этого требования установочные элементы должны иметь большие опорные поверхности. Кроме этого установочные элементы часто облицовывают твердой резиной или пластмассой. Зажимные устройства не должны деформировать собираемые детали и не должны портить обработанные поверхности. Поэтому зажимные элементы имеют мягкие вставки.

Специальные сборочные приспособления имеют большое конструктивное разнообразие. По целевому назначению выделяют следующие группы:

1) Приспособления для крепления базовых деталей и узлов собираемого объекта (зажимные устройства). Они придают детали необходимую устойчивость против сил и моментов, возникающих при выполнении сборочных операций. Наиболее просты по конструкции.

Такие приспособления часто делаются поворотными, чтобы узел был доступен с большинства сторон, что создает удобство сборки и повышает производительность. На рис. 11.3. показано поворотное приспособление для крепления базовой детали.

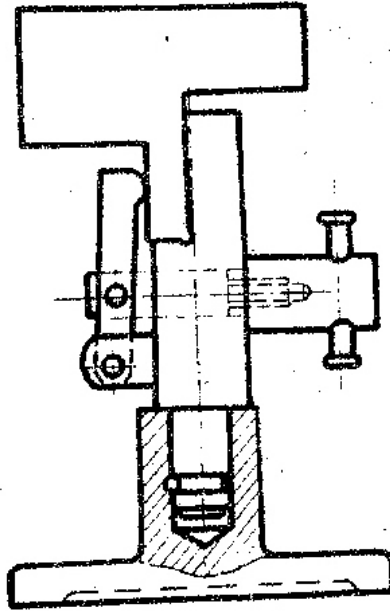


Рис. 11.3. Приспособление для крепления базовой детали.

При необходимости такие приспособления имеют фиксатор и крепление поворотной части.

Расчет зажимных механизмов сборочных приспособлений производится по той же методике, что и приспособлений для механической обработки. Зажимной механизм должен противодействовать сдвигающему и проворачивающему действию сил, возникающих в сборке.

Приспособления для крепления базовых деталей и узлов могут быть одноместными и многоместными.

Приспособления этой группы часто располагаются на сборочном конвейере.

2) Приспособления для точной и быстрой установки собираемых деталей и узлов. Обеспечивают точное взаимное расположение сопрягаемых деталей. Применяются для сварки, пайки, склеивания, развальцовки, винтовых и других видов сборочных соединений.

3) Приспособления для предварительного деформирования собираемых элементов. Применяются для предварительного сжатия пружин, когда нужно преодолеть упругие силы. Облегчают труд сборщика и повышают производительность.

4) Приспособления сборочных работ для изменения положения собираемого изделия. Это поворотные приспособления, позволяющие придавать объекту сборки требуемое положение.

Поворот осуществляется вручную или с помощью специальных устройств. В требуемом положении поворотная часть обычно фиксируется и крепится.

На рис. 11.4. показана схема приспособления, предназначенного для перевертывания изделия, проходящего сборку на рольганге.

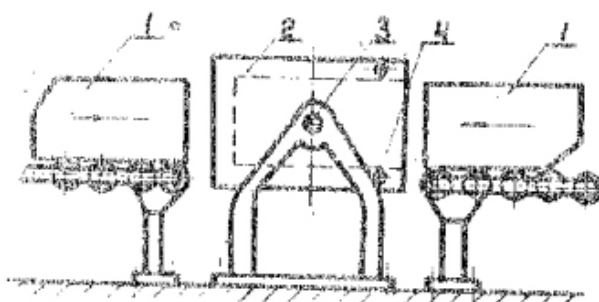


Рис. 11.4. приспособления для перевертывания изделия.

Изделие 1 заводится в коробку 2 приспособления, переворачивающегося на 180° вокруг цапф 3, вследствие чего оно оказывается перевернутым на 180° на другой стороне рольганга. Упоры 4 ориентируют положение изделия в коробке.

5) Приспособления для запрессовки и снятия туго посаженных деталей. Эти приспособления могут быть двух видов:

- приспособления к универсальным прессам;
- приспособления, самостоятельно создающие усилие запрессовки.

Приспособления к универсальным прессам обеспечивают правильное направление соединяемым деталям в процессе запрессовки.

Для этой цели обе детали должны строго центрироваться в корпусе приспособления своими базовыми поверхностями.

На рис. 11.5. представлены схемы приспособлений к универсальным прессам.

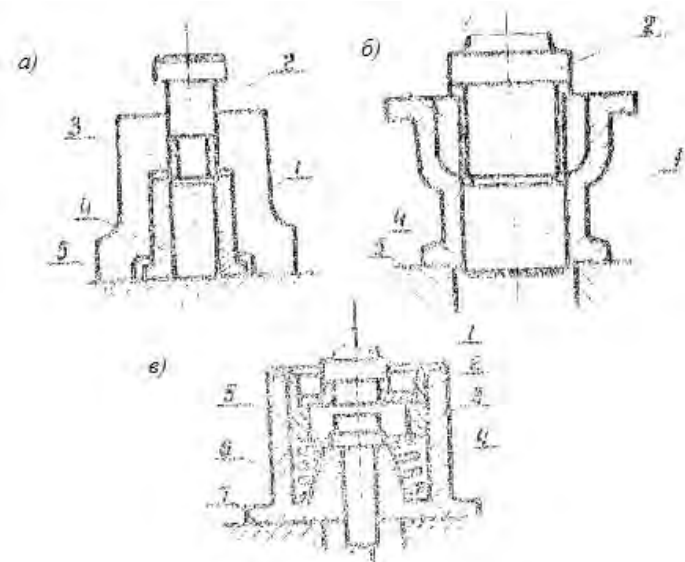


Рис. 11.5. Схемы приспособлений к универсальным прессам.

Для запрессовки легкодеформируемой втулки 3 (рис. 11.5) в приспособлении имеется направляющая оправка 1, которая устраняет возможность порчи тонкостенной втулки при запрессовке. На верхнюю часть оправки одевается втулка 3. Нижняя часть оправки имеет увеличенный диаметр, больше диаметра охватываемой детали, благодаря чему обеспечивается правильное направление движения втулки при ее запрессовке.

На рис. 11.5. показано приспособление, в котором для предотвращения перекоса тонкого диска 2 применяется направляющая гильза 3, а положение вила 5 определяется корпусом 4. Запрессовка производится ползуном 1. Пружина 7 возвращает гильзу 3 в исходное положение.

Соединения, осуществляемые с натягом, требуют приспособлений как для сборки, так и для разборки. Для разборки применяются приспособления, которые обычно называются съемниками.

По способу создания осевого усилия съемники бывают механические, гидравлические и пневматические. Наибольшее распространение имеют механические съемники. Различают три типа механических съемников: рычажные, винтовые и эксцентриковые.

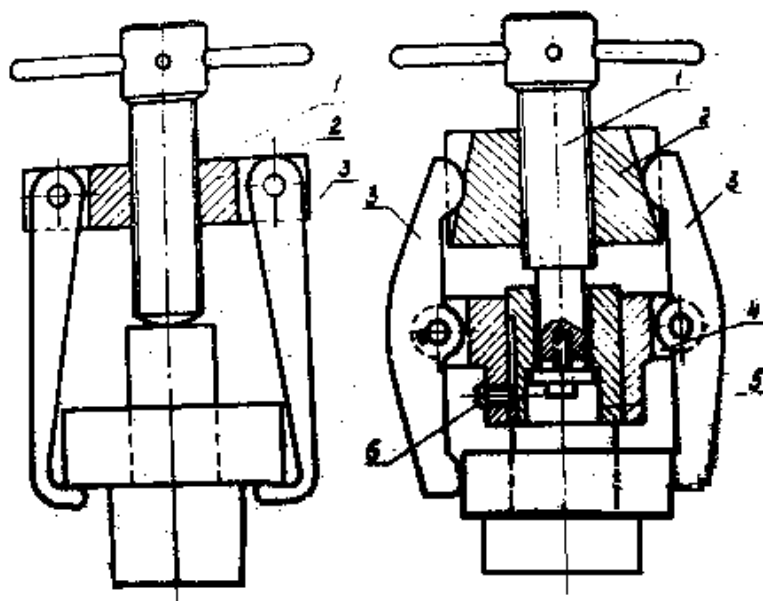


Рис. 11.6. Типовой и специальный винтовой съемники.

На рис. 11.6. показаны типовой и специальный винтовой съемники. Специальный съемник состоит из двух прихватов 3, закрепленных шарнирно на хомутике 4. Один конец прихватов, зажимающий деталь, имеет зубчики, врезающиеся в деталь, другой конец опирается на наклонные поверхности гайки 2. Хомутик 4 свободно сидит на кончике 5 винта 1. Стопорный винт 6 позволяет хомутику перемещаться в осевом направлении по кончику, но удерживает его от вращения.

Кончик винта упирается в одну, а прихваты подводятся к другой из разъединяемых деталей.

При вращении винта 1 гайка 2, перемещаясь по винту вверх, вначале разводит верхние концы рычагов 3 и зажимает деталь, а при дальнейшем перемещении тянет за собой прихваты с хомутиком и разъединяет детали.

2.12. Приспособления для групповой обработки

В основном для групповой обработки применяются приспособления из систем СНП, СБП, УНП, СРП.

В условиях серийного производства и частой смене объектов производства широко используются специализированные переналаживаемые приспособления.

Применяются приспособления, которые позволяют производить обработку различных типов и типоразмеров деталей в некотором диапазоне размеров. Настройка таких приспособлений может производиться за счет замены специальной наладки, приспособленной к конфигурации данной детали, и тогда система приспособлений называется – СНП, или за счет регулирования положения элементов приспособления без замены наладки – СБП. Кроме этих систем приспособлений для переменного-поточной обработки применяют приспособления комбинированного типа для последовательной обработки закрепленных за данным станком деталей без переналадки.

На рис. 12.1 показано приспособление, в которое можно устанавливать детали разных размеров без смены установочных и зажимных элементов.

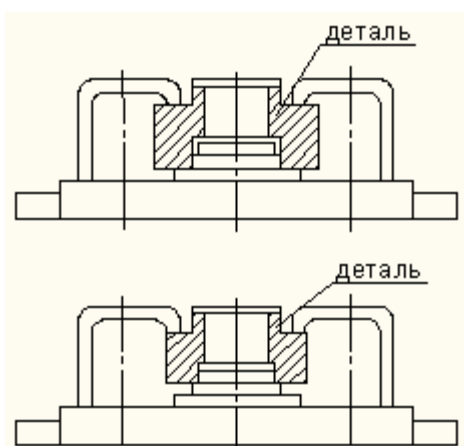


Рис. 12.1. Схемы установки деталей на специальное приспособление для групповой обработки.

Такие приспособления разрабатываются для деталей одного класса.

Широкое применение находят приспособления комбинированные для одновременной установки нескольких деталей, закрепленных за станком, на котором производят групповую обработку. Такие приспособления предназначены для обработки деталей различных типоразмеров (на сверлении, фрезеровании др.). (рис. 12.2).

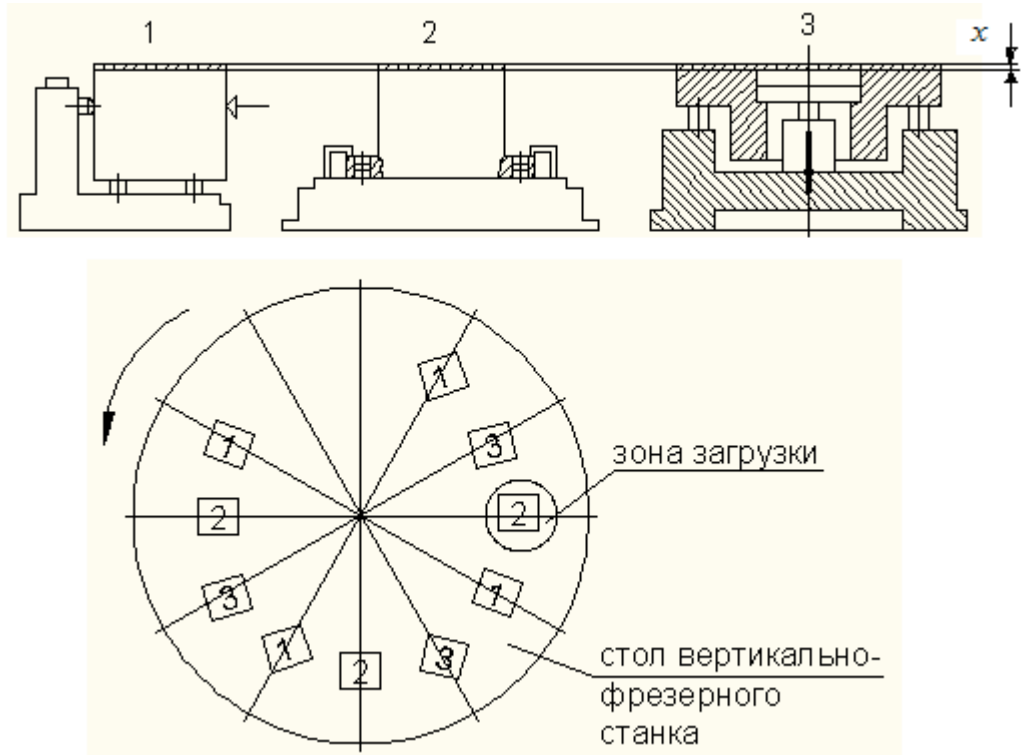


Рис. 12.2. Комбинированное приспособление для групповой обработки.

На круглый стол вертикально-фрезерного станка установлены обычные приспособления 1, 2 и 3, в которых одновременно обрабатываются детали различных типоразмеров. Рабочий, обслуживающий станок, загружает эти приспособления в указанной последовательности и снимает обработанные заготовки на участке загрузки. Перевод станка на переменнo-поточную обработку может производиться без съема приспособлений; в этом случае в каждом приспособлении последовательно обрабатываются партии прикрепленных заготовок. Остальные приспособления в это время не используются.

Для групповой обработки применяют также комбинированные приспособления со сменными деталями. Закрепленные за этим приспособлением заготовки разного типоразмера пропускают через одну или партиями. На рисунке 12.3 дана схема кондуктора, на котором можно сверлить отверстия в кольцах разного диаметра.

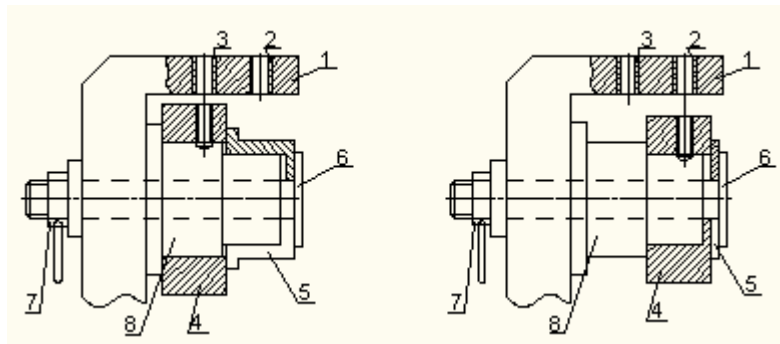


Рис. 12.3. Кондуктор для сверления отверстий в деталях двух типоразмеров. 1 – корпус приспособления, 2, 3 – кондукторные втулки, 4 – деталь, 5 – шайба, 6 – шток с резьбой, 7 – гайка, 8 – оправка.

Применение комбинированных приспособлений для переменноточной и групповой обработки обеспечивает лучшее использование оборудования во времени и снижение себестоимости обработки.

Конструированию этих приспособлений предшествует большая работа по выбору схемы и общей компоновки приспособления. Ее выполняют после тщательного подбора деталей по общности конструктивных и технологических признаков и разработки технологических процессов изготовления отобранных групп деталей. От подготовительной работы во многом зависит эффективность использования групповой оснастки.

В условиях серийного производства и частой смене объектов производства для закрепления и обработки различных групп деталей широко используются и специализированные переналаживаемые приспособления. В этих случаях проектирование и изготовление специальных приспособлений экономически невыгодно. Наиболее

целесообразным является применение приспособлений, рассчитанных на обработку различных типов и типоразмеров деталей в некотором диапазоне размеров. Настройка таких приспособлений для закрепления и обработки конкретной детали может производиться за счет замены специальной наладки, приспособленной к конфигурации обрабатываемой детали, и тогда приспособление называется специализированным наладочным (СНП), или за счет регулирования положения элементов приспособления без замены наладки, и тогда приспособление называется специализированным безналадочным (СБП).

Специализация приспособлений для обработки различных групп деталей может быть произведена в соответствии с определителем деталей общемашиностроительного применения.

2.13. Приспособления для станков с ЧПУ и роботов

Особенности приспособлений для станков с ЧПУ и требования, предъявляемые к ним

На станках с программным управлением обрабатывают детали широкой номенклатуры малыми партиями. Характерным для этих станков является быстрая сменяемость партий, сложность и повышенная точность обработки деталей.

Для эффективного использования станков с ЧПУ к станочным приспособлениям предъявляется ряд специфических требований, обусловливаемых особенностью этих станков:

1) станки с ЧПУ являются высокоточными станками. Следовательно, для обеспечения высокой точности обработки заготовок приспособления должны быть выполнены повышенной точности. Погрешности базирования и закрепления должны быть сведены к минимуму (по возможности к нулю);

2) станки с ЧПУ имеют повышенную жесткость и мощность. Следовательно, конструкция приспособления не должна быть наиболее податливым звеном системы СПИД, чтобы использовать полную мощность станка на черновых операциях и обеспечить высокую точность на чистовых операциях;

3) относительное перемещение заготовки и инструмента на станках с ЧПУ осуществляется автоматически в системе заранее заданных координат. Следовательно, приспособления должны обеспечивать полное базирование заготовок, т. е. лишение их 6-ти степеней свободы. Необходимо строго определенное положение базирующих элементов приспособлений относительно начала координат станка (нулевой точки);

4) станки с ЧПУ обеспечивают возможность обработки максимального числа поверхностей (до 4-х – 5-ти) с одной установки заготовки на поворотном столе. Для этого приспособления должны

обеспечивать полную инструментальную доступность, т.е. возможность подхода инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям;

5) для сокращения времени простоя дорогостоящих станков с ЧПУ, затрачиваемого на смену заготовок, приспособления должны обеспечивать сокращение времени зажима-разжима заготовок, поскольку это время является доминирующим при смене заготовок;

б) возможность обработки на станках с ЧПУ максимального числа поверхностей с одной установки заготовки резко увеличивает цикл обработки заготовки на одном станке, что обуславливает возможность смены заготовки во втором приспособлении вне рабочей зоны станка или вне станка во время его работы (приспособления – спутники);

7) станки с ЧПУ выгодно отличаются от традиционных станков автоматов своей гибкостью (переналадка заключается в смене программно-носителя). Однако большая часть подготовительно-заключительного времени затрачивается не на переналадку станка, а на смену оснастки и комплекта инструмента. Следовательно, приспособления должны обеспечивать возможность их быстрой смены или переналадки;

8) станки с ЧПУ являются основным средством автоматизации мелко- и среднесерийного производства. Следовательно, на таких станках наиболее эффективно применять переналаживаемые приспособления, обеспечивающие путем их переналадки или перекомпоновки обработку широкой номенклатуры заготовок.

Специальные приспособления целесообразно применять лишь в условиях крупносерийного производства.

Классификация систем приспособлений для станков с ЧПУ и область их рационального применения

В соответствии со ЕСТП под системой приспособлений понимается совокупность приспособлений, конструкции которых

компонуются на базе единых характерных правил, для обеспечения единства выполнения их и использования в определенных организационных условиях технологического процесса изготовления различных деталей методом механической обработки.

Приспособления каждой из систем имеют различные способы агрегатирования составляющих элементов, параметры и другие конструктивные различия, обеспечивающие их эффективность в различных производственных условиях, характеризуемых сочетанием организационных, конструктивных и технологических факторов, присущих оснащаемым операциям. Отличительными признаками различных систем приспособлений являются способы их переналадки или перекомпоновки, характеризующие степень их универсальности.

Системы переналаживаемых приспособлений наиболее эффективно применять на станках с ЧПУ. Специальные приспособления целесообразно применять лишь как исключение при невозможности применения переналаживаемых.

По степени универсальности и способу переналадки системы переналаживаемых приспособлений подразделяются на:

- универсально-безналадочные (УБП);
- универсально-наладочные (УНП);
- специализированные наладочные (СНП);
- специализированные безналадочные (СБП);
- универсально-сборные (УСП);
- сборно-разборные (СРП).

Конструкции приспособлений системы УБП представляют собой законченные механизмы долговременного действия с постоянными (несъемными) элементами для установки различных заготовок. Переналадка УБП осуществляется регулированием положения установочно-зажимных элементов. Приспособления этой системы

целесообразно применять на токарных, фрезерных, сверлильных станках с ЧПУ в условиях мелкосерийного производства.

Приспособления системы УНП обеспечивают установку заготовок широкой номенклатуры посредством сменных наладок. УНП состоят из конструкций универсального базового агрегата и сменных наладок. Под сменной наладкой понимается элементарная сборочная единица, т.е. самостоятельная специальная часть компоновки, предназначенная для установки конкретных заготовок на базовом приспособлении. Базовая часть приспособлений – неизменяемая, она предназначена для установки наладок в процессе компоновки конструкций универсально-наладочных приспособлений. Такие приспособления позволяют использовать групповые методы обработки.

В системе УНП для станков с ЧПУ широко применяют также наладки, компонуемые из комплекта заранее изготовленных универсальных установочных и зажимных элементов. Такие элементы компонуют на базовой части приспособлений – плитах или уголках.

Приспособления системы СНП обеспечивают базирование и закрепление родственных по конфигурации заготовок различных габаритов с идентичными схемами базирования. Компоновка СНП состоит из конструкции специализированного (по схеме базирования и виду обработки типовых групп обрабатываемых деталей) базового агрегата и сменных наладок. Система СНП отличается применением многоместных приспособлений, следовательно, эффективной областью применения СНП является серийное производство. Такие приспособления применяют также при групповой обработке в серийном производстве. Цикл оснащения операции специализированным наладочным приспособлением состоит из проектирования, изготовления и установки наладки на базовом агрегате.

УСП компонуют из стандартных универсальных элементов – деталей и узлов, изготовленных из легированных сталей с высокой степенью

точности. Из элементов УСП собирают без последующей механической обработки специальные приспособления кратковременного применения. После обработки партии заготовок их разбирают на составные части, которые вновь многократно используют в различных сочетаниях в новых компоновках. Элементы УСП постоянно находятся в обращении в течение срока их службы. В отличие от обычных специальных приспособлений специальные приспособления, компонуемые из элементов УСП, исключают стадию конструирования и изготовления приспособлений. УСП целесообразно применять на станках с ЧПУ в условиях мелкосерийного производства.

Применение УСП на станках с ЧПУ имеет ряд недостатков. К ним относятся:

1) наличие значительного числа стыков в приспособлении, снижающих его жесткость, что обуславливает снижение режимов резания, а следовательно, снижает производительность обработки;

2) высокая начальная стоимость, т.е. начальные капитальные затраты;

3) ограничение размеров обрабатываемых заготовок;

4) плохая доступность к закреплению заготовок. Обработка заготовок с нескольких сторон на многоцелевых станках ограничена затруднением подхода инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям;

5) точность компоновок УСП определяется суммой допусков составляющих элементов;

6) комплекты УСП не имеют гидравлических приводов зажимных устройств, что обуславливает значительные затраты времени на закрепление-раскрепление заготовок;

7) УСП не предусматривает возможность полного базирования приспособлений на станке;

8) При жестком закреплении плит УСП на столе станка при их стыковке для обработки заготовки больших размеров перекомпоновка

приспособлений занимает длительное время, что обуславливает значительные простои станков.

Новые УСП – механизированные универсально-сборные приспособления для станков с ЧПУ – системы УСПМ-ЧПУ. Они предназначены для установки заготовок на станках фрезерной и сверлильной групп в единичном и мелкосерийном производстве.

Основой комплекта системы УСПМ-ЧПУ являются базовые сборочные единицы – гидроблоки, т.е. плиты с Т-образными пазами и встроенными гидроцилиндрами, на которых komponуются установочные и зажимные устройства и элементы. В комплект входят также различные гидроцилиндры. В качестве источника давления гидроцилиндров или гидроблоков применяют пневмогидравлические преобразователи давления.

Гидроблоки выполнены в виде плит 1 прямоугольной формы со встроенными гидроцилиндрами 2 двухстороннего действия, штуцерами 3 и заглушками 4 (рис. 13.1).

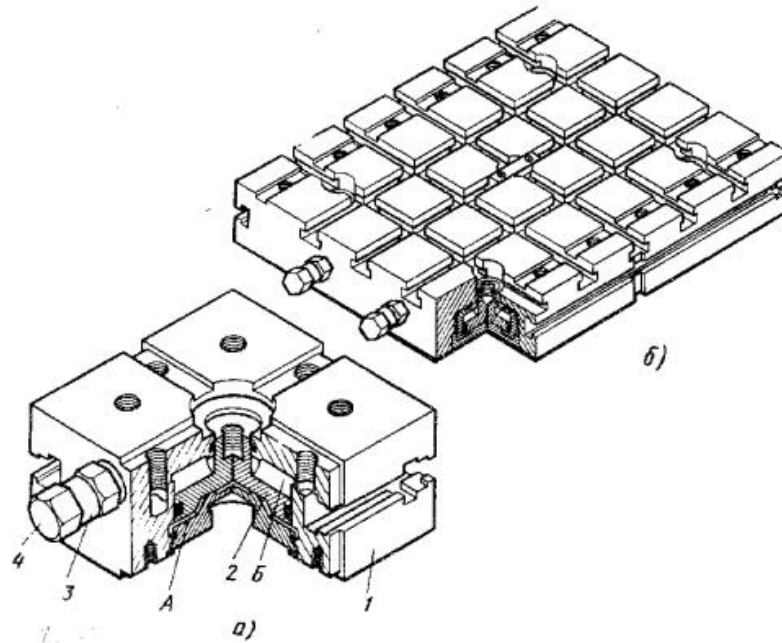


Рис. 13.1. Схема гидроблока системы УСПМ-ЧПУ.

Верхние и нижние полости цилиндров гидроблока сообщаются между собой каналами. При подаче масла от источника давления под рабочим давлением в полость А на штоке поршня создается сила, которая через шпильку, установленную в резьбовое отверстие штока поршня, передается на зажимной элемент. При подаче масла в штоковую полость Б поршень возвращается в исходное положение, при этом заготовка разжимается.

Верхняя и торцовые поверхности гидроблоков имеют Т-образные шпоночные пазы и резьбовые отверстия.

Гидроблоки могут использоваться как самостоятельные основания приспособлений. Базовое основание может быть собрано из нескольких гидроблоков, соединенных между собой с плитами УСП.

Сборно-разборные приспособления (СРП) собирают из готовых деталей и узлов как специальные приспособления долгосрочного применения. Возможно частичное использование в компоновке специальных деталей. Обрабатываемые заготовки могут контактировать с базами приспособлений через частично доработанные базовые поверхности. СРП собирают на весь период производства изделия (1,5 – 2 часа). Применение СРП эффективно при оснащении станков с ЧПУ в серийном и крупносерийном производстве. Цикл оснащения операции СРП состоит из проектирования и изготовления специальных деталей и сборки приспособления.

Особенности базирования и закрепления заготовок в приспособлениях для станков с ЧПУ

Поскольку относительное перемещение заготовки и инструмента осуществляется автоматически, в системе заданных координат, то при базировании заготовок нужно полное базирование и жесткая связь базирующих элементов приспособления с началом координат.

При обработке заготовок приспособления должны исключать ошибки, при базировании.

При базировании заготовок тел вращения в патронах в качестве двойных опорных или направляющих баз принимают наружные или внутренние цилиндрические поверхности, а также поверхности центровых отверстий. При базировании плоских и корпусных деталей в качестве баз применяют три плоских поверхности или одну плоскую и два отверстия.

Базирование по 3-м поверхностям является наиболее простым и надежным, обеспечивает точность базирования. Недостатком является то, что в ряде случаев невозможно производить обработку заготовок с 4-5 сторон или по контуру с одной установки. В этих случаях применяют базирование по плоскости и 2-м отверстиям. Недостаток: неизбежно возникают погрешности базирования в результате неточности обработки технологических отверстий заготовки, неточность изготовления базирующих пальцев и наличие гарантированных зазоров в соединении палец – отверстие.

При установке заготовки без приспособления для обеспечения ее правильного положения необходимо производить выверку заготовки по двум базовым поверхностям с помощью контрольной оправки, устанавливаемой в шпинделе, и щупов или по индикатору. Используют также эталонный угольник с магнитом, который закрепляется на обработанной поверхности заготовки. С помощью микроскопа, устанавливаемого в шпиндель станка, обеспечивают оптическую ориентацию заготовки по риску на угольнике.

При базировании по плоскости и отверстию заготовку устанавливают по отверстию с помощью грибкового и индикаторного центроискателя.

Установка заготовок без приспособления требует много времени. Для сокращения времени простоя целесообразно применять приспособления с быстродействующими приводами и зажимами.

Особенности установки приспособлений на станках с ЧПУ

Основной особенностью является необходимость полного базирования приспособления на столе станка с жесткой связью с началом координат станка, а также быстрая смена приспособлений на станке.

Для полного базирования приспособления должны быть предусмотрены базирующие элементы, соответствующие посадочным местам станка и обеспечивающие точное положение приспособления:

1) при наличии на столе станка продольных пазов и центрального поперечного паза приспособление базируется с помощью установочных шпонок 1 или штырей по продольному и поперечному пазам (рис. 13.2, а);

2) если на столе имеются центральное отверстие и продольные пазы, то для базирования используются два штыря (рис. 13.2, б), если только продольные пазы, то приспособление базируется по пазу посредством двух шпонок. При этом будет иметь место неполное базирование, поскольку приспособление будет лишено лишь пяти степеней свободы. Дополнительное базирование по продольной оси стола может быть осуществлено с помощью упора, установленного на столе станка;

3) приспособления можно базировать только по двум плоскостям «в координатный угол» посредством точно изготовленного и выверенного угольника 1, установленного и закрепляемого в продольных пазах стола станка (рис. 13.2, в).

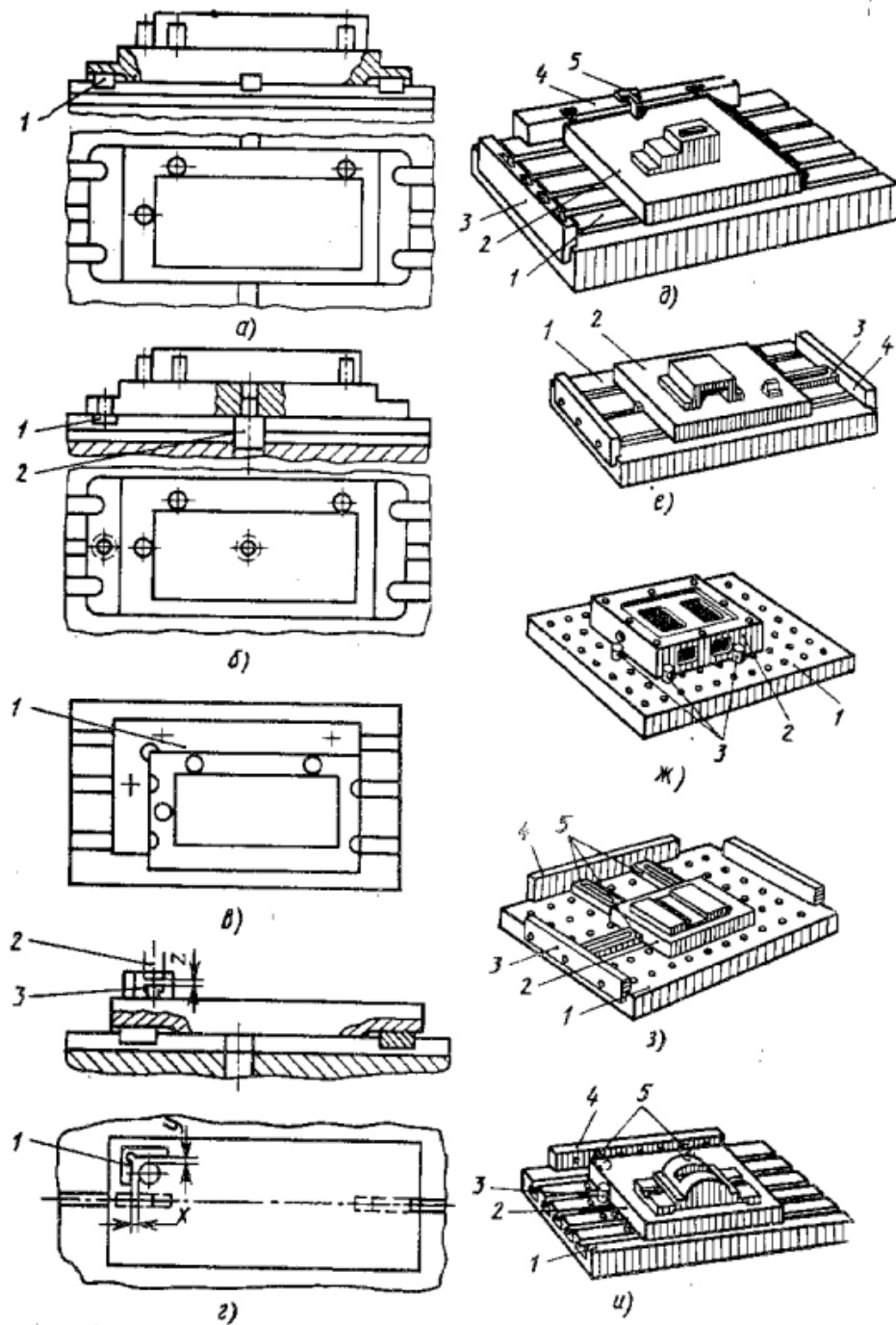


Рис. 13.2. Схема базирования приспособления с помощью станка: 1 – стол станка;

2 – приспособление; 3 – угольник.

4) при базировании приспособлений только по продольному пазу установка инструмента 2 в исходную точку обработки может осуществляться по щупу и установкам 1 и 3, закрепленным на корпусе приспособления (рис. 13.2,г). Установку инструмента в исходную точку

можно производить также по установочному отверстию или штырю, что, естественно, увеличивает подготовительно-заключительное время, поскольку в шпиндель станка необходимо установить специальную сплошную или полую эталонную оправку, ось которой необходимо совместить с осью отверстия или штыря приспособления. После этого оправку вынимают и устанавливают в шпиндель станка требуемый инструмент;

5) при установке приспособления на спутниках возможны различные варианты базирования в зависимости от конструкции спутника. Так, если к спутнику 1 прикреплены поперечная 3 и продольная 4 планки с Т-образными пазами (рис. 13.2, д), приспособление 2 базируют по планке 4 и шпонке 5, устанавливаемой на планку.

Базирование приспособления 2 на спутнике 1 по Т-образному пазу посредством шпонки и в продольном направлении посредством мерной планки 3, упирающейся в торцовую планку 4, показано на рисунке 13.2, е.

Базирование приспособления 2 на спутнике 1 с сеткой координатно-фиксирующих отверстий посредством трех штырей 3, установленных в отверстиях плиты, показано на рис. 13.2, ж.

Приспособление 2, которое базируется на спутнике 1 с сеткой отверстий посредством мерных планок 5, упирающихся в торцовые планки 3 и 4, показано на рис. 13.2, з.

Базирование приспособления 2 на спутнике 1 с Т-образными пазами и отверстиями посредством штыря 3 в отверстии плиты и двух штырей 5, установленных в торцовой планке 4, показано на рис. 13.2, и.

При установке приспособлений на станках возникают погрешности установки приспособления $\varepsilon_{у.пр.}$, суммирующееся из погрешности базирования приспособления на станке ε_6 , погрешности закрепления приспособления ε_3 и погрешности, возникающей от износа элементов для установки приспособления $\varepsilon_{из.э.}$. Поскольку в мелкосерийном производстве

на станке устанавливаются различные приспособления, все погрешности, включая погрешность износа элементов для установки приспособления, представляют собой поля рассеяния случайных величин.

Погрешность установки можно определить по формуле:

$$\varepsilon_{у.пр} = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{из.э}^2}$$

При установке приспособлений на палетах возникает погрешность палеты $\varepsilon_{п}$, которая включает погрешности изготовления паллеты $\varepsilon_{изг.п}$; погрешности износа поверхности палеты для базирования приспособлений $\varepsilon_{из.п}$ и погрешности установки палеты на станке $\varepsilon_{у.п}$:

$$\varepsilon_{п} = \sqrt{\varepsilon_{изг.п}^2 + \varepsilon_{из.п}^2 + \varepsilon_{у.п}^2}$$

Погрешность установки палеты на станке

$$\varepsilon_{у.п} = \sqrt{\varepsilon_{б.п}^2 + \varepsilon_{з.п}^2 + \varepsilon_{из.п}^2},$$

где $\varepsilon_{б.п}$ – погрешность базирования палеты на столе станка;

$\varepsilon_{з.п}$ – погрешность закрепления паллеты;

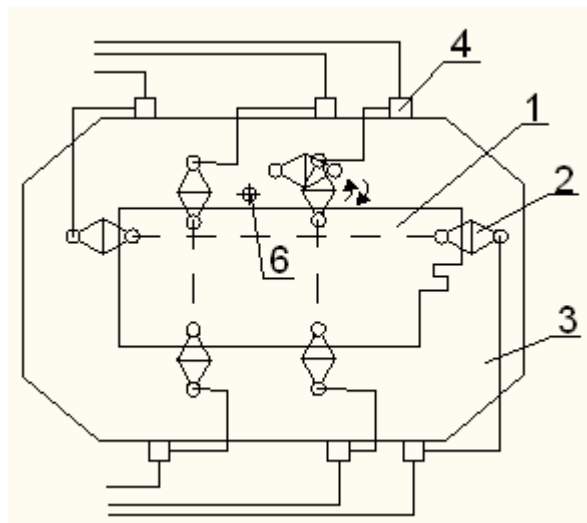
$\varepsilon_{из.п}$ – погрешность от износа элементов для установки палеты на станке.

При установке приспособления по продольному и поперечному пазам погрешности базирования приспособления определяются как зазоры между пазом и шпонкой или пазом и штырем. При установке приспособления по отверстию и пазу ε_0 определяется как зазор между штырем и отверстием или между штырем и пазом. Для сведения к нулю ε_0 необходимо наличие беззазорного соединения, что обеспечивается применением конических подпружиненных пальцев или разжимных пальцев.

Приспособления для обработки заготовок с четырех и пяти сторон

Для фрезерования заготовок плоскостных деталей по контуру их закрепляют прихватами сверху. Для подхода фрезы к заготовке, ее последовательно раскрепляют и закрепляют. Для обработки участка, на котором установлен прихват, заготовку открепляют и снимают прихват. После обработки этого участка прихват вновь устанавливают и закрепляют заготовку.

Для повышения производительности обработки применяют приспособления с автоматическим закреплением-откреплением заготовок (рис. 13.3).



1 – заготовка; 2 – поворотные прихваты; 3 – основание; 4 – золотниковое устройство; 5 – трубопровод; 6 – фреза

Рис.13.3. Схема автоматического закрепления заготовок.

Фреза 6 движется по контуру. Золотниковое устройство 4 регулирует положение прихватов. Когда идет врезка, то прихват поворачивается.

При обработке заготовок корпусных деталей наибольшая эффективность достигается при выполнении с одной установки наибольшего числа переходов. Для этого нужна полная доступность инструмента. В этом случае закрепление заготовок небольшой высоты,

имеющих обработанную плоскую установочную поверхность, может осуществляться на плитах с постоянными магнитами.

При этом устанавливается на два плоских магнита, причем в заготовке должно быть два технологических отверстия, а в магнитных плитах – два штыря, чтобы воспринимать силы, стремящиеся сдвинуть заготовку.

Другой метод крепления детали – метод крепления с помощью прихватов или болтов. Этот метод можно реализовать, если корпусные детали имеют специальные платики и отверстия в них.

Для обработки заготовок с пяти сторон приспособление устанавливают на поворотно-делительных столах с двумя осями поворота или на делительной стойке, установленной на столе станка.

Оснастка для промышленных роботов.

Назначение и классификация захватов

Захватное устройство является рабочим органом промышленных роботов. Оно предназначено для захвата и удержания предмета производства или технологической оснастки. Поскольку предметы производства различаются по размерам, форме и массе, то и захватные устройства должны быть разного характера. Поэтому их относят к сменным элементам промышленных роботов – оснастке. Роботы могут комплектоваться набором типовых захватных устройств, которые можно применять в зависимости от конкретных требований. Захватные устройства – важнейший элемент робота, и гибкость робота определяется гибкостью захватных устройств. К захватным устройствам предъявляется ряд требований:

- 1) надежность захвата и удержание заготовки;
- 2) стабильность базирования;

3) универсальность, то есть способность захватывать заготовки в широком диапазоне типоразмеров;

4) высокая гибкость, то есть легкая и быстрая переналадка или смена захватного устройства;

5) малые габариты и масса.

Захватные устройства состоят из привода, передаточного механизма и захватывающих элементов (пальцы, губки). Приводы делятся на пружинные, пневматические, гидравлические, электромеханические, электромагнитные, магнитные, вакуумные. Преимущественно используются пневматические приводы (достоинства: простота конструкции, легко регулируемые, не боятся температуры). Пневмозажимы используются для захвата малых и средних заготовок. Для захватных устройств с пневмоприводом характерно применение передаточных механизмов (механизмов – усилителей). Гидропривод обеспечивает большие силы при малых габаритах благодаря высокому давлению масла, что в сочетании со способностью к регулированию предопределяет его достаточно широкое применение. Для зажимных устройств с гидравлическим приводом широко используют реечно-зубчатые передачи.

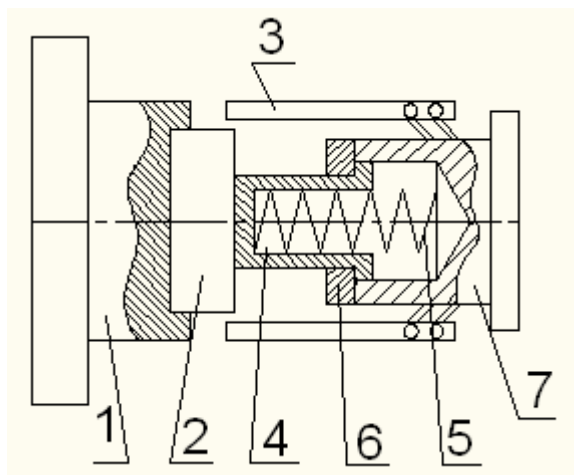
Электромеханические приводы используются в сочетании с самотормозящимися винтовыми, червячными передачами. Имеют сложную конструкцию, используются ограниченно.

По типу захватов захватные устройства делятся на механические, магнитные, вакуумные и с эластичными камерами.

Механические захватные устройства

Их применяют для обслуживания металлорежущих станков с ЧПУ. По числу захватов делят на одно- и многозахватные устройства, по способу базирования – центрирующие и нецентрирующие. Наиболее

широко применяются для станков токарной группы, обеспечивая загрузку деталей типа тел вращения. Для автоматического поджима заготовок (типа дисков) при установке их в патроне захватные устройства снабжаются подпружиненными упорами (рис. 13.4).



1 – патрон; 2 – деталь; 3 – губки захвата; 4 – упор подвижный; 5 – пружина; 6 – крышка; 7 – корпус захвата

Рис. 13.4. Захватное устройство с подпружиненным упором

По характеру крепления к рабочему органу робота захватные устройства подразделяются на 4 группы:

- 1) несменяемые захватные устройства;
- 2) сменные захватные устройства;
- 3) быстросменные;
- 4) автоматизированные.

Несменяемые захватные устройства являются неотъемлемой частью конструкции робота. Предназначены для взаимодействия с одной деталью и не требуют переналадки. Они характерны для массового производства. Захват деталей разных размеров обеспечивается раскрытием губок из расчета размеров наибольшей детали. В качестве несменяемых захватных устройств также применяют целевые (специализированные) захватные устройства, которые способны захватывать детали сходные по конфигурации, и обеспечивать возможность перехода с одного

типоразмера заготовок на другой. Для установки цилиндрических заготовок в патроне или центрах токарных станков используют целевые центрирующие зажимные устройства. Такие устройства без замены губок применяются 3 типов:

- а) клещевого типа (с поворотным движением губок);
- б) с плоскопараллельным движением губок;
- в) с тремя захватными губками, перемещающимися к центру и от центра заготовки.

Устройства клещевого типа не обеспечивают постоянства положения оси заготовок. Для сокращения смещения оси при изменении диаметра заготовки губки профилируют так, что в определенном диапазоне диаметров обеспечивается центрирование заготовок. Верхние части губок выполняют одинаковой ширины и располагают одну напротив другой, а нижние части выполняют срезанными. Это позволяет надежно центрировать заготовки типа валов, даже если они ступенчатые.

На рис. 13.5. показаны конструкции целевых центрирующих захватных устройств клещевого типа и с плоскопараллельным движением губок.

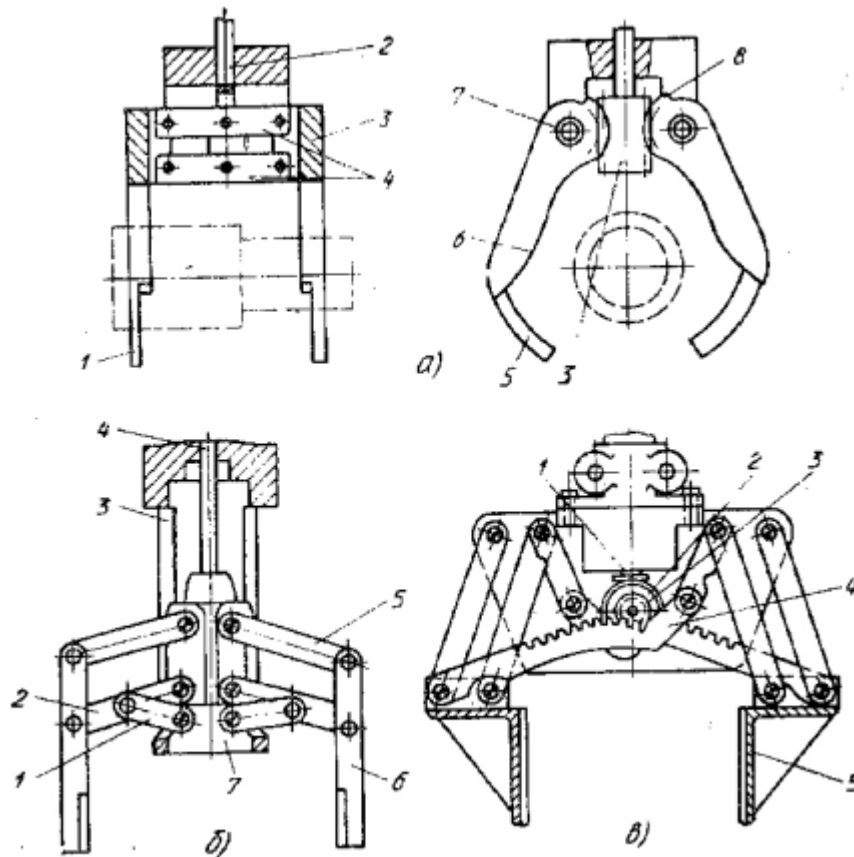


Рис. 13.5. Центрирующие захватные устройства: *а* – клещевого типа, *б* и *в* – с параллельным перемещением губок.

Захватное устройство (рис. 13.5, *а*) имеет две пары поворотных губок 1, установленных на осях 7. Профиль губок допускает центрирование валов в широком диапазоне размеров. Рейки 3 соединены рычагами 4, образующими с ними шарнирный параллелограмм. При перемещении реек 3 вверх посредством тяги 2 привода зубчатые секторы 8 рычагов, зацепляющихся с рейками 3, поворачиваются попарно, что создает возможность захватывания ступенчатых валов. Части 5 профиля губок 1 срезаны по толщине, а части 6 имеют полную ширину. Это обеспечивает захват и центрирование заготовок, расположенных в момент захватывания со смещением. Центрирующее захватное устройство, предназначенное для захватывания заготовок типа фланцев и колец, имеет одну пару губок, а в остальном оно аналогично вышеописанному устройству.

Центрирующие захватные устройства с параллельным движением губок представлены на рис. 13.5, б и в. Они исключают смещение оси заготовки при изменении ее диаметра в широком диапазоне размеров. В корпусе 3 устройства шарнирно закреплены рычаги 1 (рис. 13.5, б). Тяга 4 привода, перемещающаяся в направляющих корпуса, соединена со втулкой 7, на которой закреплены оси рычагов 2 и 5. К средним точкам рычагов 2 шарнирно присоединены концы рычагов 1. Рычаги 2 длиннее рычагов 1 в два раза, и шарнирные треугольники, образованные этими рычагами – равнобедренные. Поэтому нижние концы рычагов 2 и 1 будут располагаться на одной прямой при любых углах между ними, что обеспечивает прямолинейность перемещения губок. Захватные губки 6, шарнирно закрепленные на концах рычагов, составляющие с ними и тягой 4 шарнирные параллелограммы, обеспечивают параллельность губок.

В захватном устройстве на рис. 13.5, в привод через центральный валик 1 передает вращение с помощью установленного на нем центрального зубчатого колеса планетарной передачи водилу, а от него через конические шестерни 2 – двум зубчатым колесам 3, входящими в зацепление с зубчатыми секторами 4, нарезанными на криволинейной поверхности планок, замыкающих шарнирные четырехзвенники. К планкам прикреплены захватные губки 5.

Центрирующие захватные устройства с тремя губками (рис. 13.6) сохраняют положение оси или наружных базирующих поверхностей в широком диапазоне диаметров заготовок. Устройства имеют подвижную вдоль оси симметрии захватного устройства опору, перемещаемую в направлении заготовки. Торец опоры контактирует с заготовкой. Две поворотные зажимные губки кинематически связаны с опорой посредством кулачкового механизма, позволяющего перемещать зажимные губки по заданному закону, обусловленному формой заготовки и особенностями их базирования.

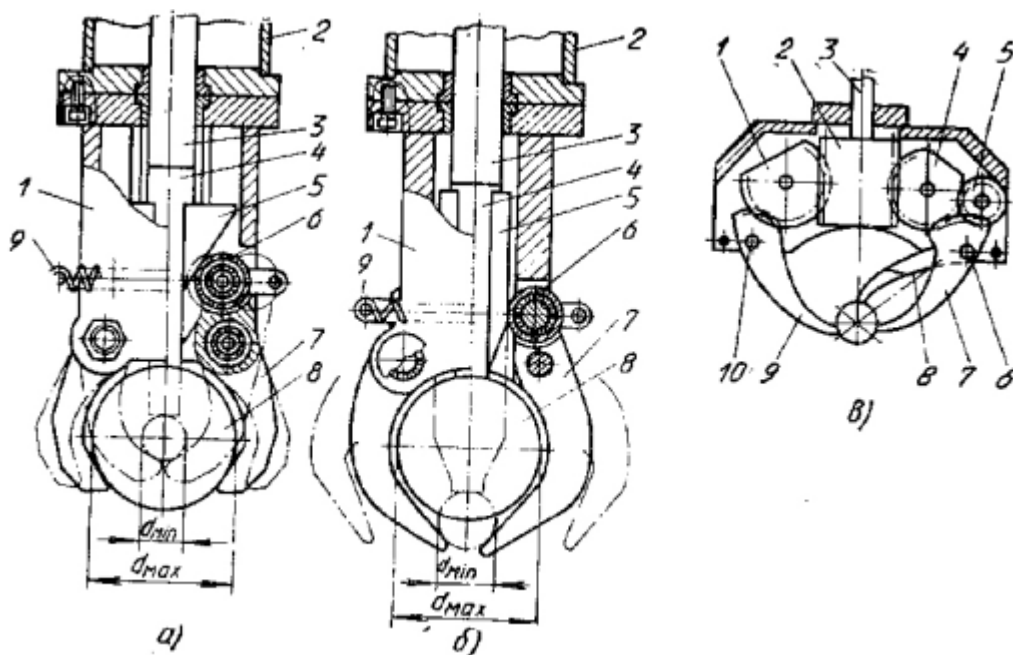


Рис. 13.6. Центрирующие захватные устройства с тремя губками: а – для установки заготовок в центрах; б – для установки заготовок в призму; в – с губками специального профиля.

Устройство, показанное на рис. 13.6, а, предназначено для установки заготовок в центрах, а на рис. 13.6, б – в призму. Корпус 1 захватного устройства (рис. 13.6, а) прикреплен к рабочему органу 2 робота, в котором установлен пневмо- или гидроцилиндр со штоком 3. Последний жестко соединен с подвижной опорой 4, на которой установлен кулачок 5. Захватные губки 7 имеют на концах ролики 6, контактирующие с кулачками 5. Пружина 9 создает силовое замыкание кулачкового механизма. Заготовка 8 контактирует с рабочими поверхностями подвижной опоры 4 и захватных губок 7. Для захвата заготовки рука робота с захватным устройством перемещается сверху вниз в положение, соответствующее оси заготовки (независимо от его диаметра). При этом заготовка находится между разведенными губками. После этого привод перемещает опору 4 и кулачок 5 вниз, в результате чего губки 7 одновременно с опорой перемещаются к заготовке. Профилирование кулачков позволяет независимо от размера диаметра заготовки обеспечить

синхронное касание трех контактирующих элементов с заготовкой, обеспечивая ее центрирование.

В захватном устройстве (рис. 13.6, б) для захвата заготовок, устанавливаемых в призму, перемещение рабочего органа заканчивается тогда, когда захватное устройство займет положение, при котором рабочие поверхности губок 7 будут представлять собой продолжение рабочих поверхностей призмы, в которую устанавливается заготовка, а затем обеспечивается поджим заготовки к губкам подвижной опорой 4. Шарикодиапазонное центрирующее захватное устройство с тремя губками (рис. 13.6, в) обеспечивает сохранение оси заготовок независимо от их диаметров. Устройство имеет три губки специального профиля, на которых выполнены зубчатые секторы. Две губки 7 и 8 свободно установлены на общей оси 6, а губка 9 – на оси 10, зубчатые секторы губок 7 и 9 зацепляются с одинаковыми зубчатыми колесами 1 и 4, зацепляющимися одновременно с рейкой 2, соединенной с тягой 3 привода. Зубчатый сектор губки 8 зацепляется с зубчатым колесом 4 через промежуточное зубчатое колесо 5. При перемещении рейки 2 зубчатые колеса 4 и 1 поворачивают губки 7 и 9 на одинаковый угол. При этом колесо 4 через промежуточное зубчатое колесо 5 поворачивает губку 8 на тот же угол навстречу губке 7. Губки сходятся к центру заготовки таким образом, что углы между каждой из губок и направлениями от их осей на ось заготовки остаются одинаковыми при любом раскрытии губок, что обеспечивает центрирование заготовки. Такое устройство обеспечивает больший, чем приведенные выше конструкции, диапазон захвата заготовок при тех же габаритах устройства, но конструкция его сложнее.

Для захвата различных заготовок при загрузке-разгрузке в приспособлениях станков применяют несменяемые захватные устройства со сменными губками, что расширяет их технологические возможности. Сменные губки крепятся с помощью винтов. Иногда предусматриваются

направляющие элементы в виде призматических или прямоугольных направляющих (рис. 13.7).

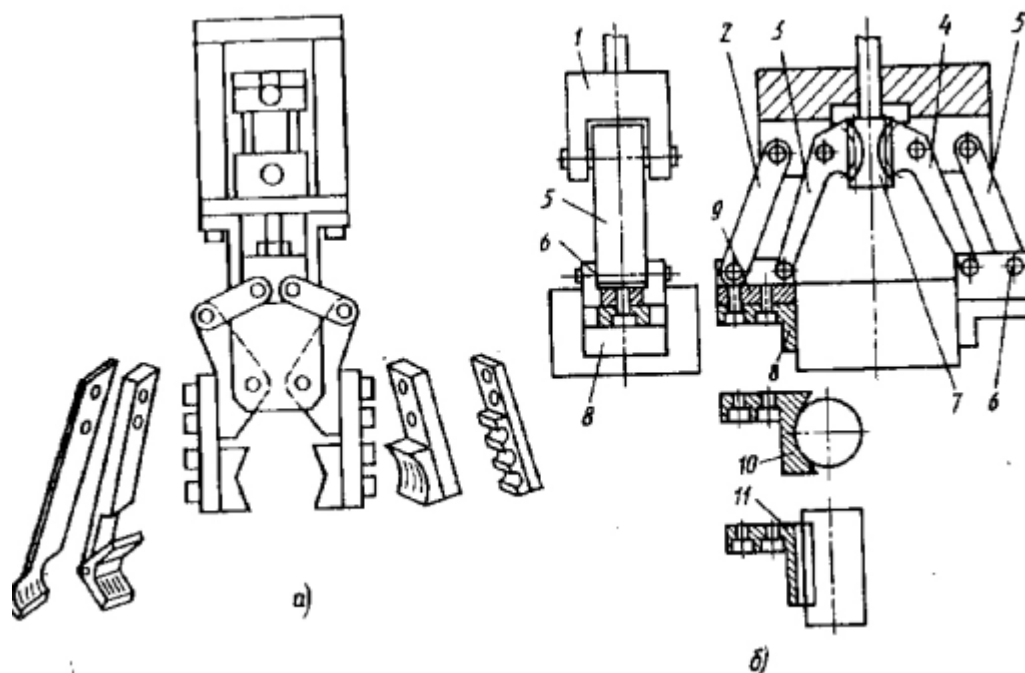


Рис. 13.7. Захватные устройства со сменными губками: а – с шарнирно-рычажным механизмом; б – с зубчатым и рычажными механизмами.

Захватное устройство с зубчатым механизмом показано на рис. 13.7, б. В корпусе 1 на осях свободно установлены две пары рычагов 2 и 3, 4 и 5, зубчатые секторы рычагов 3 и 4 зацепляются с рейкой 7, соединенной с тягой привода зажимного устройства. Рычаги попарно соединены с кронштейнами 6 и 9, к которым крепятся сменные губки 8, 10 и 11. Рычаги, кронштейны с губками и корпус образуют два шарнирных механизма, которые обеспечивают центрирование захватываемых заготовок плоских деталей (с губками 9) или цилиндрических (с губками 10 и 11).

Захватное устройство (рис. 13.8) с электроприводом 4 и с двумя парами быстросменных губок 3 и 1 предназначено для захвата заготовок различных диаметров. Быстрая смена губок осуществляется поворотом всего узла относительно оси 2. При этом муфта привода размыкается.

Раскрытие губок осуществляется пружинами 6. После захвата заготовки губки жестко фиксируются тягой 5.

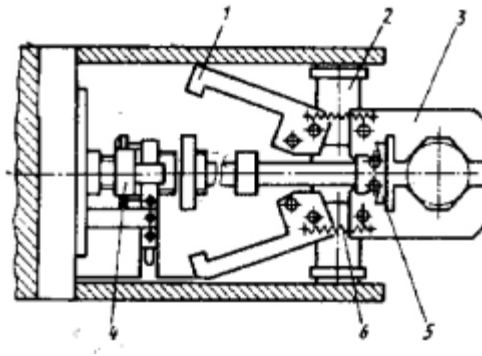


Рис. 13.8. Захватное устройство с рычажными механизмами.

Сменные захватные устройства – самостоятельные агрегаты с базовыми поверхностями для крепления к рабочему органу промышленного робота. Применяются при обработке заготовок большими партиями. Распространено фланцевое крепление сменных устройств. На роботе выполняется фланец с центрирующим отверстием и резьбовыми отверстиями, расположенными по окружности. Это позволяет размещать часть элементов захватных устройств внутри робота. Существует два исполнения фланца: круглой и квадратной формы с одинаковыми координатами крепежных отверстий. На круглых фланцах больших размеров выполняют четыре дополнительных крепежных отверстия, обеспечивающих большую грузоподъемность захватов (рис. 13.9).

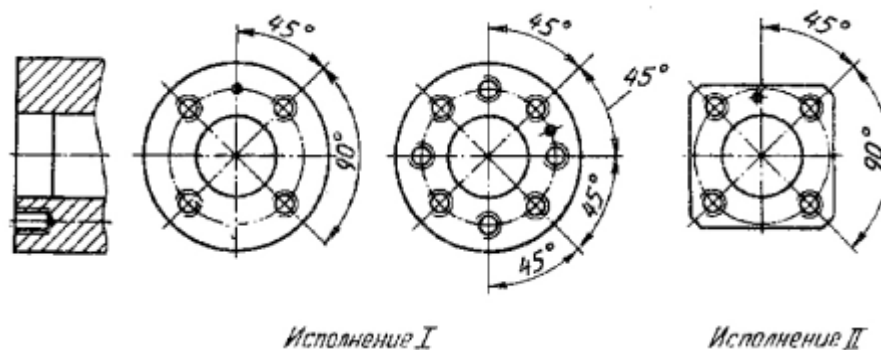


Рис. 13.9. Сменные захватные устройства: исполнение I с круглым фланцем; исполнение II с квадратным фланцем.

Быстросменные захватные устройства применяют в серийном и мелкосерийном производстве при обработке заготовок небольшими партиями. Исполнения разнообразны. Часто используют байонетное крепление или близкое к нему (рис. 13.10).

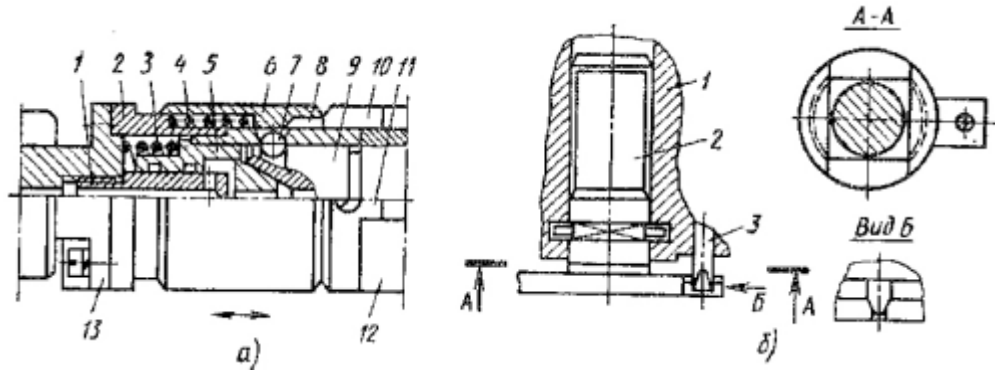


Рис. 13.10. Быстросменные захватные устройства.

При установке в жестко закрепленный на рабочем органе 13 работа корпус 2 сменного захватного устройства 12 оправка 9 смещает клапан 5 влево, сжимая пружину 3 до западания шариков 7 в кольцевую проточку оправки (рис. 13.10, а). при этом пружина 4 перемещает гильзу 6 вправо до упора в неподвижное кольцо 10, прижимая шарики 7, фиксирующие захват в осевом направлении. Торцовое шпоночное соединение 11 фиксирует захват от поворота. Для смены захватного устройства гильзу 6 перемещают влево вручную, сжимая пружину 4. Шарики под действием пружины 3, перемещающей клапан 5 вправо, смещаются в кольцевую проточку 8 гильзы. При этом клапан 5 перекрывает канал 1 для подвода рабочей среды пневмо- или гидропривода, а оправка 9 смещается вправо. После этого наладчик снимает захватное устройство и заменяет его другим. Время установки и фиксации захватного устройства – не более 0,1 мин. Конструктивным исполнением мест крепления быстросменных захватных устройств может иметь байонетное крепление. Такое крепление может быть использовано как для быстрой ручной, так и для автоматической смены захватных устройств. Конструкция мест крепления

быстросменных захватных устройств к рабочему органу робота показана на рис. 13. 10, б. В рабочем органе 1 робота выполняется гнездо для установки хвостовика 2 быстросменного захватного устройства и фиксаторный палец 3. Для замены захватного устройства необходимо повернуть его на 90^0 (см. вид А – А) и вынуть из гнезда, предварительно вынув фиксатор.

Конструкция автоматизированных захватных устройств должна обеспечивать возможность автоматического закрепления их на рабочем органе робота. Применяются в мелкосерийном производстве при обработке заготовок минимальными партиями. Такие устройства могут быть автоматически переналаживаемые и автоматически заменяемые. Автоматическая переналадка захватных устройств в соответствии с геометрическими параметрами заготовок повышает их универсальность. Конструкции разнообразны (рис. 13.11).

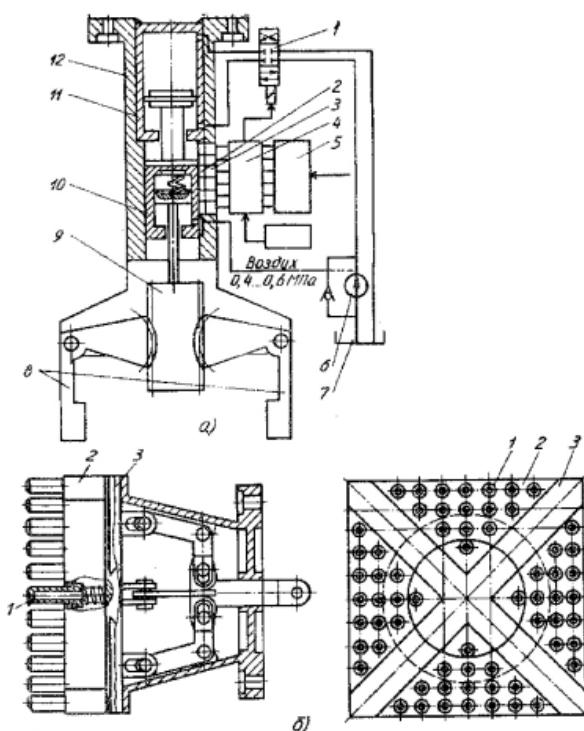


Рис. 13.11. Автоматически переналаживаемые устройства.

Автоматическое переналаживаемое захватное устройство (рис. 13.11, а) состоит из корпуса 12 с губками 8, зубчатые секторы которых

зацепляются с рейкой 9, соединенной со штоком поршня пневмоцилиндра 10, подвижно установленного в корпусе. Цилиндр 10 может перемещаться гидроцилиндром 11, масло в который нагнетается из бака 7 насосом 6 через распределитель 1. Положение цилиндра 10 определяется преобразователями 3 и 2, задающим блоком 5 и настраиваемым сигналом блока сравнения 4. Такая конструкция позволяет обеспечить постоянное (минимальное) время зажима-разжима заготовок различных размеров.

Многопальцевое автоматически переналаживаемое захватное устройство с подпружиненными пальцами 1, установленными на каретках 2, перемещающихся относительно корпуса 3, показано на рис. 13.11, б. При подходе к заготовке и соприкосновении с ней часть пальцев, перекрываемых головкой, утапливается. При сближении кареток пальцы, оставшиеся не утопленными, захватывают и зажимают заготовку. Такая конструкция обеспечивает возможность захвата заготовок различной формы и размеров.

Для хранения сменных захватных устройств могут быть использованы магазины стационарного, подвижного и комбинированного типов. Магазин сменных захватных устройств выполняется в виде поворотного диска с кодовыми гребенками. Поворот диска осуществляется от гидропривода через зубчатую передачу. В диске попарно расположены фиксирующие пальцы, ориентирующие по окружности сменные захватные устройства. На торцах захватных устройств выполнены Т-образные пазы, которые при установке захватных устройств в магазин образуют кольцевой паз, с которым взаимодействуют два гидравлических Т-образных прихвата, установленных на двуплечем поворотном рычаге, снабженном зажимными элементами. В исходном положении прихваты вводятся в пазы сменных захватов, установленных в магазине. Выбор и смена требуемой пары захватов осуществляется при вращении магазина.

Схема механизма (рис. 13.12) выполнена на основе быстросменного захватного устройства (см. рис. 13.10).

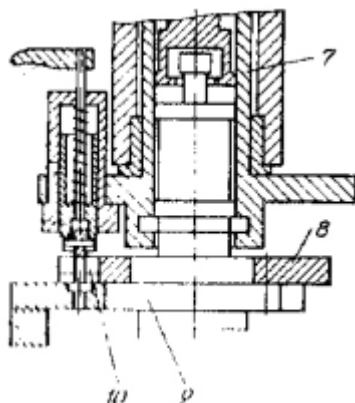


Рис. 13.12. Устройство автоматической схемы захватов.

Захватные устройства в гнездах магазина, выполненного в виде неподвижной стойки или поворотного диска. Захватное устройство опирается на торцовую поверхность магазина 1 фланцем 8 и центрируется цилиндрическим пояском 9 по отверстию гнезда магазина, имеющему вырез для прохода верхней части корпуса захватного устройства. Угловое положение захватного устройства определяется штифтом 2. Угловая фиксация захватного устройства в рабочем органе 7 робота осуществляется фиксатором 4, представляющим собой подпружиненный плунжер с роликом 3. Он закрепляется во втулке 5, установленной на рабочем органе 7 робота. От поворота плунжер удерживается винтом. Он соединен также с рукояткой 6 для ручной фиксации захватного устройства. Поскольку штифт 2 магазина входит в тот же паз 10 фланца 8, что и ролик 3 фиксатора, в момент установки захватного устройства в магазин штифт 2 отжимает фиксатор. Это позволяет рабочему органу 7 робота вместе с фиксатором повернуться на 90^0 , что необходимо для расстегивания байонетного замка. При повороте рабочего органа 7 на 90^0 ролик 3 от сжатого фиксатора катится по поверхности фланца 8. После поворота на 90^0 рабочий орган 7 робота уходит вверх, а захватное устройство остается в гнезде магазина 1. Для установки в рабочий орган робота нового

захватного устройства рабочий орган, перемещаясь в это время на 90^0 относительно паза, взаимодействуя с фланцем, отжимается. При повороте рабочего органа на 90^0 байонетный замок застегивается. При этом ролик 3 катится по поверхности фланца 8. В конце поворота ролик поднимается вместе с захватным устройством. При этом паз 10 захватного устройства сходит со штифта 2, и фиксатор под действием пружины входит в паз. При обслуживании одним роботом нескольких единиц оборудования автоматическая смена захватов может оказаться единственным возможным решением, если на станках одновременно обрабатываются детали различной конфигурации и массы.

Захватные устройства магнитные, вакуумные и с эластичными камерами

Магнитные захватные устройства могут быть с постоянными магнитами и электромагнитные. Такие устройства пригодны для захвата деталей только из магнитных материалов, преимущественно с плоскими поверхностями. Электромагнитные захваты имеют простую конструкцию и состоят из катушки и сердечника. Они комплектуются на базе небольших электромагнитов, установленных на общей раме (рис. 13.13, а и б). Такие захваты можно использовать для переноса фасонных, круглых и других поверхностях.

При включении тока захват срабатывает. Захваты с постоянными магнитами имеют более сложную конструкцию и не нашли применения, так их необходимо оснащать специальными устройствами для освобождения детали.

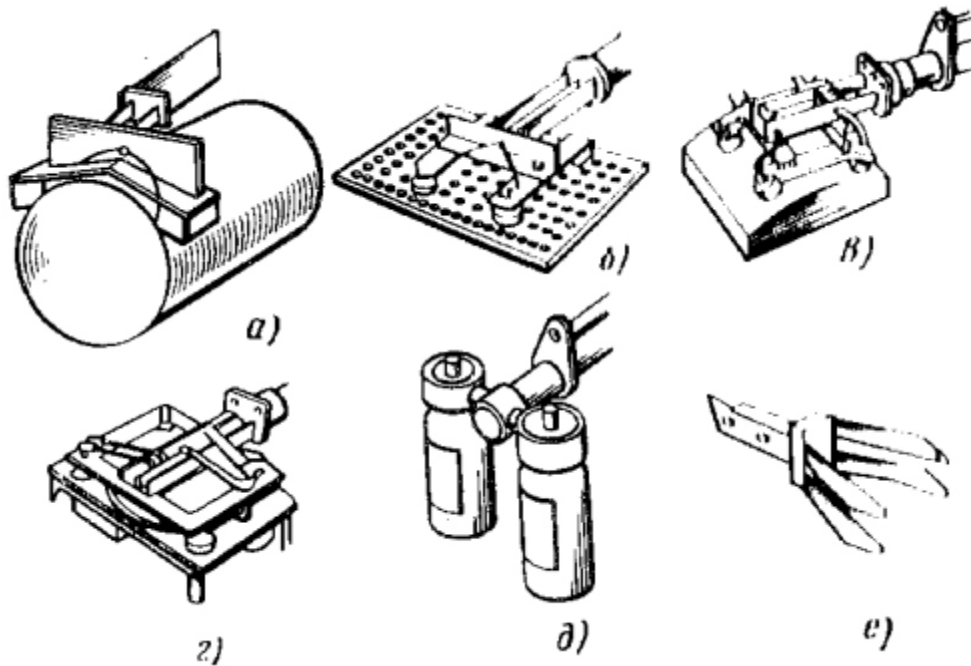


Рис. 13.13. Захватные устройства: а и б – электромагнитные; в и г – вакуумные; д и е – с эластичными камерами.

Вакуумные хватные устройства (присоски) могут быть с простым присосом и принудительным поддержанием вакуума (высасывающие чаши). Применение: для захвата и переноса заготовок с плоскими, ровными поверхностями. Основные элементы: присоски и устройства для создания вакуума. Присоски изготавливают из резины или пластмассы. Обычно для захвата детали используют несколько присосок.

Распространенным устройством для создания вакуума являются эжекторы. В этом случае разрежение получается без специальной насосной установки за счет энергии сжатого воздуха, получаемого из заводской сети. Основой эжектора является тройник, в который вклеивают или впаивают пробки с отверстиями малого диаметра.

В вакуумном хватном устройстве (рис. 13.13, в) с четырьмя присосками вакуум создается эжектором, общим для всех присосок и расположенным на раме захвата. В конструкциях захватов, показанных на рис. 13.13, г, эжекторы установлены в каждой присоске, причем они выполняют также и роль присоединительной арматуры воздухопровода.

Захватные устройства с эластичными камерами (рис. 13.13, д) применяют для захвата хрупких деталей. Их действие основано на деформации эластичной камеры под действием давления воздуха или жидкости. Захватное устройство с эластичными камерами-пальцами (рис. 13.13, е) применяют для удерживания деталей как за наружную, так и за внутреннюю поверхность. Обращенные внутрь поверхности пальцев менее эластичны, чем их тыльные стороны, поэтому при подаче давления они изгибаются и прилегают к детали, повторяя ее конфигурацию.

2.14. Методика конструирования специальных приспособлений

Конструирование приспособления тесно связано с разработкой технологического процесса изготовления данной детали. В задачи технолога входят: выбор заготовки и технологических баз, установление маршрута обработки, уточнение содержания технологических операций с разработкой эскизов обработки, которые дают представление об установке и закреплении заготовки, определение промежуточных размеров по всем операциям, установление режимов резания, определение штучного времени на операцию по элементам, выбор типа и модели станка.

Общая схема приспособления и принцип его действия определяется технологом и выдается конструктору в качестве исходных данных. Задачи конструктора:

- 1) конкретизация принятой технологом схемы установки
- 2) выбор конструкции и размеров установочных элементов приспособления
- 3) определение величины силы закрепления
- 4) уточнение схемы и размеров зажимного устройства
- 5) определение размеров направляющих деталей приспособлений
- 6) общая компоновка приспособления с установлением допусков на изготовление детали

Конструкцию специального приспособления разрабатывают в 2 этапа:

- 1) проектирование приспособления
- 2) конструирование

На первом этапе выбирают, обосновывают и рассчитывают элементы приспособления. Определяют техническую и экономическую целесообразность возможных вариантов конструкции приспособления.

На втором этапе из выбранных элементов разрабатывают общий вид приспособления и рабочие чертежи оригинальных деталей. Для

правильного решения всех вопросов проектирования конструктор должен иметь полные исходные данные.

Исходными данными для конструирования приспособлений являются:

1) чертежи заготовки и готовой детали с техническими требованиями. Изучая их, конструктор получает сведения о форме, размерах, припусках и допусках на деталь, о шероховатости, материале детали, местах разъема, штампов, по термообработке и другое. По возможности следует пользоваться образцом детали.

2) операционные эскизы на предшествующую и выполняемую операцию. Они характеризуют схему базирования и закрепления детали на этих операциях, показывают какие поверхности уже обработаны, какие не обработаны, из них видна точность обработки.

3) карты технологического процесса обработки деталей, в которых указаны последовательность и содержание операций, базирование, применяемые инструменты и оборудования, режимы резания, проектная норма штучного времени, возможно выделение времени на установку детали.

4) объем выпуска деталей. Нужны когда не оговорено вспомогательное время.

5) ГОСТы и нормали на узлы и детали станочных приспособлений, альбомы нормализованных конструкций в приспособлениях, паспорта о размерах посадочных мест станков.

Прежде чем приступить к конструированию, конструктор должен изучить данные, выявить технологические возможности инструментального производства, где будут изготавливаться приспособления, выявить на складе наличие нормализованных деталей и узлов, изучить работу аналогичных приспособлений. Если в процессе этой проработки конструктор создает более рациональную схему приспособления, которая

улучшает построение операций, то после согласования с технологом, это изменение вносят в технологический процесс.

Конструкция приспособления должны отвечать ряду требований, которые необходимо учесть при выборе отдельных элементов и при разработке общей компоновки приспособлений:

1) приспособление должно обеспечить получение точности. Это достигается выбором соответствующей конструкции и точности элементов приспособления; жесткостью корпуса приспособления, гарантирующей неизменность положения приспособления и отсутствие вибрации; надежностью зажимов, обеспечивающих неизменность положения детали во время обработки; точностью установки приспособления на станке.

2) приспособление должно обеспечить заданную производительность операции. Обеспечивается применением механизированных и автоматизированных зажимных механизмов и силовых приводов, также автоматизацией других рабочих приемов по обслуживанию приспособления.

3) приспособление должно облегчать труд рабочего.

4) приспособление должно быть удобным в эксплуатации. Обеспечивается за счет: а) удобства установки и снятия детали; б) удобства расположения рукояток; в) легкости очистки от стружки; г) простоты установки приспособления на станке; д) отсутствие мелких частей, которые могут затеряться.

5) приспособление должно обладать ремонтпригодностью. Обеспечивается выбором соответствующей конструкции быстроизнашивающихся деталей и способу их крепления на приспособлении.

6) приспособление должно обеспечить безопасность работы, что достигается применением зажимных механизмов с самотормозящими

звеньями, специальных блокировочных устройств, обеспечивающих отключение станка при внезапном раскреплении заготовки.

7) приспособление должно быть экономически целесообразным.

Кроме общих требований в зависимости от назначения приспособлению может быть предъявлен ряд дополнительных, которые конструктор должен обеспечить при разработке. Все эти требования являются обязательными для обеспечения работы приспособления.

Литература

1. Ансеров, М.А. Приспособления для металлорежущих станков / М.А. Ансеров. - Москва: Машиностроение, 1975. – 420 с.
2. Корсаков, В.С. Основы конструирования приспособлений / В.С. Корсаков. - Москва: Машиностроение, 1983. – 210 с.
3. Есьман, Г.А. Расчет и проектирование приспособлений/ Г.А. Есьман; БПИ. – Минск, 1989. – 25 с.
4. Антонюк, В.К. Конструктору станочных приспособлений / В.К. Антонюк. - Справ. пособие.- Мн.: Беларусь, 1991. – 230 с.
5. Станочные приспособления: Справочник в 2-х томах./ Под ред. Б.Н. Вардашкина. М.: Машиностроение, 1984.
6. Горохов, В.А. Проектирование и расчет приспособлений / В.А. Горохов. - Учеб.пособие для студентов вузов машиностроительных спец.- Мн.: Выш.шк., 1986. – 275 с.
7. Киселев, М.Г. Крепежные устройства на основе электрореологических жидкостей: учебное пособие по дисциплине «Технологическое оборудование и оснастка» для студентов машиностроительных и приборостроительных специальностей: Т.06.01. – «Приборостроение» / М.Г. Киселев, Е.В. Коробко, Г.А. Есьман. - Минск: БГПА, 1999. – 50 с.
8. Лабораторные работы (практикум) по дисциплине «Технологическое оборудование и оснастка в приборостроении», для студентов специальностей Т.06.01.00 «Механические и электромеханические приборы и аппараты», Т.06.03.00 «Биотехнические и медицинские аппараты и системы», Т.06.04.00 «Технология и оборудование ювелирного производства»: в 2-х ч / сост.: М.Г. Киселев, Г.А. Есьман, В.Л. Габец. – Минск: БГПА, 2001. – Ч. 1. – 89 с.
9. Технологическое оборудование и оснастка в приборостроении: программа, методические указания и задания для студентов заочной

формы обучения специальности Т.06.01.00 «Приборостроение» / сост.: Г.А. Есьман, В.Л. Габец. – Минск: БГПА, 2001. – 28 с.

10. Киселев, М.Г. Установка заготовок на станках и применяемые приспособления: учебно-методическое пособие / М.Г. Киселев, Г.А. Есьман. – Минск: БНТУ, 2008. – 188 с.

11. Технологическая оснастка: [учебник для машиностроительных специальностей вузов] / М.Ф. Пашкевич [и др.]. – Мн. : Адукацыя і выхаванне, 2002. – 319 с.

12. Ильицкий, В.Б. Проектирование технологической оснастки : [учебное пособие] / В.Б. Ильицкий, В.В. Ерохин; Брянский государственный технический университет. – Изд. 2-е, стер. – Брянск: Издательство БГТУ, 2006. – 122 с.

13. Технологическое оборудование и оснастка в приборостроении : Методические указания к выполнению курсового проекта для специальностей 1-38 01 01 «Механические и электромеханические приборы и аппараты», 1-38 02 02 «Биотехнические и медицинские аппараты и системы», 1-52 02 01 «Технология и оборудование ювелирного производства» / сост. Г. А. Есьман и В. Л. Габец. - Минск : БНТУ, 2011. - 46 с.

14. Есьман, Г.А. Каф. «Конструирование и производство приборов» БНТУ Технологическое оборудование и оснастка в приборостроении [Электронный ресурс] : конспект лекций для студентов специальностей 1-38 01 01 «Механические и электромеханические приборы и аппараты», 1-38 02 02 «Биотехнические и медицинские аппараты и системы», 1-52 02 01 «Технология и оборудование ювелирного производства» / Есьман Г.А., Габец В.Л., кол. авт. Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Конструирование и производство приборов». - Электрон. дан. - БНТУ, 2012.

15. Технологическое оборудование и оснастка в приборостроении. В 2 ч. Ч 1 : лабораторный практикум для студентов специальностей 1-38 01 01 «Механические и электромеханические приборы и аппараты», 1-38 02 02 «Биотехнические и медицинские аппараты и системы», 1-52 02 01 «Технология и оборудование ювелирного производства» / сост. : М. Г. Киселев, Г. А. Есьман, В. Л. Габец. – Минск : БНТУ, 2015. – 90 с.

16. Справочник технолога – машиностроителя. В 2-х томах. Под ред. Косиловой А.Г. и Мещерякова Р.К. – Москва: Машиностроение, 1985.

17. Схиртладзе, А.Г. Станочные приспособления / А.Г. Схиртладзе, В.Ю. Новиков. – Москва: Высшая школа, 2001. – 110 с.

18. Горохов, В.А. Проектирование технологической оснастки: учебник [для вузов по направлению «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»] / В.А. Горохов, А.Г. Схиртладзе; под общ.ред. Ящерицын П.И. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Станкин, 2003. – 351 с.

19. Ведерников, Ю.А. Технологическое оборудование машиностроительного производства: Учебное пособие для студентов специальностей 151900. В 2 ч. Ч.1. Описание конструкции и наладки / Ю.А. Ведерников, Р.М. Хисамутдинов. - Набережные Челны: Изд-во КНИТУ КАИ, 2014.-293 с.

II. Практический раздел
Лабораторные работы (практикум)
Часть 1

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Конструирование и производство приборов»

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНАСТКА
В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

Лабораторный практикум
для студентов специальностей
1-38 01 01 «Механические и электромеханические приборы
и аппараты», 1-38 02 02 «Биотехнические и медицинские аппараты
и системы», 1-52 02 01 «Технология и оборудование
ювелирного производства»

В 2 частях

Часть 1

Минск
БНТУ
2015

Лабораторная работа № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ТОКАРНЫХ РЕЗЦОВ

Цель работы: Закрепление теоретических сведений о назначении, применении и конструкции токарных резцов, их основных поверхностях и геометрических параметрах; ознакомление с методами измерения геометрических параметров резцов и приборами, применяемых для этой цели; приобретение навыков эскизирования резцов.

Инструмент и принадлежности к работе

1. Резцы токарные.
2. Угломеры для контроля углов заточки резцов (универсальный, маятниковый).
3. Штангенциркуль для измерения линейных размеров.

Основные положения

Резцы применяются для черновой, чистовой и тонкой обработки на токарных, револьверных, карусельных, расточных станках, токарных автоматах и полуавтоматах и на других станках специального назначения.

Классификация токарных резцов

При токарной обработке наружные цилиндрические и конические поверхности обрабатывают проходными резцами (рис. 1.1,б, в, г, е); внутренние цилиндрические и конические поверхности растачивают расточными резцами (рис. 1.1,ж, з); торцевые плоскости обрабатывают подрезными резцами (рис. 1.1,е); наружные и внутренние резьбы нарезают резьбовыми резцами (рис. 1.1,а); разрезку заготовок на части производят отрезными резцами (рис. 1.1,д).

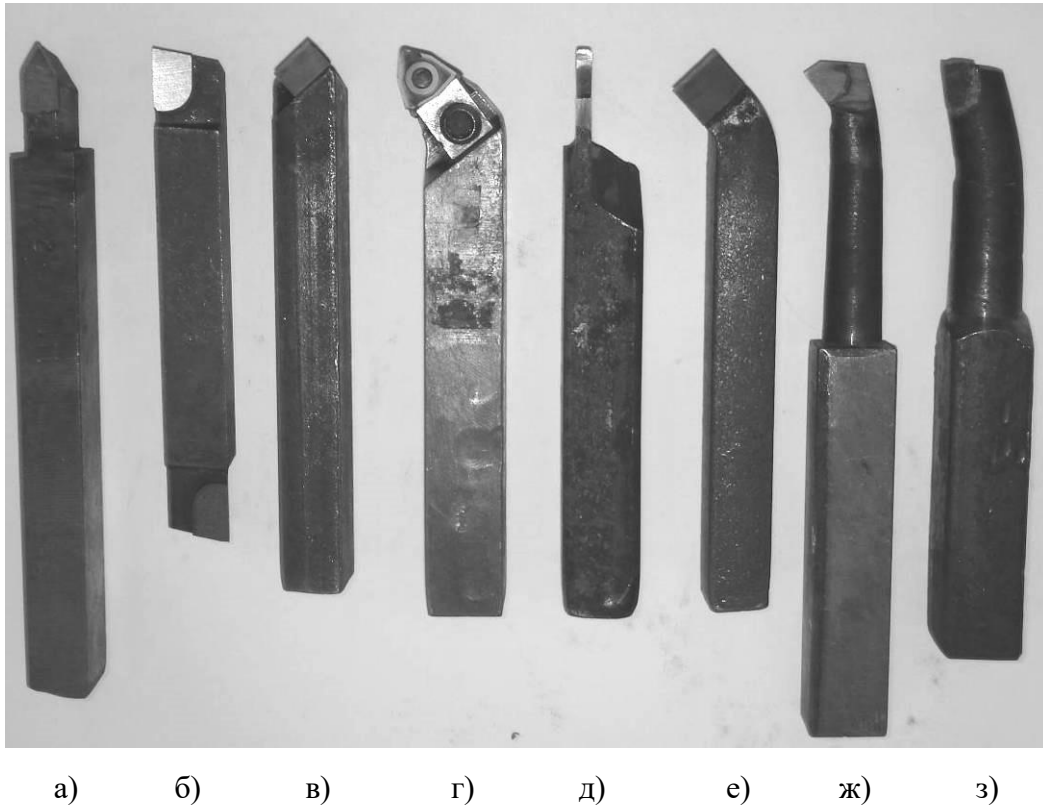


Рис. 1.1. Основные типы токарных резцов

Токарные резцы также классифицируют по следующим признакам:

- по расположению главной режущей кромки или направлению подачи – на правые и левые. Правые резцы на токарном станке работают при подаче справа налево, т.е. перемещаются к передней бабке станка;
 - по конструкции головки – на прямые, отогнутые, оттянутые и изогнутые;
 - по роду материала, из которого изготавливается режущая часть – на быстрорежущие, твердосплавные, минералокерамические и алмазные;
 - по способу изготовления – на цельные и составные (сборные).
- При использовании дорогостоящих режущих материалов резцы изготавливают составными: головку – из инструментального материала, а стержень – из конструкционной углеродистой стали. Наиболее распространены составные резцы с пластинками из твердого сплава или быстрорежущей стали. Пластинки из твердого сплава припаиваются или крепятся механически;

- по форме поперечного сечения стержня – на прямоугольные, круглые и квадратные;
- по установке относительно детали – радиальные и тангенциальные.

Из быстрорежущей стали и с напаянными пластинками из твердых сплавов, выполняются все типы токарных резцов и их конструкции стандартизованы. С многогранными неперетачиваемыми твердосплавными пластинками изготавливаются все типы, кроме отрезных резцов. Цельными твердосплавными изготавливаются расточные резцы малых размеров. Из алмазных, наиболее широкое применение имеют расточные, а также проходные резцы.

Элементы режима резания и срезаемого слоя

При обработке резанием заготовка и инструмент совершают следующие движения:

- основные (для процесса резания);
- вспомогательные (для подготовки к процессу резания и завершения операции).

Основные движения при резании:

- главное движение D_r ;
- движение подачи D_s .

При обработке на токарных станках главное движение – вращение заготовки, движение подачи – поступательное движение резца. Главное движение обеспечивает определенную скорость отделения стружки от заготовки; движение подачи дает возможность вести обработку по всей обрабатываемой поверхности.

При точении на обрабатываемой заготовке различают следующие поверхности (рис. 1.2):

- **обрабатываемую поверхность 1**, представляющую собой поверхность заготовки, которая частично или полностью удаляется при обработке;

- **обработанную поверхность 3**, т.е. поверхность, образованную на заготовке в результате обработки;

- **поверхность резания 2**, образуемую непосредственно рабочей частью главной режущей кромки резца.

Поверхность резания является переходной между обрабатываемой и обработанной поверхностями.

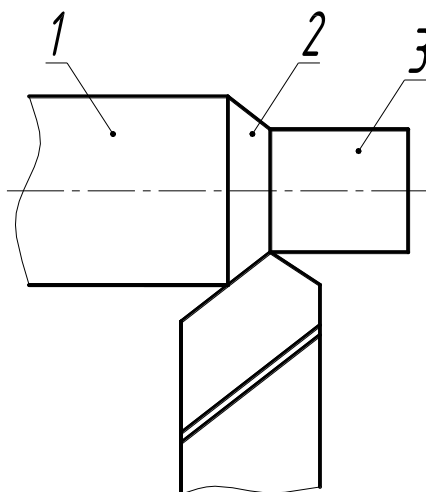


Рис. 1.2. Поверхности при токарной обработке

Скорость главного движения резания v – скорость рассматриваемой точки режущей кромки или заготовки в главном движении резания.

При точении, когда заготовка вращается с частотой вращения n (об/мин), скорость главного движения резания v (м/мин) в разных точках режущей кромки будет разная. В расчетах принимается максимальное ее значение

$$v = \frac{\pi D n}{1000},$$

где D – наибольший диаметр поверхности резания, мм.

При продольном точении скорость резания постоянна, а при подрезке торца или отрезании при постоянном числе оборотов – переменная, наибольшее ее значение – у периферии.

Подача S – величина перемещения точки режущей кромки относительно обработанной поверхности в единицу времени в направлении движения подачи. Различают подачу за один оборот заготовки S_0 (мм/об), и минутную

$$S_M = S_0 \cdot n \text{ (мм/мин)}.$$

При токарной обработке подача может быть поперечная и продольная.

Глубина резания t – величина срезаемого слоя за один проход, измеренная в направлении, перпендикулярном к обработанной поверхности. Глубина резания всегда перпендикулярна направлению подачи (рис. 1.3).

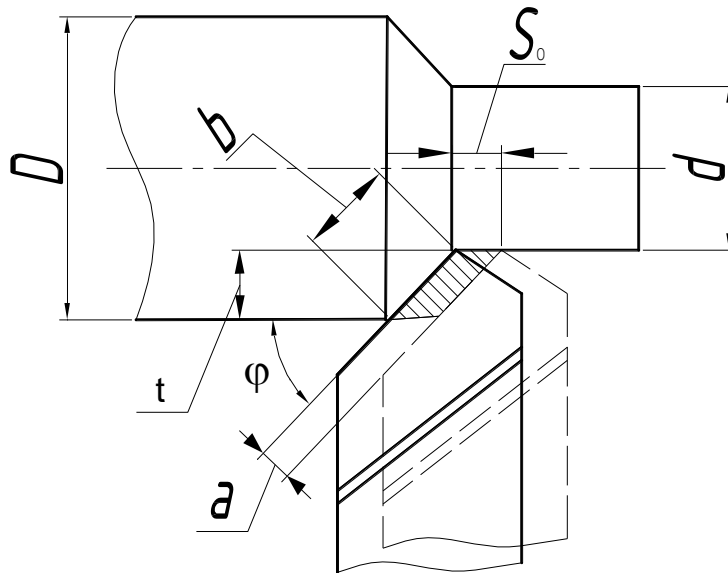


Рис. 1.3. Элементы сечения срезаемого слоя

При продольном обтачивании:

$$t = \frac{(D - d)}{2},$$

где D – диаметр заготовки;

d – диаметр обработанной поверхности.

При отрезке заготовки глубина резания t равна ширине отрезного резца b .

Глубина резания и подача характеризуют процесс резания с технологической стороны: с точки зрения положения и движения инструмента обеспечивающих процесс резания. Но при одной и той же подаче и глубине в зависимости от формы режущей кромки и ее расположения (углов в плане) меняются ширина и толщина поперечного сечения срезаемого слоя, от которых зависят процесс пластической и упругой деформации, сопротивление металла деформированию, количество выделившегося тепла и условия теплоотвода.

Ширина срезаемого слоя b (мм) – длина стороны сечения срезаемого слоя, образованной поверхностью резания (см. рис. 1.3).

Толщина срезаемого слоя a (мм) – длина нормали к поверхности резания, проведенной через рассматриваемую точку режущей кромки, ограниченная сечением срезаемого слоя.

Толщина и ширина среза представляет собой не толщину и ширину стружки, а размеры до ее образования. Размеры стружки отличаются от размеров срезаемого слоя из-за явления усадки, происходящего вследствие деформации металла при резании. Между глубиной резания и шириной срезаемого слоя, подачей и толщиной срезаемого слоя существуют следующие зависимости:

$$a = S \cdot \sin \varphi ;$$

$$b = \frac{t}{\sin \varphi} .$$

Части и элементы резца

Резец состоит из рабочей части и крепежной части – стержня прямоугольного, квадратного или круглого сечения, служащего для установки и крепления резца в резцедержателе станка. Рабочая часть – это

часть режущего инструмента, содержащая лезвие и имеющая форму клина. С ее помощью со срезаемого с заготовки слоя (припуска) отделяют слой определенной толщины, превращая его при этом в стружку.

На рабочей части резца затачивают переднюю поверхность *1* (рис. 1.4), контактирующую в процессе резания со срезаемым слоем и стружкой; главную заднюю поверхность *5*, контактирующую с поверхностью резания; вспомогательную заднюю поверхность *3*, обращенную к обработанной поверхности.

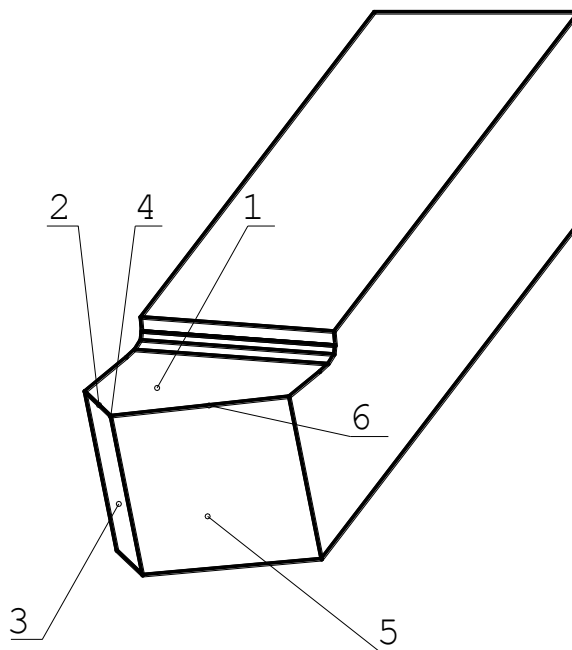


Рис. 1.4. Конструктивные элементы резца

У резцов передняя и задняя поверхности чаще всего делаются плоскими.

Пересечение поверхностей рабочей части резца образуют режущие кромки. Пересечение передней и главной задней поверхности образует главную режущую кромку *б*; пересечение передней и вспомогательной задней поверхностей – вспомогательную режущую кромку *2*. Главная режущая кромка формирует большую сторону сечения срезаемого слоя, а вспомогательная – меньшую сторону.

Место сопряжения главной и вспомогательной режущих кромок называется вершиной резца 4. Вершина резца может быть острой, закругленной ($r = 0,5 \dots 2,0$ мм) или в виде прямой линии (рис. 1.5).

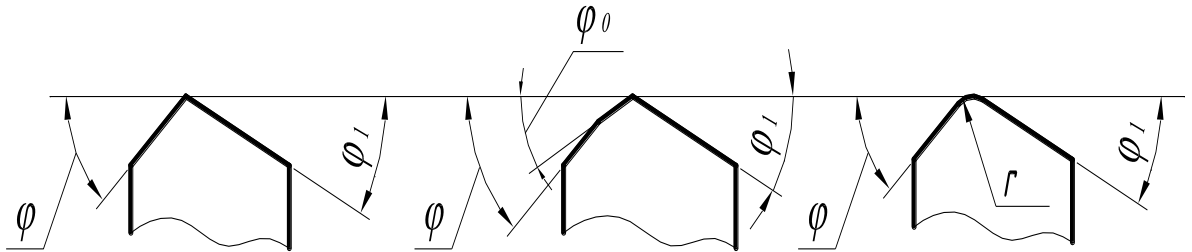


Рис. 1.5. Форма сопряжений главной и вспомогательной режущих кромок

Геометрические параметры резца

Форма режущей части резца определяется конфигурацией и расположением в пространстве его поверхностей и кромок, т.е. с помощью углов, называемых геометрическими параметрами или просто геометрией резца.

Для определения геометрии резца принимают следующие координатные плоскости (рис. 1.6 и 1.7):

- основная плоскость (плоскость P_v);
- плоскость резания (плоскость P_n);
- рабочая плоскость (плоскость P_s);
- главная секущая плоскость ($N-N$);
- вспомогательная секущая плоскость ($n-n$).

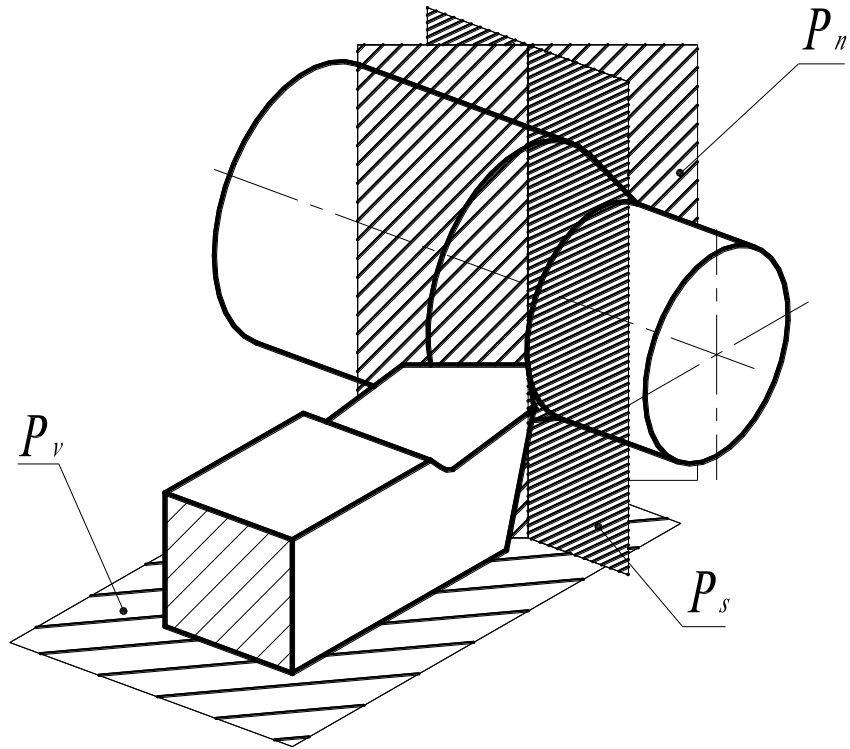


Рис. 1.6. Расположение координатных плоскостей

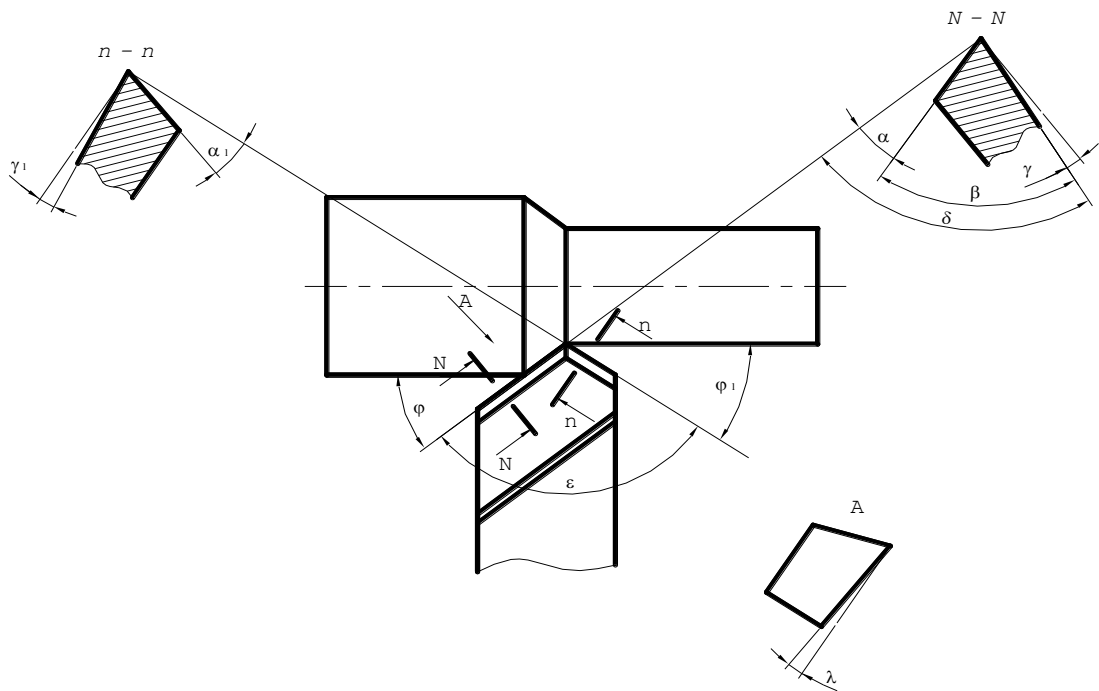


Рис. 1.7. Геометрические параметры режущей части резца

Основной плоскостью (статической) называется плоскость, проведенная через точку режущей кромки перпендикулярно направлению

скорости главного движения. При определённых условиях у токарных резцов эта плоскость совпадает с нижней опорной поверхностью резца.

Плоскостью резания называется плоскость, касательная к режущей кромке в рассматриваемой точке и перпендикулярная к основной плоскости. При установке токарного резца по линии центров станка и отсутствии подачи плоскость резания расположена вертикально.

Рабочая плоскость – плоскость, в которой расположены направления скоростей главного движения и движения подачи. Она тоже перпендикулярна основной плоскости.

Так как углы резца двугранные, то для определения их величины пользуются секущими плоскостями. Секущие плоскости должны быть перпендикулярными ребру угла, которым является режущая кромка.

Главной секущей плоскостью называется координатная плоскость, перпендикулярная линии пересечений основной плоскости и плоскости резания. В связи с тем, что плоскость резания касательна к главной режущей кромке в рассматриваемой точке, главная секущая плоскость всегда нормальна (перпендикулярна) к ней.

Вспомогательной секущей плоскостью называется плоскость, перпендикулярная в рассматриваемой точке к проекции вспомогательной режущей кромки на основную плоскость.

Углы, измеряемые в главной секущей плоскости ($N-N$), называются главными (они определяют режущий клин, отделяющий от припуска слой металла, превращаемый в стружку), во вспомогательной секущей плоскости ($n-n$) – вспомогательными. В главной секущей плоскости измеряют главный задний угол α , угол заострения β , передний угол γ и угол резания δ (рис. 1.7).

Главным задним углом α называется угол между главной задней поверхностью резца (или касательной к ней) и плоскостью резания. Назначение заднего угла - уменьшить трение задней поверхности о

заготовку и обеспечить беспрепятственное перемещение резца по обрабатываемой поверхности.

Влияние величины заднего угла на условия резания обусловлено тем, что на режущую кромку со стороны заготовки действует нормальная сила упругого восстановления поверхности резания и сила трения.

При увеличении заднего угла уменьшается угол заострения и тем самым снижается прочность лезвия, возрастает шероховатость обработанной поверхности, ухудшается теплоотвод в тело резца.

При уменьшении заднего угла увеличивается трение об обрабатываемую поверхность, что приводит к увеличению сил резания, увеличивается износ резца, возрастает тепловыделение на контакте, хотя и улучшаются условия теплоотдачи, возрастает толщина пластически деформируемого слоя на обработанной поверхности. При столь противоречивых условиях должен существовать оптимум для величины заднего угла в зависимости от физико-механических свойств обрабатываемого материала, материала режущего лезвия и параметров срезаемого слоя. опыты показывают, что оптимальное значение заднего угла ($\alpha = 6..12^\circ$, обычно 8°) определяются главным образом, толщиной среза, которая, как известно, связана с подачей.

Углом заострения β называют угол между главной задней и передней поверхностями резца (или касательными к ним).

Главным передним углом γ называется угол между передней поверхностью (или касательной к ней) и основной плоскостью в рассматриваемой точке главной режущей кромки. Он имеет положительное значение, если:

- передняя поверхность направлена вниз от режущей кромки;
- отрицательное значение, если передняя поверхность направлена вверх от нее;
- равен нулю если передняя поверхность параллельна основной

плоскости.

Назначение переднего угла - уменьшить деформацию срезаемого слоя и облегчить сход стружки. Влияние величины переднего угла на условия резания: увеличение угла облегчает процесс резания, снижая силы резания. Однако в этом случае снижается прочность режущего клина и ухудшается теплоотвод в тело резца. Уменьшение угла повышает стойкость резцов.

Углом резания δ называется угол между плоскостью резания и передней поверхностью резца (или касательной к ней).

Между этими углами существует соотношение:

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^{\circ},$$

$$\delta + \gamma = 90^{\circ}.$$

Во вспомогательной секущей плоскости измеряется вспомогательный задний угол α_1 . Это угол между касательной к вспомогательной задней поверхности резца и плоскостью, проведенной через точку вспомогательной режущей кромки перпендикулярно основной плоскости.

Вспомогательный передний угол γ_1 – это угол между передней поверхностью и плоскостью проходящей через точку вспомогательной режущей кромки параллельно основной плоскости.

В основной плоскости измеряются углы в плане.

Главным углом в плане ϕ называется угол между плоскостью резания и рабочей плоскостью. Для резца он определяется проекцией главной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи. Назначение главного угла в плане – изменять соотношение между шириной и толщиной среза при постоянных глубине резания и подаче. Уменьшение угла повышает прочность вершины резца, улучшает теплоотвод, повышает стойкость, но увеличивает силы резания и, увеличивает отжим и трение об обрабатываемую поверхность, создает

условия для возникновения вибраций. При увеличении угла φ стружка становится толще и лучше ломается.

Вспомогательным углом в плане φ_1 называется угол между проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи. При уменьшении угла шероховатость обработанной поверхности снижается. К еще большему снижению шероховатости приводит округление вершины резца радиусом $r = 0,2...2$ мм.

Углом в плане при вершине ε называется угол между проекциями главной и вспомогательной режущих кромок на основную плоскость.

Между этими углами существует соотношение:

$$\varphi + \varepsilon + \varphi_1 = 180^\circ.$$

В плоскости резания, проходящей через главную режущую кромку перпендикулярно к основной плоскости, измеряется угол наклона главной режущей кромки λ . От этого угла зависит прочность вершины резца и направление схода стружки.

Углом наклона главной режущей кромки λ называется угол между режущей кромкой и основной плоскостью.

Если вершина резца – низшая точка режущей кромки, то угол λ положительный, если высшая – отрицательный (рис. 1.8). Если режущая кромка параллельна основной плоскости, угол λ равен нулю. При $\lambda > 0$ стружка отводится в сторону обработанной поверхности, при $\lambda < 0$ стружка отводится к обрабатываемой поверхности. Прочность вершины резца выше при $\lambda > 0$.

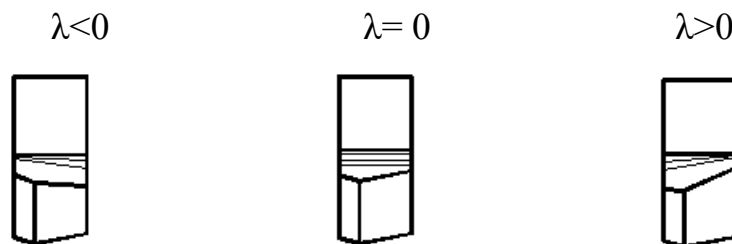


Рис. 1.8. Определение знака угла наклона главной режущей кромки

Все перечисленные углы резца соответствуют данным определениям, если вершина резца установлена на уровне вращения обрабатываемой детали и геометрическая ось стержня резца расположена перпендикулярно к оси вращения обрабатываемой детали. Нарушение этих условий приводит к изменению углов.

Средства контроля режущего инструмента и способы их применения

При определении качества режущих инструментов контроль их линейных размеров и углов является наиболее трудоемким процессом в общем комплексе контрольных операций и характеризуется многообразием методов и средств измерения. Это объясняется сложностью формы большинства режущих инструментов, значительным количеством размерных параметров и многооперационностью технологических процессов изготовления режущих инструментов.

Методы и средства контроля, используемые в инструментальном производстве, отличаются большим разнообразием. Целесообразность применения тех или иных средств измерения определяется степенью их влияния на качество и себестоимость выпуска инструмента.

Специальные средства измерения применяются в условиях крупносерийного и массового производства, а также при других, видах производства, когда необходим контроль параметров, характерных только для режущих инструментов. Кроме того, использование специальных средств измерения рентабельно и в тех случаях, когда величина допуска, предусмотренного чертежом, на проверяемый параметр меньше погрешности существующего универсального прибора или когда допуск на контролируемый параметр настолько большой, что экономически нецелесообразно использование дорогостоящего прибора. Во всех других случаях применяются универсальные инструменты и приборы.

Применение тех или иных средств измерения зависит также от назначения элементов режущего инструмента в зависимости от их эксплуатации. Эти элементы можно подразделить на следующие группы:

- элементы, обеспечивающие стойкость и производительность инструмента. К ним относятся геометрические параметры, размеры и форма стружечных канавок и стружколомов и т. д.;
- размеры, определяющие возможность достижения при работе инструмента требуемых точности и чистоты обработанной поверхности;
- элементы крепежно-зажимных частей;
- подчиненные и вспомогательные конструктивные размеры. К этой группе относятся габаритные размеры, длина и диаметр шейки инструмента и т. д.

В соответствии с приведенной классификацией размерных параметров инструментов применяются различные методы их контроля. Для измерения углов используются различной конструкции угломеры. Биение режущих лезвий инструментов определяется с помощью специальных приборов. Фасонные профили режущих лезвий инструментов, стружечных канавок и стружколомающих устройств измеряются с помощью специальных шаблонов.

Для контроля резьбовых и особенно зуборезных инструментов следует использовать специальные приборы и приспособления. Наоборот, линейные размеры инструментов могут измеряться универсальным мерительным инструментом.

Маятниковый угломер

Устройство угломера основано на использовании свойств обычного маятника, который под действием груза-отвеса всегда стремится занять вертикальное положение. К основанию корпуса привернута линейка, а на

свободно вращающуюся ось насажены тормозная шайба и стрелка с грузом-отвесом. На диске, находящемся в корпусе, нанесены две круговые шкалы, каждая из которых разбита на две одинаковые части (от 0 до $\pm 90^\circ$) и имеют цену деления 1° . Ось вместе со стрелкой закрепляется неподвижно при различных положениях угломера с помощью тормоза. Диск закрыт прозрачной крышкой из оргстекла (рис. 1.9).

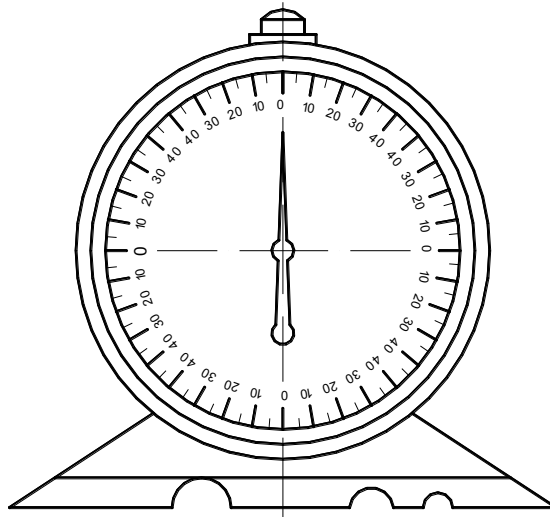


Рис. 1.9. Маятниковый угломер

Проверка настройки угломера на нулевое положение шкалы производится совмещением рабочего ребра линейки с плоскостью контрольной плиты, точно установленной по уровню. При освобожденном тормозе стрелка должна установиться на нулевое деление шкалы.

Угломер пригоден для измерения различных углов большинства видов режущего инструмента, у которых длина прямолинейных участков на передней и задней поверхностях составляет не менее 1 мм.

Измерение с помощью угломера заключается в следующем: ребро линейки угломера прикладывают в соответствующем направлении к поверхности инструмента, угол наклона которого желают определить, и нажимают на тормозную кнопку, освобождая этим груз, устанавливающий стрелку в вертикальное положение; кнопку опускают после прекращения качания стрелки и производят отсчет по шкале.

Режущий инструмент при измерении устанавливают базовой поверхностью на плиту или зажимают в центрах. Затем ребро измерительной линейки угломера прикладывают к поверхности, определяющей измеряемый угол, и нажимают на кнопку тормоза. После прекращения колебаний стрелки отпускают кнопку и отсчитывают по шкале показания. На рис. 1.10 показаны примеры применения угломера.

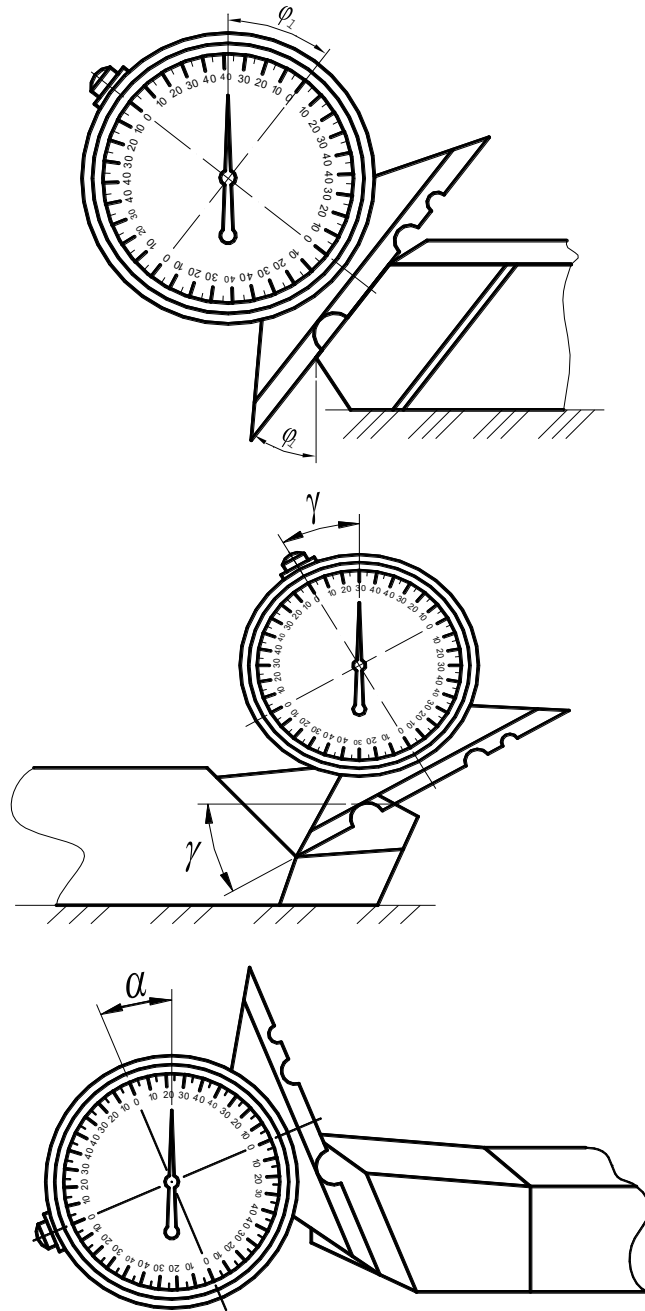


Рис. 1.10. Измерение углов α , γ , ϕ маятниковым угломером

Универсальный угломер УН

Универсальный угломер УН работает контактным методом с отсчетом результатов измерений по градусной шкале и нониусу (рис. 1.11 – 1.13).

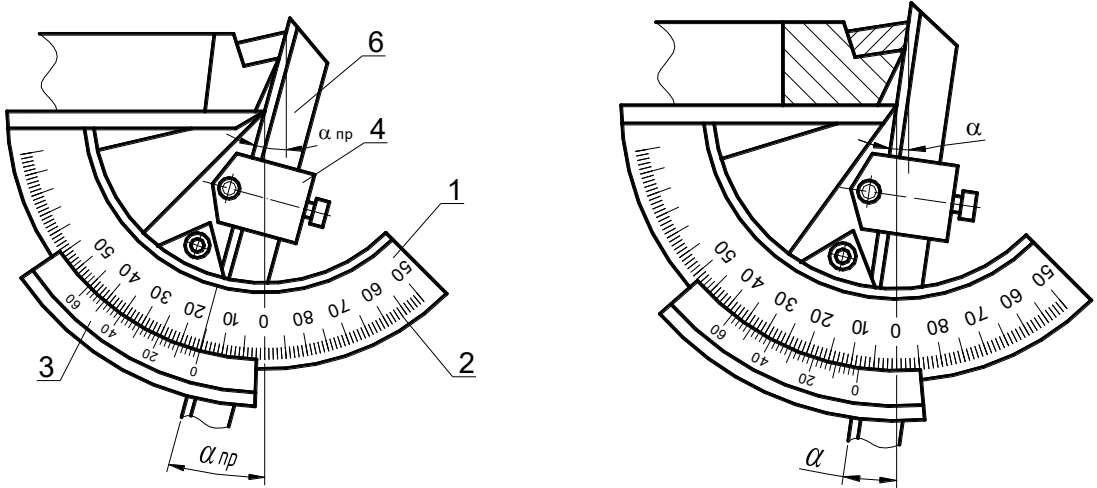


Рис. 1.11. Измерение угла α универсальным угломером УН

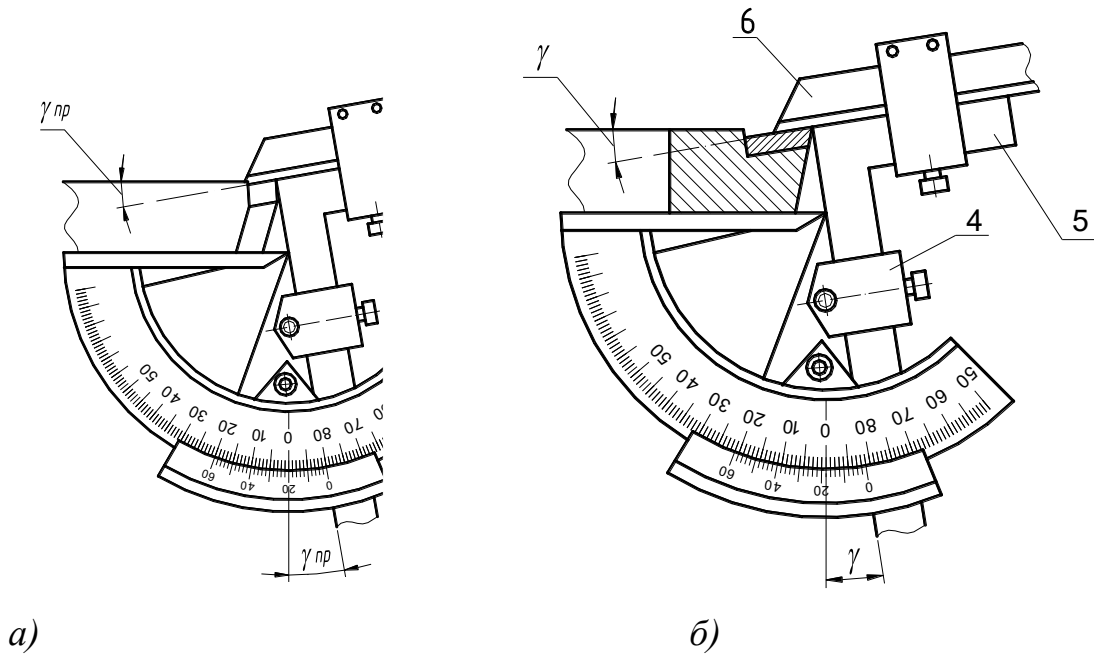


Рис. 1.12. Измерение угла γ универсальным угломером УН

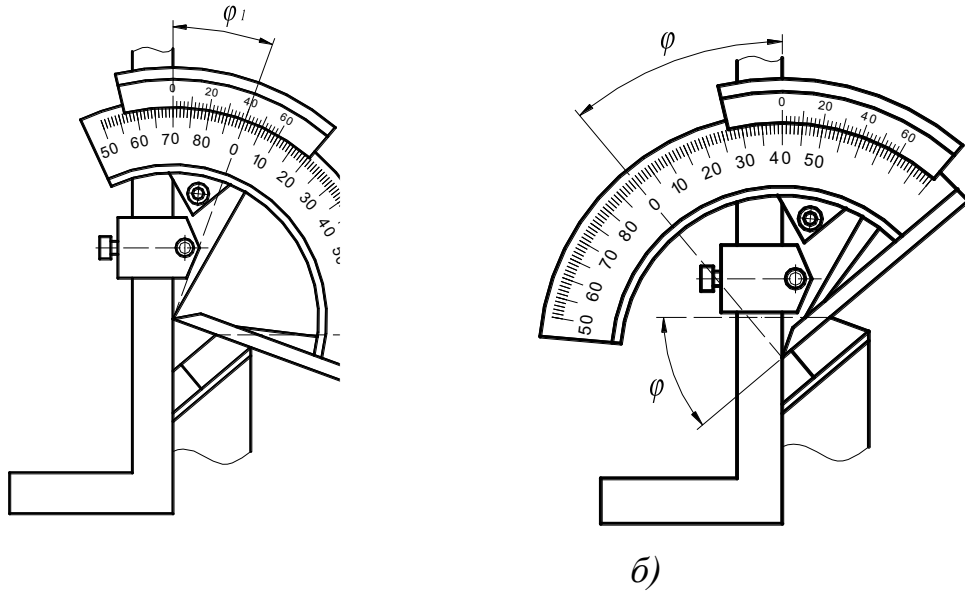


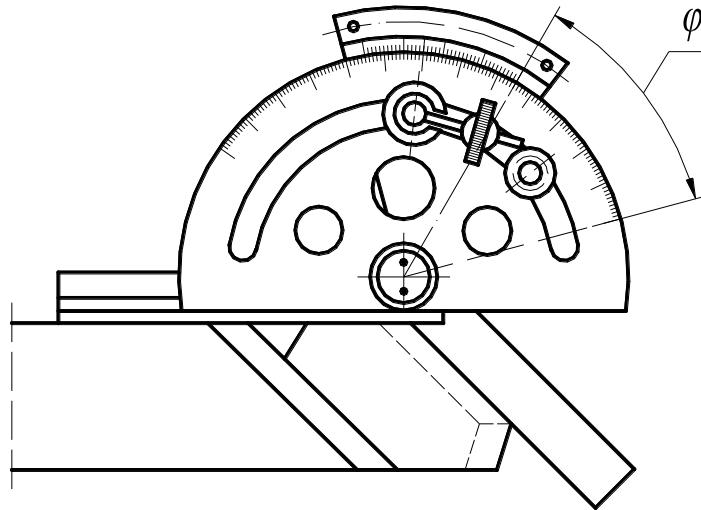
Рис. 1.13. Измерение углов в плане θ и θ_1 универсальным угломером УН

На дуге l (рис.1.11) нанесена основная градусная шкала 2 , которая градуирована от 0 до 130° . По дуге l перемещается пластина – сектор 3 с нониусом, на котором с помощью державки 4 закреплен угольник 5 , связанный со съемной лекальной линейкой 6 .

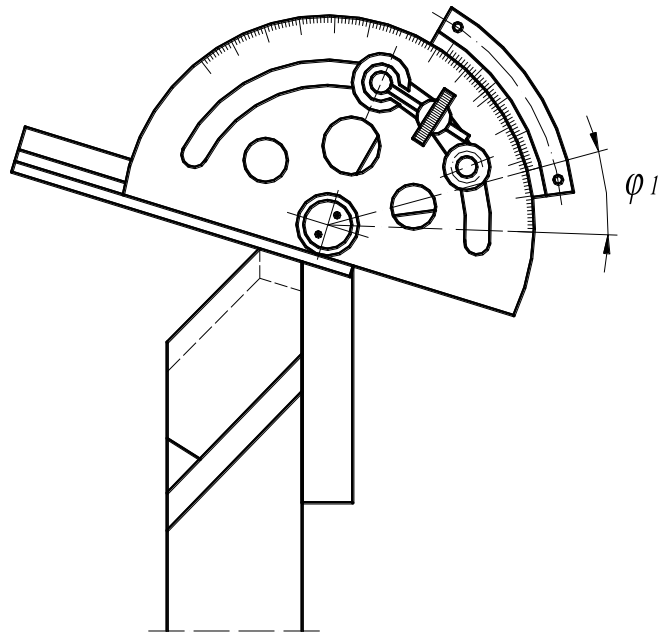
Путем различных перестановок измерительных деталей достигается измерение углов в пределах $0 - 320^\circ$. Измеряемая поверхность устанавливается между подвижной линейкой дуги l и подвижной лекальной линейкой 6 таким образом, чтобы образовался необходимый контакт, т. е. невидимый или видимый равномерный просвет.

Универсальный угломер УМ

Углы реза в плане можно определить с помощью универсального угломера УМ, одна из линеек которого прикладывается к телу реза, а вторая – к главной или вспомогательной режущей кромке. По шкале угломера отсчитывается величина угла φ или φ_1 (рис. 1.14).



а)



б)

Рис. 1.14. Измерение углов в плане θ и θ_1 универсальным угломером УМ

Сечение державки резца измеряют штангенциркулем или измерительной линейкой.

Угол при вершине в плане определяют по формуле:

$$\varepsilon = 180^{\circ} - (\varphi + \varphi_1).$$

После измерения указанных выше углов значение остальных углов подсчитывают по формулам

$$\text{при } \gamma > 0 \quad \delta = 90^{\circ} - \gamma, \quad \beta = 90^{\circ} - (\alpha + \gamma);$$

при $\gamma < 0$ $\delta = 90^{\circ} + \gamma$, $\beta = 90^{\circ} - \alpha + \gamma$;

при $\gamma = 0$ $\delta = 90^{\circ}$, $\beta = 90^{\circ} - \alpha$.

Порядок выполнения работы

1. Изучить инструкцию по технике безопасности и выполнению работы.
2. Получить у инженера или преподавателя режущий и мерительный инструмент.
3. Определить тип резца (в соответствии с классификацией по различным признакам).
4. Разработать схемы измерений геометрических параметров резцов и выбрать для измерения соответствующий мерительный инструмент.
5. Измерить геометрические параметры режущей части.
6. Заполнить табл. 1.1.
7. На основании данных, полученных в результате измерения углов резцов, выполнить эскизы с необходимыми сечениями, иллюстрирующими конструкцию и геометрию выданных для работы инструментов, условно обозначив буквами углы заточки и линейные размеры элементов конструкций, указанных в табл. 1.1.
 На эскизах обозначить:
 - контур обрабатываемой детали;
 - направления векторов главного движения и движения подачи.
8. Оформить отчет по работе.
9. Сдать инженеру или преподавателю полученные для работы методические пособия и инструменты.

Таблица 1.1. - Основные параметры токарного резца.

№ п/п	Тип резца	Материал режущей части	Основные размеры резца, мм	Углы резца, град																
				главные				вспомо- гатель- ные		в плане			наклона главной режущей кромки							
				$V \times H \times L$	α	γ	β	δ	α_1	γ_1	θ	θ_1	ε	λ						

Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Инструменты и принадлежности к работе.
3. Эскиз токарного резца с указанием геометрических параметров режущей части.
4. Схемы измерений.
5. Таблица с результатами измерений.
6. Выводы.

Контрольные вопросы к лабораторной работе

1. Назовите типы токарных резцов.
2. Назовите основные части и элементы резца.
3. Какие поверхности различают на обрабатываемой заготовке?
4. Дать определение элементов режима резания.
5. Дать определение элементов срезаемого слоя. От каких параметров зависит сечение срезаемого слоя?
6. Какие координатные плоскости устанавливаются для определения углов резца? Дать определение этих плоскостей?
7. В каких плоскостях измеряются углы резца?
8. Дать определение углов резца α , β , γ , δ , φ , ε , φ_1 , λ . Какие соотношения между углами α , β и γ , φ , φ_1 и ε .

9. Как влияет положение резца относительно оси вращения обрабатываемой заготовки на величину углов?

10. Как влияет подача и диаметр заготовки на величину углов в процессе резания.

Литература

1. Н.И. Жигалко, С.Я. Яцура. Обработка, материалов, станки и инструменты: Мн.: Вышэйшая школа, 1984., С. 39 - 44, 98 - 108.

2. Резание конструкционных материалов, режущие инструменты и станки. Под ред. проф. П.Г. Петрухи. М., «Машиностроение», 1974., с. 64-69.

3. Режущий инструмент: Лаб. практикум: учеб. Пособие / В.и. Шагун и др. под общей ред. В.И. Шагуна. – Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2004., с.13 - 41.

Лабораторная работа №2

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ СВЕРЛ

Цель работы: Закрепление сведений о конструктивных элементах и геометрических параметрах сверл, элементах режима резания и срезаемого слоя при сверлении; ознакомление с методами измерения сверл и приборами, применяемыми для этой цели; приобретение навыков эскизирования сверл.

Инструмент и принадлежности к работе

1. Сверло спиральное.
2. Штангенциркуль.
3. Микrometer гладкий и микrometer с острыми наконечниками.
4. Угломер универсальный.
5. Микроскоп БМИ-1.
6. Устройство для измерения угла заточки задней поверхности сверла.

Основные положения

Сверло – осевой режущий инструмент, применяемый для получения отверстий в различных материалах, а также для обработки (рассверливания) имеющихся отверстий.

Сверло является одним из самых распространённых металлорежущих инструментов, предназначенных для образования отверстий в сплошном материале, а так же для увеличения, методом рассверливания, диаметра предварительно подготовленного отверстия. При сверлении обеспечивают точность обработки по 11-12 качеству и шероховатость обработанной поверхности в пределах $R_a = 10-5$ мкм.

В настоящее время в машиностроении применяется более 30 типов свёрл (рис. 2.1), весьма многообразных по конструктивным и геометрическим параметрам. Использование в промышленности специальных свёрл обусловлено увеличением требований к качеству отверстий и появления новых конструкционных материалов (труднообрабатываемых сталей и сплавов, пластмасс, лёгких сплавов и др.)

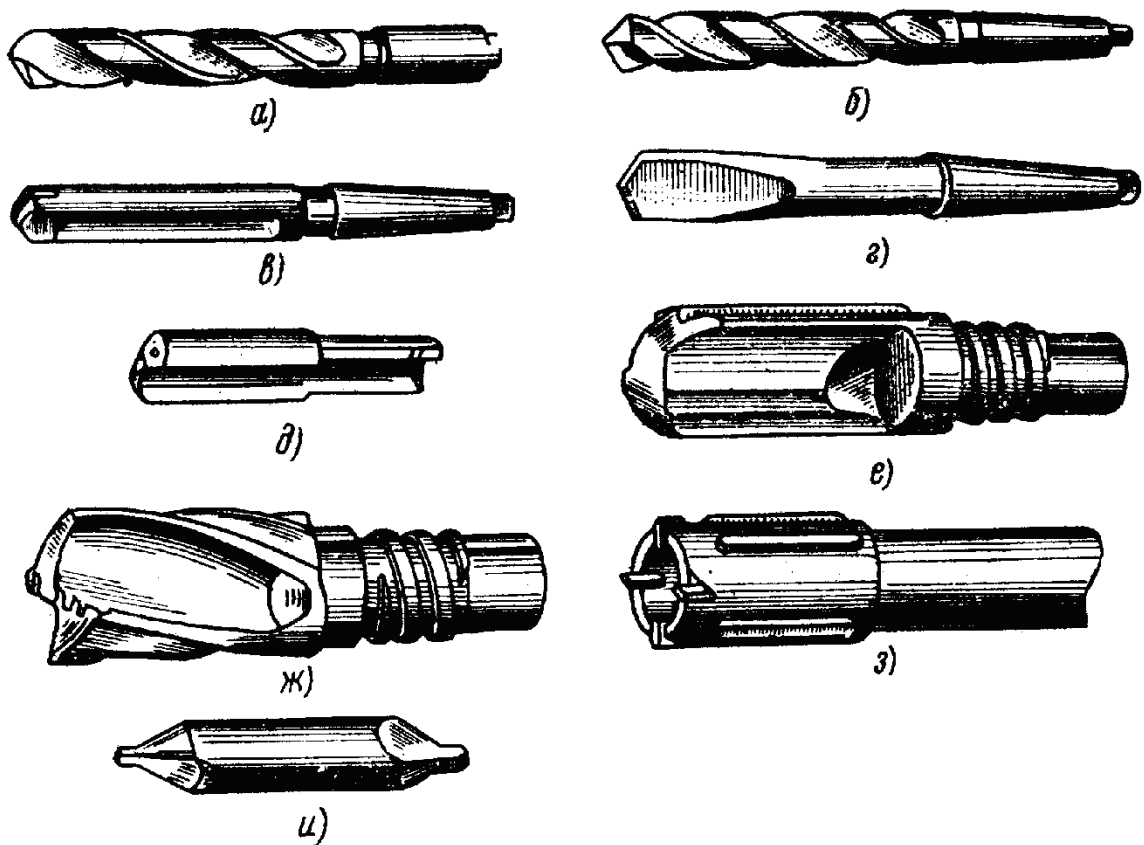


Рис. 2.1. Некоторые типы свёрл: а, б - спиральное; в - с прямыми канавками; г - перовое; д - ружейное; е - однокромочное с внутренним отводом стружки для глубокого сверления; ж - двухкромочное для глубокого сверления; з - кольцевое; и - центровочное.

Главное движение резания при сверлении – вращательное, *движение подачи* – поступательное. На сверлильном станке сверло вращается и имеет движение подачи, а на станках токарного типа при

обработке отверстий обычно вращается заготовка, а движение подачи сообщается сверлу.

Процесс резания при сверлении протекает принципиально так же, как и при точении, но в сравнительно более сложных условиях:

1. При малых передних углах у поперечного лезвия увеличиваются деформации срезаемого слоя, силы трения, а следовательно, и тепловыделение в зоне резания.

2. Затруднённый отвод стружки и подвод СОЖ к режущим лезвиям в зоне резания.

3. При отводе стружки происходит трение её о поверхности канавок и ленточек сверла об обработанную поверхность отверстия.

4. На увеличении деформации стружки влияет изменение скорости резания вдоль режущего лезвия от максимальной на периферии сверла до нулевой у центра.

Классификация свёрл

По конструктивным признакам и по назначению сверла можно классифицировать следующим образом:

- спиральные;
- перовые;
- для глубоких отверстий;
- комбинированные;
- центровочные.

Сверла для глубоких отверстий по их назначению делятся на:

- ружейные;
- пушечные;
- шпиндельные.

По конструкции сверла для глубокого сверления делятся на:

- сверла двухстороннего резания;

- сверла одностороннего резания;
- кольцевые.

Спиральные сверла

Наиболее многочисленной является группа спиральных сверл.

Спиральное сверло (рис. 2.2) представляет собой цилиндрический стержень, рабочая часть которого снабжена двумя винтовыми спиральными канавками, предназначенными для отвода стружки и образования режущих элементов. Наклон канавок к оси сверла составляет 10–45 градусов. Рабочий конец сверла имеет конусообразную форму. На образующих конуса лежат две симметрично расположенные относительно оси сверла режущие кромки. Хвостовик нужен для закрепления сверла. Спиральные сверла делают с цилиндрическими или коническими хвостовиками.



Рис.2.2 Спиральное сверло с коническим хвостовиком

По точности изготовления они делятся на:

- сверла общего назначения;
- сверла точного исполнения.

Размерный ряд спиральных сверл начинается с малоразмерных сверл диаметром от 0,1 до 1,5 мм по ГОСТ 8034 с утолщенным цилиндрическим хвостовиком. Вследствие малых размеров этих сверл оправдано их изготовление целиком из быстрорежущих сталей P6M3 и P6M5K5 с

твердостью рабочей части до 60 – 62 HRC.

Для обработки труднообрабатываемых материалов изготавливают цельные твердосплавные сверла диаметром от 0,6 до 1,0 мм из сплавов BK10M, BK15M. Стойкость спиральных сверл с твердосплавной рабочей частью в 20-30 раз выше стойкости обычных быстрорежущих сверл. Начиная с диаметра 1,5 мм твердосплавные сверла выполняют сборными по ГОСТ 17273. Рабочую твердосплавную часть этих сверл припаивают к хвостовику из Стали 45. По ГОСТ 10902 и ГОСТ 4010 спиральные сверла изготавливают из быстрорежущих сталей типа P12, P6M3, для обработки конструкционных сталей и для сверления труднообрабатываемых материалов. Такие сверла имеют твердость 63-65 HRC. Быстрорежущие сверла выполняются как с правым, так и с левым направлением винтовых канавок. Спиральные сверла диаметром более 8 мм в целях экономии изготавливают сварными с рабочей частью из быстрорежущей стали и хвостовиком из конструкционной стали. Сверла (ГОСТ 5756) с пластинками из твердого сплава закрепляют в корпусе пайкой. По ГОСТ 6647 выполняются сверла с внутренним подводом охлаждающей жидкости для сверления труднообрабатываемых материалов.

Перовые сверла

Перовые (рис. 2.1 г), или, как их еще называют, ложечные, сверла отличаются простотой конструкции (представляют собой заостренную пластинку с весьма несовершенной формой рабочей части), они дешевы и мало чувствительны к перекашиванию. В зависимости от того, какова форма заточки режущих кромок, различают односторонние и двусторонние перовые сверла. Все они имеют плоскую режущую часть с двумя режущими кромками, расположенными симметрично относительно оси сверла и образующими угол резания в 45, 50, 75, 90 градусов. Недостаток таких сверл состоит в том, что отсутствует автоматический

отвод стружки при сверлении, что портит режущие кромки и вынуждает часто вынимать сверло из просверливаемого отверстия. Кроме того, перовые сверла в процессе работы теряют направление и уменьшаются в размерах диаметра при переточке.

Кольцевые сверла

Сквозные отверстия диаметром свыше 80 мм получают сверлами кольцевого сверления (рис. 2.1 з). Ими вырезается только кольцевая полость, а в центре остается стержень, который удаляется после окончания сверления. В дальнейшем стержень можно использовать в качестве заготовки.

Шнековые свёрла

Шнековые свёрла применяются при обработке отверстий в сталях, чугунах, лёгких сплавах и дереве ($D = 3...30$ мм) длиной более $10D$ без периодического вывода инструмента из заготовки. Они имеют большие углы наклона винтовых канавок ($\omega = 60^\circ$), что облегчает отвод стружки из зоны резания. Для повышения жёсткости шнековые свёрла имеют утолщённую сердцевину.

Части и элементы спирального сверла

Сверло состоит из рабочей части 1, шейки 3, хвостовика 4 и лапки 5 предназначенной для обеспечения удаления сверла из шпинделя (рис. 2.2). Конический или цилиндрический хвостовик 4 служит для закрепления сверла на станке. Шейка сверла – промежуточная часть между хвостовиком и рабочей частью сверла. В связи с особенностями технологии изготовления сверла, шейка имеет меньший диаметр, чем рабочая часть. Последняя состоит из режущей 2 и направляющей части 1б и имеет две винтовые стружечные канавки 9, по которым транспортируется стружка из обрабатываемого отверстия.

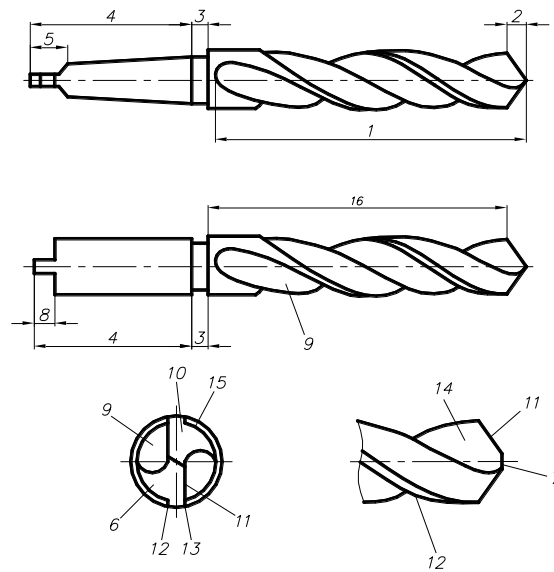


Рис. 2.2. Части и элементы спирального сверла:

1 – рабочая часть; 2 – режущая часть; 3 – шейка; 4 – хвостовик; 5 – лапка; 6 – зуб; 7 – поперечная кромка; 8 – поводок; 9 – стружечная канавка; 10 – главная задняя поверхность; 11 – главные режущие кромки; 12 – ленточка; 13 – кромка ленточки; 14 – передняя поверхность; 15 – спинка зуба; 16 – направляющая часть.

Винтовые стружечные канавки 9 разделяют рабочую часть сверла на два зуба (пера). Так как перья сверла должны быть соединены, то между ними вдоль оси сверла имеется сердцевина. Ее размер соответствует окружности, касательной к поверхности канавок. Направляющая часть обеспечивает движение сверла в обрабатываемом отверстии и служит резервом для образования режущей части при переточках сверла. Направляющая часть сверла для уменьшения трения соприкасается с отверстием только по отшлифованным винтовым ленточкам 12, которые расположены по краю винтовой стружечной канавки. Остальная часть зуба сверла имеет меньший диаметр и с обработанным отверстием не соприкасается. Ленточка шлифуется по окружности.

На поверхности винтовых стружечных канавок образуется и транспортируется стружка, т.е. они являются передними поверхностями 14 сверла.

Торец сверла на режущей части затачивают, образуя главные задние поверхности *10*, обращенные в процессе обработки к поверхности резания. Задние поверхности могут быть оформлены частью конической, линейчатой, эвольвентой, винтовой, плоской и другими поверхностями. Вспомогательными задними поверхностями являются наружные поверхности круглошлифованных ленточек *12*. Это часть конической поверхности с очень малой конусностью, ось которой совпадает с осью сверла. Передние поверхности *14* винтовых канавок, пересекаясь с главными задними поверхностями *10*, образуют главные режущие кромки *11*, расположенные симметрично оси сверла, а пересекаясь со вспомогательными задними поверхностями (ленточками *12*) – вспомогательные режущие кромки *13*. Так как в сверле имеется сердцевина, то при пересечении двух главных задних поверхностей *10* образуется поперечная кромка или перемычка *7* (рис. 2.2).

Элементы режима резания и срезаемого слоя

При работе сверло совершает вращательное движение вокруг своей оси (главное движение, обеспечивающее скорость резания) и перемещение вдоль оси (движение подачи). В некоторых случаях вращательное движение может получать деталь, а не сверло. Скорость резания для точек режущей кромки различна. В центре сверла $v = 0$

За *скорость резания v* (м/мин) при сверлении принимается окружная скорость точки, лежащей на периферии сверла. Она подсчитывается по формуле:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \text{ м/мин}$$

где D – диаметр сверла, мм;

n – частота вращения сверла, об/мин.

Подачей S называется величина перемещения инструмента или обрабатываемого изделия в единицу времени или величина, этого перемещения, отнесенная к величине главного движения.

Подача на оборот S_o – величина перемещения сверла или детали вдоль оси отверстия за один оборот. Поскольку резание одновременно ведётся двумя режущими лезвиями, то каждое из них работает с подачей на зуб S_z , равной половине осевого перемещения сверла за время его одного оборота:

$$S_z = \frac{S_o}{z} = \frac{S_o}{2}, \text{ мм/зуб.}$$

Минутная подача равна:

$$S_m = S_o \cdot n = S_z \cdot z \cdot n, \text{ мм/мин.}$$

Глубина резания t – при сверлении в сплошном материале равна половине диаметра сверла. При рассверливании отверстия от диаметра d до диаметра D глубина резания:

$$t = \frac{D - d}{2}$$

Ширина срезаемого слоя b – длина стороны сечения срезаемого слоя, образованной поверхностью резания. Измеряется без учета перемычки сверла вдоль кромки от оси сверла до точки, лежащей на наружном диаметре сверла (рис. 2.3).

Толщина срезаемого слоя a – длина нормали к поверхности резания, проведенной через рассматриваемую точку режущей кромки, ограниченная сечением срезаемого слоя (рис. 2.3).

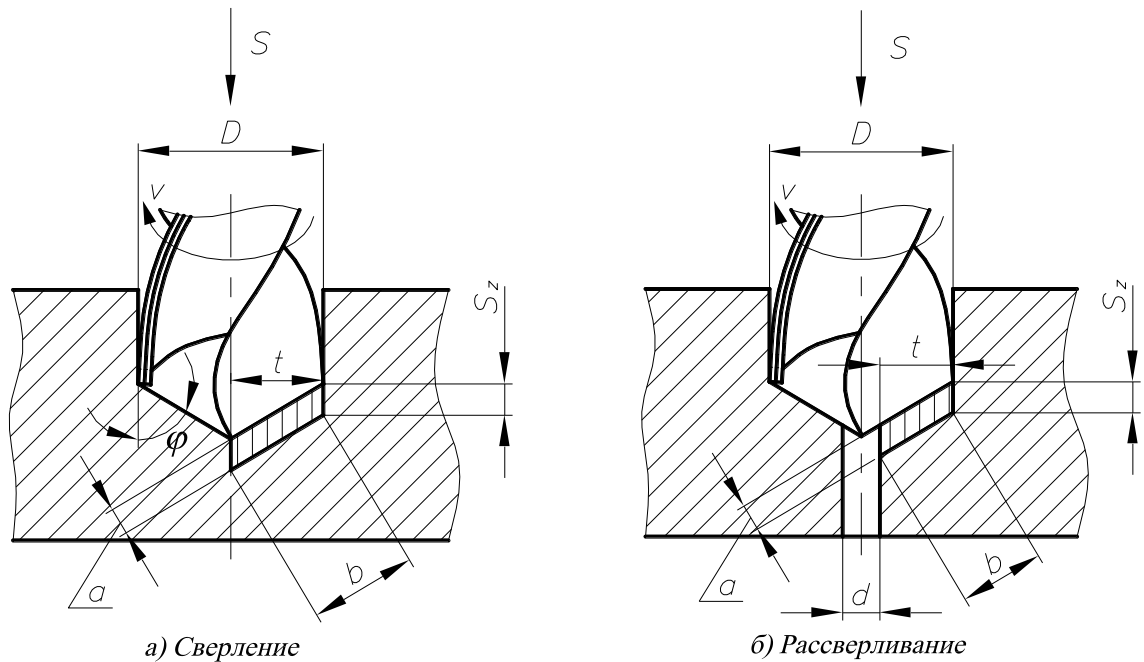


Рис. 2.3. Элементы режима резания и срезанного слоя

Между этими величинами существуют следующие соотношения:

$$a = S_z \cdot \sin \varphi = \frac{S_o}{2} \sin \varphi ;$$

$$b = \frac{D}{2 \cdot \sin \varphi} .$$

Геометрические параметры сверла

При сверлении и рассверливании отверстий обработанной поверхностью является поверхность полученного отверстия. Поверхность резания – это поверхность, образованная режущей кромкой при её движении в процессе резания.

Геометрические параметры сверла рассматриваются в следующих плоскостях (рис. 2.4):

1. Основная плоскость P_v – координатная плоскость, проведенная через рассматриваемую точку режущей кромки перпендикулярно направлению скорости главного или результирующего движения резания в этой точке.

2. Плоскость резания P_n – координатная плоскость, касательная к режущей кромке в рассматриваемой точке и перпендикулярная основной плоскости.

3. Рабочая плоскость P_s – координатная плоскость, в которой расположены направления скоростей главного движения резания и движения подачи.

4. Главная секущая плоскость P_τ – координатная плоскость, перпендикулярная линии пересечения основной плоскости и плоскости резания.

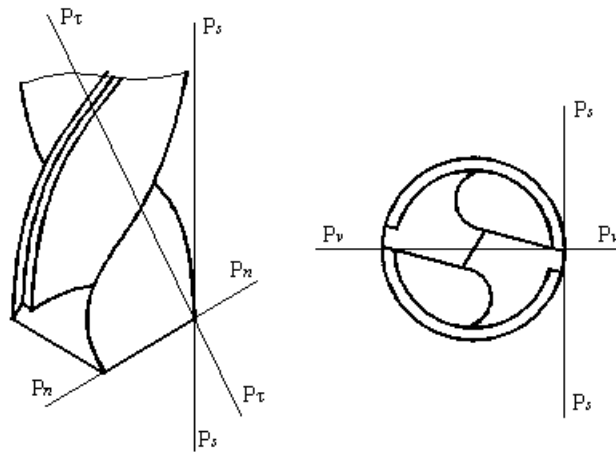
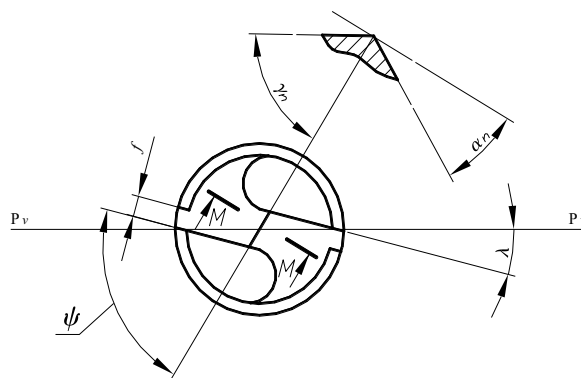


Рис.2.4. Координатные плоскости при сверлении



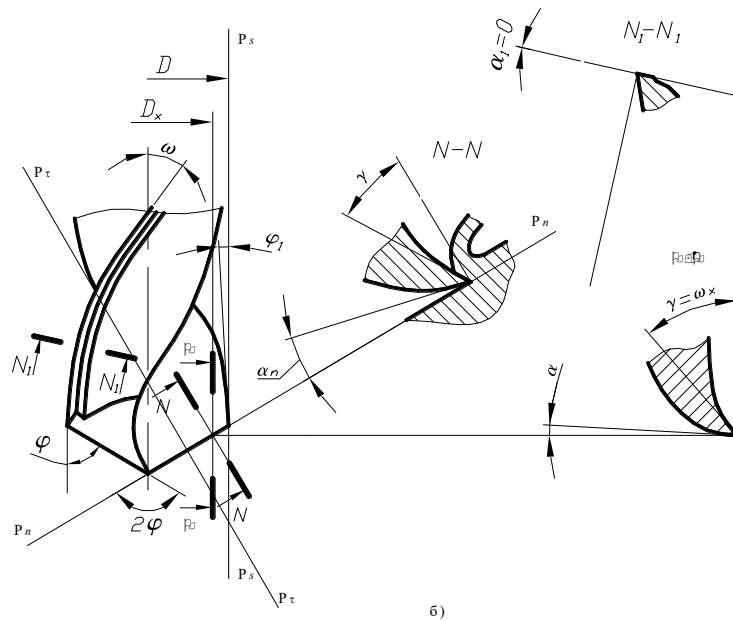


Рис. 2.5. Геометрические параметры спирального сверла

Главным углом в плане φ – называется угол в основной плоскости между плоскостью резания и рабочей плоскостью (направлением подачи и главной режущей кромки). От угла φ зависит ширина и толщина срезаемого слоя, условие теплоотвода, прочность режущей части сверла. Величину угла φ назначают в зависимости от свойств обрабатываемого материала. На практике требуется быстро определять, для каких условий работы предназначено заточенное сверло. Для этого измеряют угол между проекциями главных режущих кромок на плоскость, проходящую через ось сверла, параллельно режущим кромкам – двойной угол в плане 2φ (рис. 2.5). Измерить угол 2φ можно с помощью простых угломеров. Но на ширину и толщину среза влияет не угол 2φ , а угол φ на каждом пере сверла. При заточке можно получить точную величину угла 2φ , но разные величины углов φ на перьях сверла. Условия работы на каждом пере сверла в данном случае разные. При этом ухудшаются условия резания, снижается точность и качество обработанного отверстия. Вот почему при оценке качества и заточки сверла необходимо измерять углы φ на каждом из перьев.

В основной плоскости рассматриваются вспомогательные углы в плане φ_1 (рис. 2.5). Чтобы избежать зацебления сверла в просверленном отверстии, диаметр рабочей части сверла уменьшают по направлению к хвостовику, т. е. делают обратную конусность. Чтобы после переточек диаметр сверла изменялся незначительно, обратная конусность сверла невелика – 0,03...0,15 мм на 100 мм длины сверла.

Вспомогательным углом в плане φ_1 называется угол между проекцией вспомогательной режущей кромки (кромки ленточки) на основную плоскость и рабочей плоскостью. Величина его не превышает 10'. Его можно определить по формуле:

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = (D - D_1) / 2 \cdot l$$

где D и D_1 – диаметры сверла в начале и в конце направляющей части;

l – длина направляющей части.

Передняя поверхность сверла представляет собой винтовую поверхность, состоящую из семейства винтовых линий, у которых одинаковый шаг и различный диаметр. Поэтому угол наклона этих винтовых линий различный. Следовательно, это продольный передний угол сверла, т.е. $\gamma_{np} = \omega$. Этот угол измеряется в плоскости, касательной к цилиндру с радиусом r_x и осью, совпадающей с осью сверла. Но для характеристики процесса сверления нужно знать главный передний угол в главной секущей плоскости, который определяет условия резания. Главная секущая плоскость нормальна к главной режущей кромке (рис. 2.4).

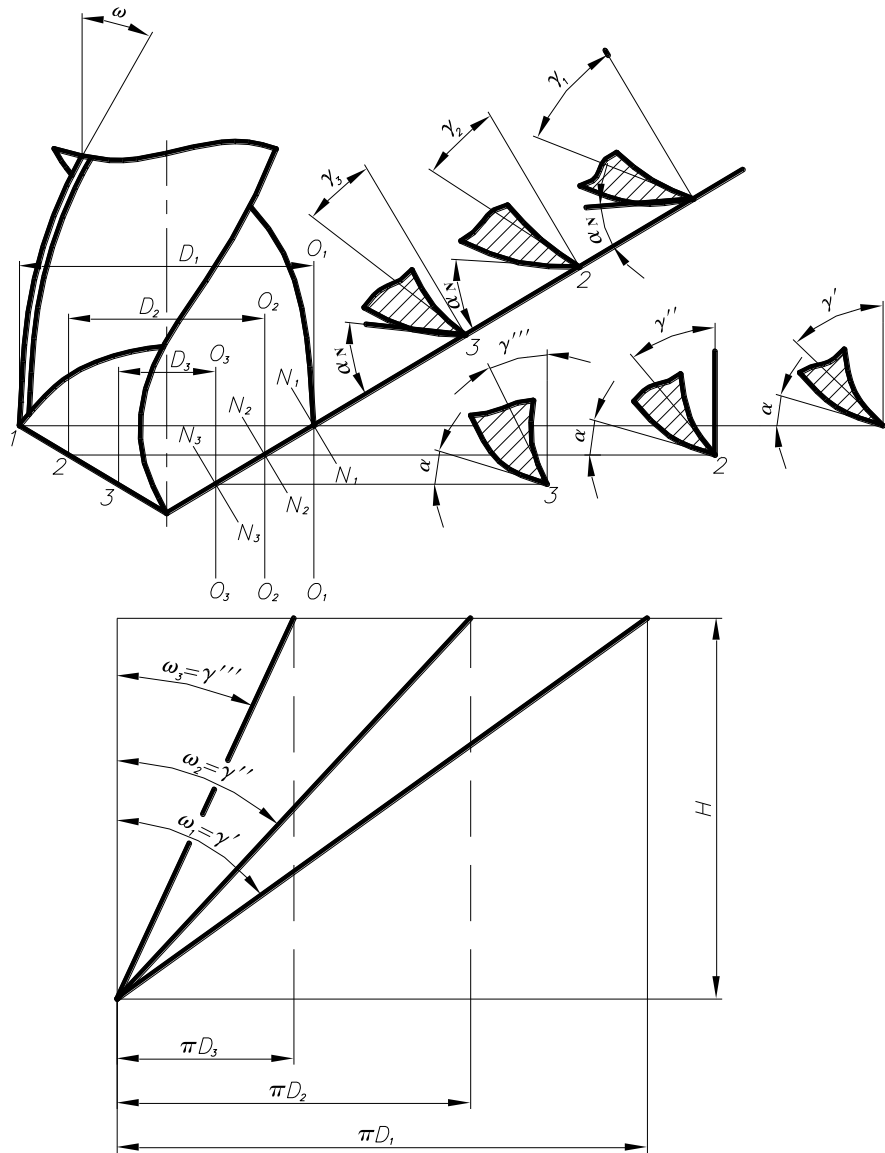


Рис. 2.6. Передние и задние углы сверла в разных точках режущей кромки

Главным передним углом γ – называется угол между касательной к передней поверхности в рассматриваемой точке режущей кромки и нормалью в той же точке к поверхности резания. Главный передний угол расположен в главной секущей плоскости. Передний угол на чертежах сверла не проставляют, так как положение и форму передней поверхности сверла определяет угол наклона винтовой канавки. Так как угол наклона винтовой канавки, являющейся передней поверхностью сверла,

уменьшается при приближении от периферии к оси сверла, то и передний угол неодинаков для разных точек режущей кромки. Чем ближе рассматриваемая точка к оси сверла, тем меньше этот угол. На наружном диаметре передний угол находится в пределах $\gamma = 25...30^\circ$. Соотношение передних углов γ , измеренных в главной секущей плоскости и γ_{np} в продольном сечении, у сверла такое же, как и у резца:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{\operatorname{tg} \gamma_{np}}{\sin \varphi},$$

Где $\gamma_{np} = \omega$.

Следовательно, на периферии сверла:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{\operatorname{tg} \omega}{\sin \varphi},$$

а для любой точки режущей кромки:

$$\operatorname{tg} \gamma_x = \frac{\operatorname{tg} \omega_x}{\sin \varphi} = \frac{D_x \cdot \operatorname{tg} \omega}{D \cdot \sin \varphi}.$$

Если передний угол образуется при изготовлении сверла, то задний получают при его заточке.

Задним углом сверла α_N называется угол между касательной к задней поверхности в рассматриваемой точке режущей кромки и касательной в той же точке к окружности, образованной режущей кромкой при её вращении вокруг оси сверла.

Траектория точек режущих кромок располагается на воображаемых цилиндрических поверхностях с осями, совпадающими с осью сверла. На этих поверхностях и рассматривают главные задние углы сверла. Таким образом, главным задним углом α является продольный задний угол.

Если сверло только вращается, то траектория точки режущей кромки – окружность. Так как сверло имеет подачу вдоль оси, то траектория точки режущей кромки – винтовая, и действительный задний угол будет меньше статического. Развернём на плоскость траекторию точки режущей кромки

при отсутствии подачи и при работе подачи (рис. 2.7).

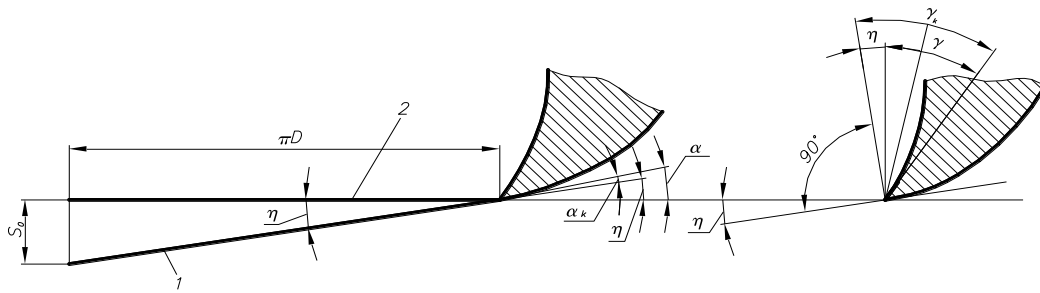


Рис. 2.7. Передний и задний углы сверла в процессе резания:

1 – развёрнутая винтовая линия; 2 – развёрнутая окружность.

Кинематический задний угол уменьшается на угол η . Величина угла η различна для разных точек режущей кромки.

$$\operatorname{tg} \eta = \frac{S_0}{\pi \cdot D};$$

Чем ближе точка режущей кромки лежит к оси сверла, тем меньше диаметр воображаемой цилиндрической поверхности, по которой идёт траектория точки режущей кромки, и тем значительно уменьшается задний угол сверла в процессе работы. Уменьшение зазора между задней поверхностью сверла и поверхностью резания (заднего угла) или отсутствие его приводит к повышенному трению и износу или же делает дальнейшую работу сверла невозможной.

Даже при малых подачах уменьшение заднего угла в процессе работы для точек, находящихся вблизи оси сверла весьма существенно. Это уменьшение компенсируют, соответственно увеличивая задний угол при заточке: $\alpha_{\text{зат}} = \alpha + \eta$. Если заднюю поверхность сверла заточить по плоскости с одинаковым задним углом во всех точках режущей кромки, учитывающим максимальное уменьшение его в процессе работы $\alpha_{\text{зат}} = \alpha + \eta_{\text{max}}$, то процесс заточки упростится. Но у сверла изменить (уменьшить) передний угол невозможно, а на периферии величина его значительна. Поэтому при больших задних углах угол заострения сверла β на периферии будет малым, а прочность и теплоотвод – низким.

В связи с этим при заточке приходится обеспечивать такое увеличение заднего угла, которое необходимо для каждой точки режущей кромки, т. е. затачивать задний угол переменной величины. Наибольшее значение задний угол должен иметь у оси сверла, наименьшую – на периферии. При этом обеспечивается примерное равенство углов заострения вдоль режущей кромки сверла. На чертежах задний угол сверла задают в периферийной точке режущей кромки, так как здесь его легче измерить.

Вспомогательный задний угол α_l сверла измеряется в плоскости, нормальной к вспомогательной режущей кромке (кромке ленточки). Так как ленточка шлифуется по окружности, то вспомогательные задние углы сверла α_l равны нулю (рис. 2.4,б).

Углом наклона главной режущей кромки λ – называется угол между режущей кромкой и радиусом, проведенным через точку режущей кромки (рис. 2.4).

Пересечение главных задних плоскостей образует поперечную кромку или перемычку.

Угол наклона перемычки ψ – угол между проекциями поперечной и главной режущей кромки на плоскость, перпендикулярную оси сверла (рис. 2.4,б). Величина этого угла при правильной заточке сверла $\psi = 50..55^\circ$.

Пересекая перемычку перпендикулярными к ней секущими плоскостями, можно видеть, что угол резания перемычки больше 90° , т.е. передний угол перемычки γ_n – отрицательный: перемычка не режет металл, а скоблит его (выдавливает). Из-за этого около 65% усилия подачи и около 15% крутящего момента приходится на перемычку. На практике применяют различные методы подточки перемычки. Даже небольшое улучшение формы перемычки значительно уменьшает силу резания и увеличивает стойкость сверла и точность обработки.

Измерение конструктивных и геометрических параметров спиральных свёрл

Диаметр свёрл измеряется обычным микрометром (рис. 2.7); диаметр сердцевины сверла – микрометром с острыми наконечниками (рис. 2.8); длина поперечной режущей кромки сверла и ширина ленточки – штангенциркулем у вершины сверла (рис. 2.9); угол наклона поперечной кромки ψ – универсальным угломером УМ (рис. 2.10); угол наклона винтовой канавки сверла ω можно измерить с помощью угломера МИЗ (рис. 2.12), на плиту которого поставлена призма. Режущую кромку в этом случае следует располагать в горизонтальной плоскости. Угол наклона винтовой канавки можно также измерить универсальным угломером, получив развёртку винтовой линии, прокатив сверло по листу бумаги. С помощью универсального угломера можно определить угол 2φ (рис. 2.11), но контролировать заточку сверла таким образом нельзя, так как перья сверла могут быть заточены неодинаково, и углы φ на разных перьях могут различаться, что ухудшит условия работы сверла и уменьшит его стойкость и контроль углов φ относительно ленточек осуществляют с помощью специальной лупы или микроскопа.

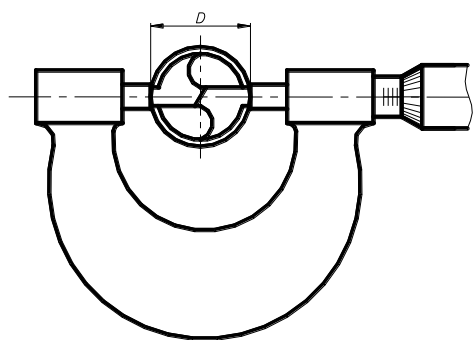


Рис. 2.7. Измерение диаметра сверла микрометром

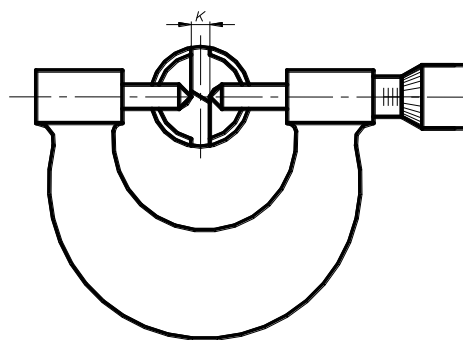


Рис. 2.8. Измерение диаметра сердцевины микрометром с острыми наконечниками

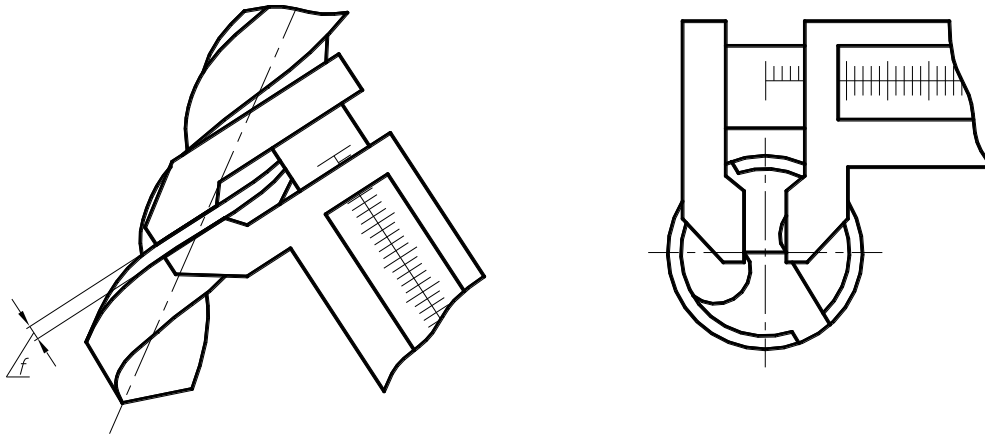


Рис. 2.9. Измерение длины поперечной кромки и ширины ленточки сверла штангенциркулем

Вспомогательный угол в плане φ_1 , можно определить по формуле:

$$\varphi_1 = \operatorname{arctg} \frac{D - D_1}{2 \cdot l},$$

где D и D_1 диаметры сверла, измеренные на расстоянии l . Для упрощения значение l принимают равным 100 мм.

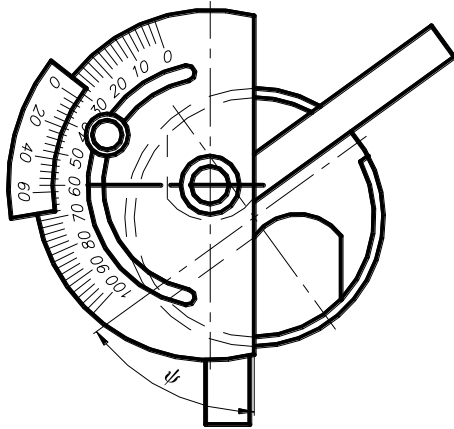


Рис. 2.10. Измерение угла наклона поперечной кромки сверла универсальным угломером УМ

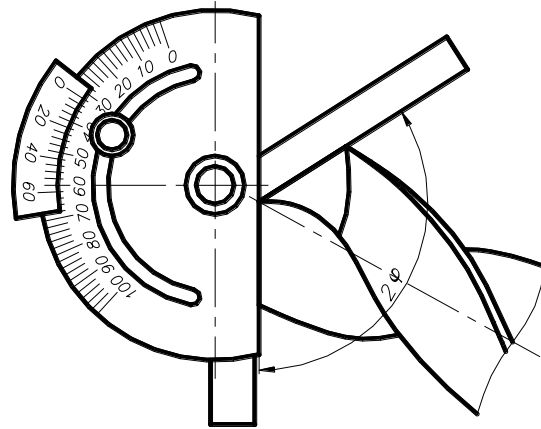


Рис. 2.11. Измерение угла при вершине сверла универсальным угломером УМ

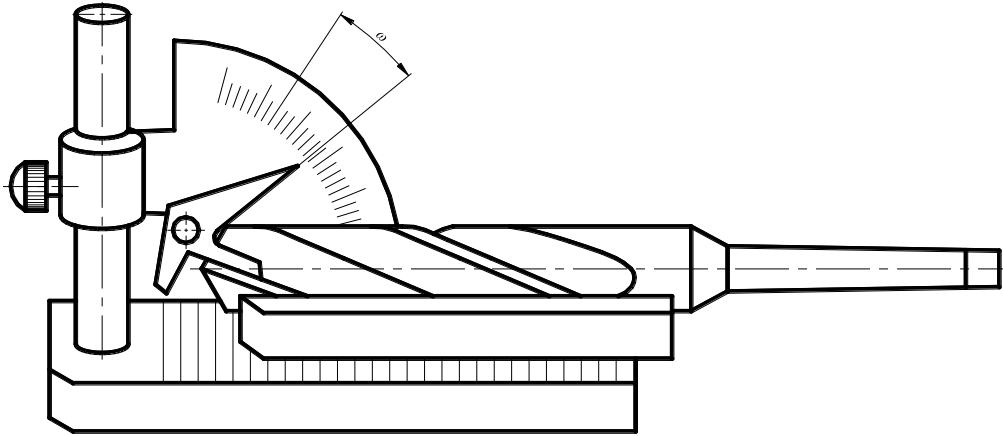


Рис. 2.12. Измерение угла наклона винтовой канавки сверла на угломере МИЗ

Главный передний угол сверла γ определяется в плоскости, перпендикулярной режущей кромке сверла. Данный угол в точке режущей кромки можно подсчитать по формуле:

$$\operatorname{tg} \gamma_x = \frac{D_x \cdot \operatorname{tg} \omega}{D \cdot \sin \varphi},$$

где ω – угол наклона винтовой канавки сверла;

φ – угол в плане режущей кромки сверла;

D – наружный диаметр сверла;

D_x – диаметр, соответствующий рассматриваемой точке режущей кромке сверла.

Задний угол сверла α в разных точках режущей кромки можно измерить специальным прибором. При отсутствии такого прибора сверло устанавливается в делительную головку, закреплённую на столе фрезерного или универсального заточного станка. На станине станка укрепляется державка с индикатором, ножка которого должна быть параллельна оси сверла и перемещают стол станка таким образом, чтобы ось сверла и ось ножки индикатора совпадали. После этого сдвигают стол станка со сверлом в горизонтальной плоскости в направлении, перпендикулярном оси сверла на величину радиуса сверла, соответствующего рассматриваемой точке на режущей кромке. Затем,

перемещая стол в направлении параллельном оси сверла, устанавливают натяг ножки индикатора. Наконечник индикатора при этом должен быть установлен поворотом сверла в точку, возможно более близко к режущей кромке. В таком положении стрелка индикатора должна быть поставлена на ноль. После этого поворачивают сверло, вращая шпиндель делительной головки. При этом наконечник индикатора скользит по задней поверхности сверла, показывая величину её падения. Замечают показания индикатора, соответствующие повороту сверла на каждые 5° . Затем строят кривую заточки, задней поверхности сверла, соответствующую рассматриваемой точке режущей кромки (рис. 2.13).

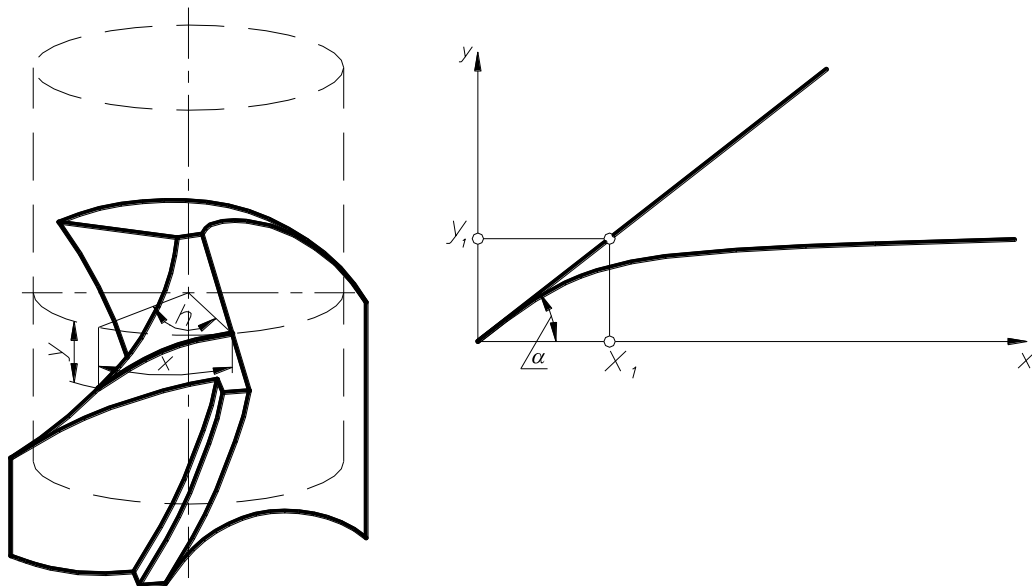


Рис. 2.13. Построение кривой заточки задней поверхности сверла

К кривой проводится касательная, по наклону которой можно определить задний угол:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{y}{x},$$

где y – падение затылка сверла;

x – длина окружности, соответствующая углу поворота сверла.

Длину дуги окружности, соответствующую углу поворота сверла η , можно подсчитать по формуле:

$$x = \frac{\pi \cdot D_x \cdot \eta}{360},$$

Задний угол сверла можно также измерить на микроскопе.

Устройство и принцип работы микроскопа БМИ

На основании 15 расположен измерительный стол 2 с предметным стеклянным столиком 3 и колона 14 с тубусом 6 (рис. 2.14). В нижней части тубуса установлен объектив 5. В комплекте имеются объективы с увеличением IX, 15X, 3X, 5X. В верхней части тубуса установлена окулярная головка 11 с увеличением X10. Кронштейн, соединяющий тубус с колонной 14, имеет паз в виде ласточкиного хвоста, скользящий по направляющим колонны. Он перемещается с помощью рукояток 12 с последующим зажимом рукояткой 13.

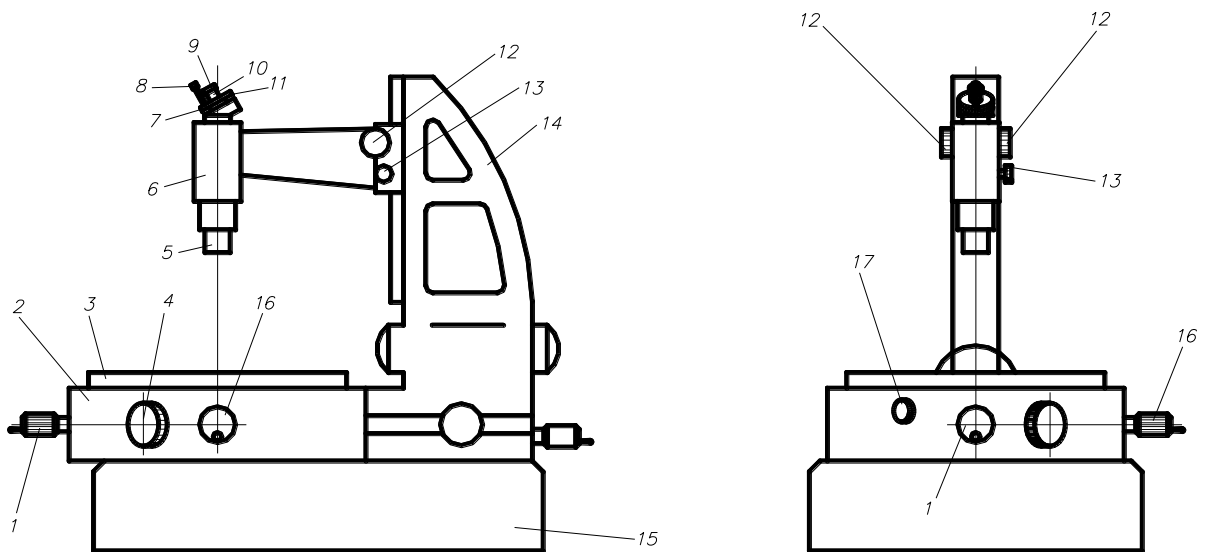


Рис. 2.14. Большой инструментальный микроскоп (БМИ)

Измерительный стол 2 по осям координат перемещается с помощью барабанов 1 и 16 с ценой деления 0,005. Кроме того, столик 3 вращается вокруг оси с помощью рукоятки 4, с последующим зажимом тормозной рукояткой 17. Окулярная головка 11 имеет два окуляра: 10 – для измерения линейных перемещений и 8 – для угловых перемещений. Окуляр 10

заканчивается глазной лупой 9, имеющей диоптрийную наводку на резкость. В лупе 9 оптическая схема микроскопа обеспечивает наблюдение штриховой сетки с крестом, предназначенной для фиксирования линий или точек на измеряемой детали. В окуляре 8 с помощью зеркала 7 проектируется градусная шкала. В лупе на стекле нанесена минутная шкала 18 с ценой деления $1'$. Перемещается градусная шкала с помощью маховика 19 (рис. 2.15).

При работе на микроскопе БМИ деталь устанавливают на предметном столике и освещают достаточно ярким светом. На резкость микроскоп наводится рукоятками 12, 13 и глазной лупой 9. При измерении линейных величин перекрестие устанавливают в начальную точку отсчёта. На шкале 18 в этом случае должен быть зафиксирован 0 (рис. 2.15). Вращая барабаны 1, 16 перекрестие перемещают в конечную точку отсчёта. Измеряемый размер определяют как разность начального и конечного значений на соответствующей шкале отсчетного барабана.

Для определения угловых величин центр перекрестия совмещают с вершиной измеряемого угла. Вертикальную или горизонтальную ось перекрестия устанавливают в начальное положение и фиксируют показания шкалы 18 (на рис. 2.15 показания шкалы 18 равно $121^{\circ}34'$). После этого вращением маховичка 19 перемещают соответствующую ось в конечное угловое положение и вновь фиксируют показания шкалы 18. Величина угла определяется как разность начального и конечного показаний.

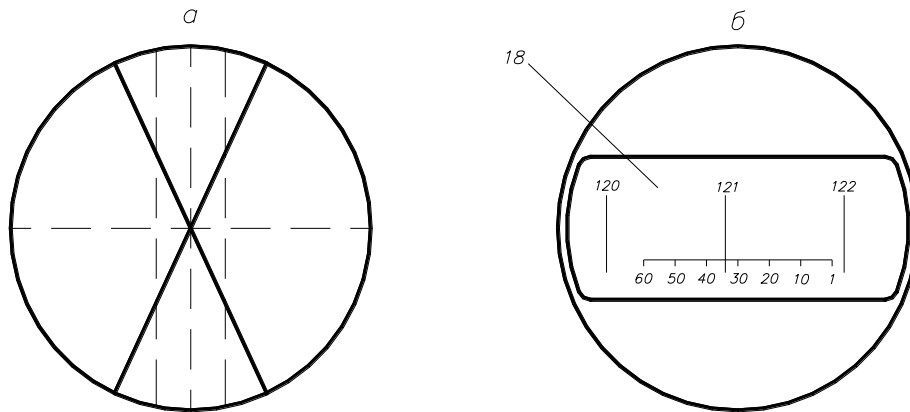


Рис. 2.15. Окулярная головка микроскопа:

а – поле зрения при измерении линейных величин; б – поле зрения при измерении угловых величин.

Измерение геометрических параметров спирального сверла на микроскопе БМИ

Измерение диаметра сверла и величины обратной конусности

Перед измерением сверло устанавливают в призме, повернув его так, чтобы главная режущая кромка была расположена горизонтально (рис. 2.16, а), при этом на шкале 18 должен быть зафиксирован 0, а перекрестие и сверло устанавливают друг относительно друга так, чтобы горизонтальная ось X–X касалась бы уголка сверла (рис. 2.16, б). Затем с помощью барабана 1 смещают перекрестие на диаметрально противоположную точку сверла (рис. 2.16, в). Диаметр сверла D определяется как разность отсчетов по шкале барабана 1.

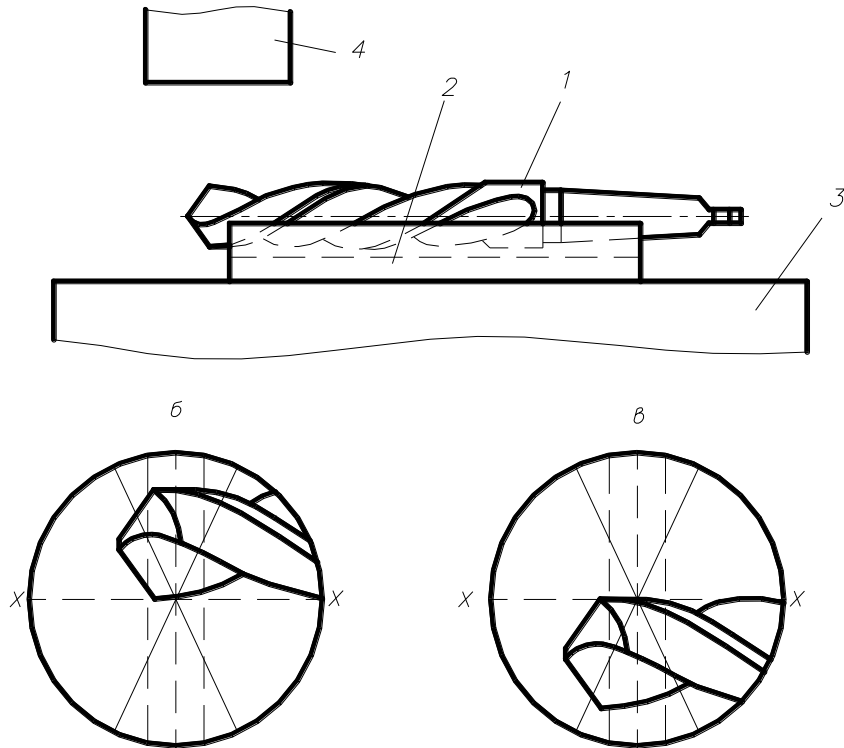


Рис. 2.16. Схема измерения диаметра сверла и величины обратной конусности на микроскопе БМИ:

1 – сверло; 2 – призма; 3 – объектив; 4 – стеклянный столик.

Для определения обратной конусности указанные выше диаметры измеряют на уголках сверла и при смещении перекрестия вдоль оси сверла на величину $L = 25; 50; 100$ мм.

Смещение осуществляют, подкладывая концевые меры соответствующей длины под микровинт барабана 16. Обратную конусность (мм/[100 мм]) можно определить по формуле (при $L=100$ мм):

$$\Delta = \frac{(D - D_L)}{200}.$$

Измерение угла в плане φ

Для измерения углов в плане φ для каждой из режущих кромок сверло устанавливают в призме так, чтобы главная режущая кромка была расположена горизонтально. На шкале 18 должен быть зафиксирован 0, а горизонтальная ось перекрестия X–X должна быть параллельна оси сверла.

Для этого устанавливают призму на столике 3, таким образом, чтобы ось X–X совпала с образующей призмы А–А (рис. 2.17, а).

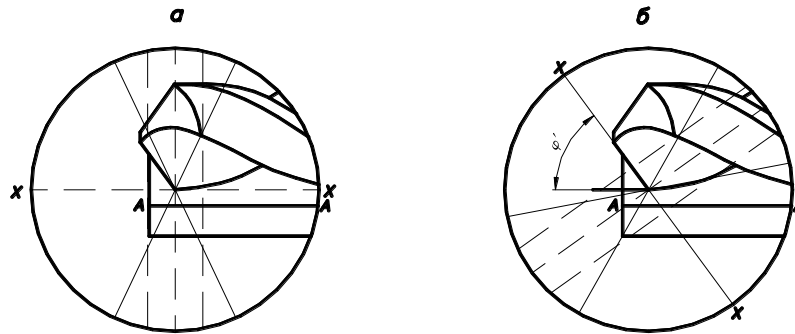


Рис. 2.17. Измерение угла сверла в плане на микроскопе БМИ

Перед измерением перекрестие устанавливают на уголок сверла (рис. 2.17, а), после чего, вращая маховик 19, совмещаем ось X–X с главной режущей кромкой (рис. 2.17, б). По шкале 18 находим величину угла в плане φ' для одной режущей кромки. Аналогично можно найти и величину угла в плане φ'' второй режущей кромки. Угол при вершине сверла $2\varphi = \varphi' + \varphi''$.

Измерение заднего угла и угла наклона винтовой канавки

Для измерения углов α и ω сверло устанавливают в призме так, чтобы главная режущая кромка была расположена в вертикальной плоскости. На шкале 18 должен быть зафиксирован 0, а горизонтальная ось перекрестия должна быть параллельна оси сверла (рис. 2.18, а). Перед измерением перекрестие устанавливают на угол сверла (рис. 2.18, а), после чего, вращая маховик 19, перемещают вертикальную ось перекрестия У–У в положение, касательное к задней поверхности (рис. 2.18, б). Величину заднего угла определяют по шкале 18. После этого возвращают вертикальную ось перекрестия в исходное положение и перемещают горизонтальную ось X–X в положение, касательное к ленточке сверла (рис. 2.18, в). По шкале 18 определяют величину угла наклона винтовой канавки ω .

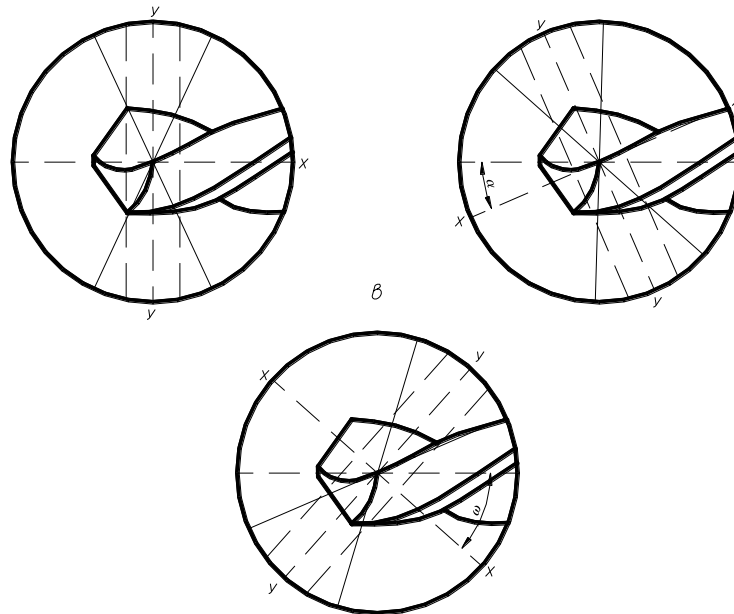


Рис. 2.18. Измерение заднего угла и угла наклона винтовой канавки на микроскопе БМИ

Измерение ширины ленточки сверла

Для измерения ширины ленточки сверла f устанавливают 0 на шкале 18 и разворачивают призму со сверлом так, чтобы горизонтальная ось перекрестия X–X была касательной к ленточке в измеряемой точке (рис. 2.19, а). После этого с помощью барабана 1 смещают перекрестие на величину ширины ленточки (рис. 2.19, б). Значение f определяют как разность отсчётов по шкале барабана 1.

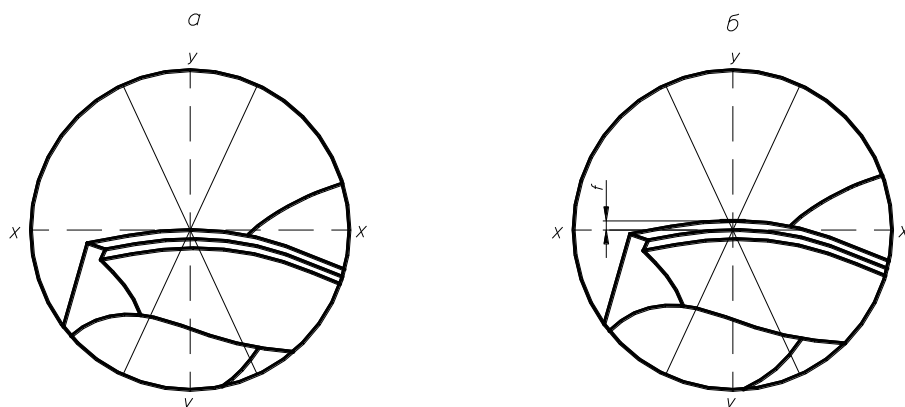


Рис. 2.19. Измерение ширины ленточки сверла на микроскопе БМИ

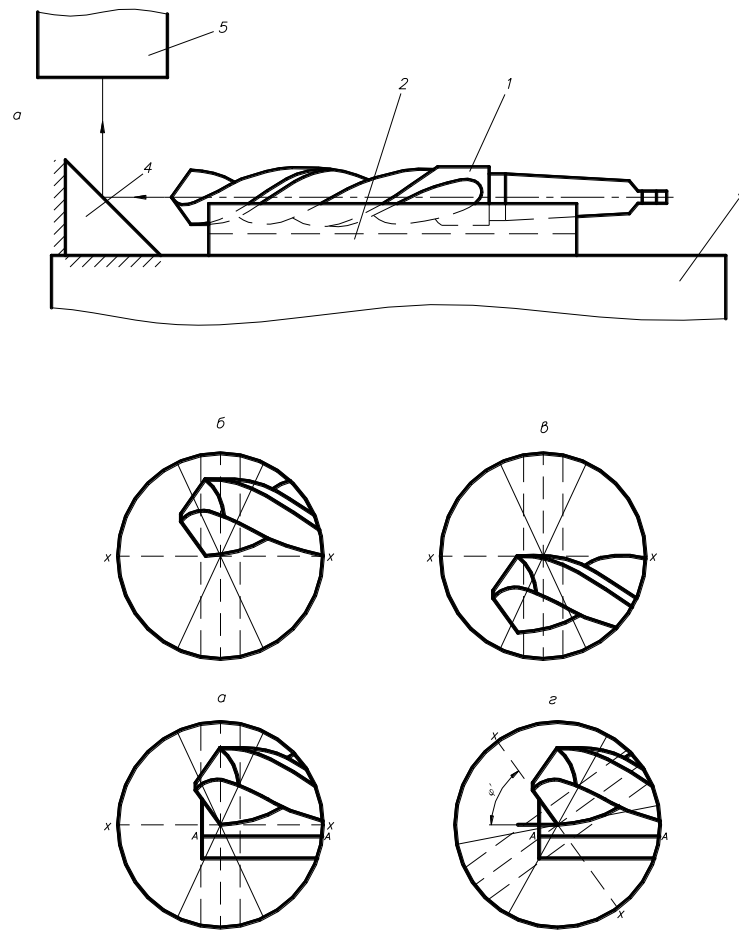


Рис. 2.20. Схема измерения угла наклона поперечной кромки и толщины сердцевины сверла на микроскопе БМИ:
 1 – сверло; 2 – призма; 3 – предметный столик; 4 – зеркальная призма; 5 – объектив.

Измерение угла наклона поперечной кромки и толщины сердцевины

Для измерения угла наклона поперечной кромки ψ сверло устанавливают в призме на столике микроскопа. Дополнительно на столик закрепляют прямоугольную зеркальную призму так, чтобы отражение от неё попадало в оптическую систему микроскопа (рис. 2.20, а). Сверло при этом поворачивают вокруг его оси таким образом, чтобы поперечная режущая кромка совпала с горизонтальной осью перекрестия X–X. На шкале 18 в этом случае должен быть зафиксирован 0 (рис. 2.20, б). После

этого маховиком 19 совмещают ось X–X с главной режущей кромкой и по шкале 18 определяют величину угла (рис. 2.20, б).

Для измерения толщины сердцевины сверло поворачивают вокруг его оси так, чтобы вертикальная ось перекрестия У–У была касательной для наиболее глубокой точки канавки сверла (рис. 2.20, г). На шкале 18 при этом должен быть зафиксирован 0. Затем с помощью барабана 16 перемещают ось У–У до тех пор, пока она не окажется касательной к другой канавке сверла (рис. 2.20, д). Величина К при этом определяется как разность по отсчётов по шкале барабана 16.

Порядок выполнения работы

1. Получить у инженера сверло и измерительный инструмент.
2. Определить тип сверла и изучить его конструкцию.
3. Разработать схемы измерений геометрических параметров режущей части сверла.
4. Измерить геометрические параметры режущей части.
5. Заполнить табл. 2.1 и табл. 2.2.

Таблица 2.1 - Измерение геометрических параметров сверла

№ п. п.	Диаметр сверла		Диаметр сердцевины		Ширина ленточки f, мм	Угол наклона винтовой канавки ω, град	Угол наклона поперечной кромки ψ, град	Углы в плане θ, град.		Угол между режущими кромками 2φ, град	Передний угол сверла γ, град
	у хвостовика D ₁ , мм	у вершины D, мм	у хвостовика d ₁ , мм	у вершины d, мм				Для 1-ого пера	Для 2-ого пера		

Таблица 2.2 - Измерение заднего угла

Номер измерения	Диаметр сверла D, мм	Диаметр сверла D _x , на котором производится измерение, мм	Угол поворота сверла при измерении, град	Показание индикатора, мм	tg(α)	Измеренный задний угол α, град.

Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Инструменты и принадлежности к работе.
3. Эскиз сверла.
4. Схемы измерений.
5. Таблица с результатами измерений.
6. Вывод.

Контрольные вопросы к лабораторной работе

1. Назовите элементы режима резания и срезаемого слоя при сверлении.
2. Назовите основные элементы и части сверла.
3. Назовите основные геометрические параметры сверла.
4. Как измерить диаметр сверла и его сердцевины, углы ϕ , 2ϕ , ω , ψ .
5. Каковы устройство и принцип работы микроскопа БМИ.
6. Какие параметры сверла можно контролировать с помощью микроскопа БМИ и как это делать?

Литература

1. Жигалко Н.И., Яцура Е.С. Обработка материалов, станки и инструменты., Мн.: Выш. шк., 1984.
2. Технология обработки конструкционных материалов: Учеб. для машиностр. спец. вузов. П.Г. Петруха, А.И. Марков и др. Под ред. П.Г. Петрухи., М.: Выш. шк., 1991.

Лабораторная работа № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ФРЕЗ

Цель работы: Закрепление сведений об основных частях и элементах различных видов фрез, их геометрических параметрах, элементах режима резания и срезаемого слоя, ознакомление с методами измерения геометрических параметров фрез и приборами, применяемыми для этой цели, приобретение навыков эскизирования цилиндрических и торцевых фрез.

Инструмент и принадлежности к работе

1. Фрезы
2. Прибор ПБ-250
3. Штангенциркуль или микрометр гладкий
4. Угломер Бабчиницира (2УРИ)
5. Индикатор часового типа ИЧ-10

Основные сведения

Фреза – многолезвийный инструмент, применяемый для обработки плоскостей, пазов, шлицев, резьб, фасонных поверхностей, разрезки. Одновременное участие в работе нескольких зубьев обеспечивает высокую производительность обработки. Фреза представляет собой тело вращения, на образующей поверхности которого или на торце имеются режущие зубья. Процессом фрезерования можно получить поверхности по 8-10 квалитетам точности и шероховатость R_a 1,6...6,4 мкм.

Основные конструктивные разновидности фрез показаны на рис. 3.1.

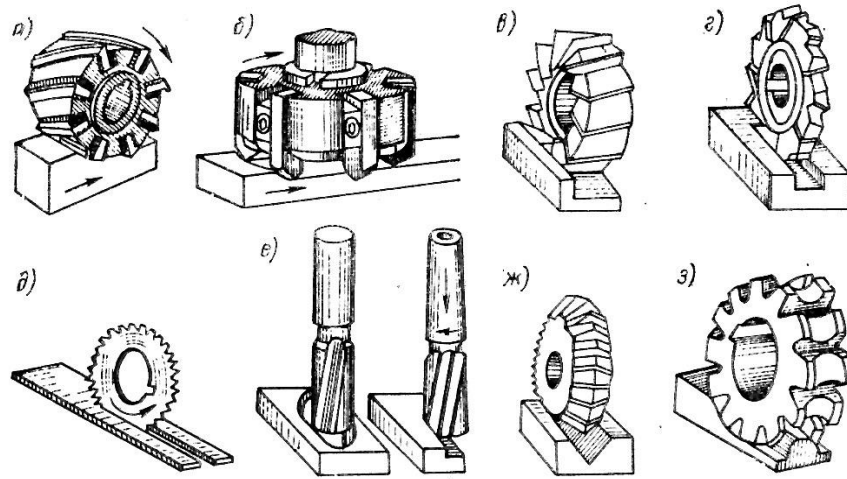


Рис. 3.1. Характерные формы поверхностей, обрабатываемых фрезами: цилиндрическими (а); торцевыми (б); двухсторонними (в); дисковыми (г); прорезными и отрезными (д); концевыми (е); угловыми (ж); фасонными (з).

Фрезы изготовляют с мелким (тип I) и крупным зубом (тип II). При мелком зубе уменьшается объем стружечной канавки и снижается допустимая нагрузка на зуб. Поэтому при черновой обработке применяют фрезы типа II, а фрезы с зубом типа I – для чистовой и получистовой обработки.

Несмотря на многообразие фрез, схема их работы соответствует цилиндрическому или торцевому фрезерованию (рис. 3.2).

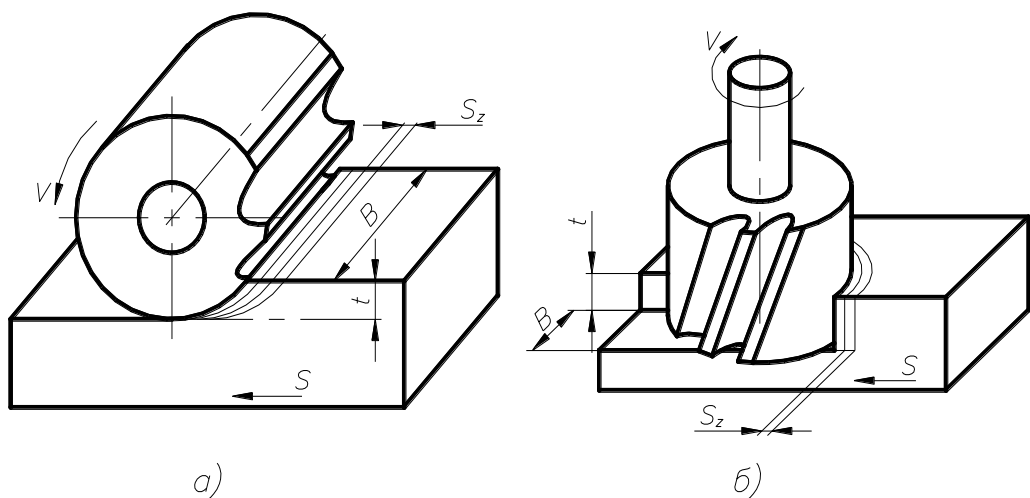


Рис. 3.2. Виды фрезерования: а – цилиндрическое; б – торцевое.

При цилиндрическом фрезеровании ось фрезы параллельна обрабатываемой поверхности, работа производится зубьями, расположенными на цилиндрической поверхности, и кроме зубьев, расположенных на цилиндрической поверхности, работают зубья, имеющиеся на торцевой поверхности.

При торцевом фрезеровании ось фрезы перпендикулярна обрабатываемой поверхности, а режущие кромки расположены и на торце, и на цилиндрической поверхности. Основную работу резания производят режущие кромки на цилиндрической поверхности, режущие же кромки, расположенные на торце, производят зачистку. Шероховатость обработанной поверхности получается меньше, чем при фрезеровании цилиндрическими фрезами.

При обработке цилиндрическими фрезами рассматривается два способа обработки в зависимости от направления движения подачи заготовки:

- встречное фрезерование, когда направление движения режущей кромки фрезы, находящейся в процессе резания, противоположно направлению движения подачи;

- попутное фрезерование, когда направление движения режущей кромки фрезы, находящейся в процессе резания, совпадает с направлением движения подачи.

При встречном фрезеровании нагрузка на зуб возрастает от нуля до максимума, силы, действующие на заготовку, стремятся оторвать её от стола, а стол поднять. Это увеличивает зазоры в системе СПИД (станок - приспособление - инструмент - деталь), вызывает вибрации, ухудшает качество обработанной поверхности. Этот способ хорошо применим для обработки заготовок с коркой, производя резание из-под корки, отрывая её, тем самым значительно облегчая резание. Недостатком такого способа

является большое скольжение лезвия по предварительно обработанной и наклёпанной поверхности. При наличии некоторого округления режущей кромки она не сразу вступает в процесс резания, а поначалу проскальзывает, вызывая большое трение и износ инструмента по задней поверхности. Чем меньше толщина срезаемого слоя, тем больше относительная величина проскальзывания, тем большая часть мощности резания расходуется на вредное трение.

При попутном фрезеровании этого недостатка нет, но зуб начинает работу с наибольшей толщины срезаемого слоя, что вызывает большие ударные нагрузки, однако исключает начальное проскальзывание зуба, уменьшает износ фрезы и шероховатость поверхности. Силы, действующие на заготовку, прижимают её к столу, а стол - к направляющим станины, что уменьшает вибрации и повышает точность обработки.

Классификация фрез

Многообразие выпускаемых промышленностью конструктивных разновидностей фрез можно разделить на следующие типы:

по месту расположения режущих зубьев на корпусе:

- дисковые – односторонние (отрезные), двухсторонние и трехсторонние;
- цилиндрические;
- торцовые;
- концевые;
- фасонные;
- угловые.

по конструкции инструмента:

- цельные, когда зубья выполнены за одно целое с корпусом;
- сборные (со вставными ножами);

- фрезы наборные или комплектные, состоящие из набора нескольких универсальных и специальных фрез, предназначенных для одновременной обработки нескольких поверхностей.

по способу установки на станке:

- хвостовые (с коническим или цилиндрическим хвостовиком);
- насадные, имеющие отверстие под оправку.

по роду материала рабочей части:

- быстрорежущие (зубья изготовлены из сталей Р6М3, Р6М5К5 и др.);

- твёрдосплавные (зубья изготовлены из сплавов ВК8, ВК10, Т14К8);

- алмазные;
- эльборовые.

по направлению вращения:

- праворежущие;
- леворежущие.

по форме режущей кромки:

- прямозубые;
- косозубые;
- с винтовым зубом.

по форме задней поверхности зуба:

- затылованные;
- острозаточенные (остроконечные).

по назначению:

- концевые (рис.3.3);
- угловые;
- прорезные (рис.3.4);
- шпоночные;

- фасонные;
- резьбовые;
- модульные и др.



Рис. 3.3. Концевая фреза с цилиндрическим хвостовиком

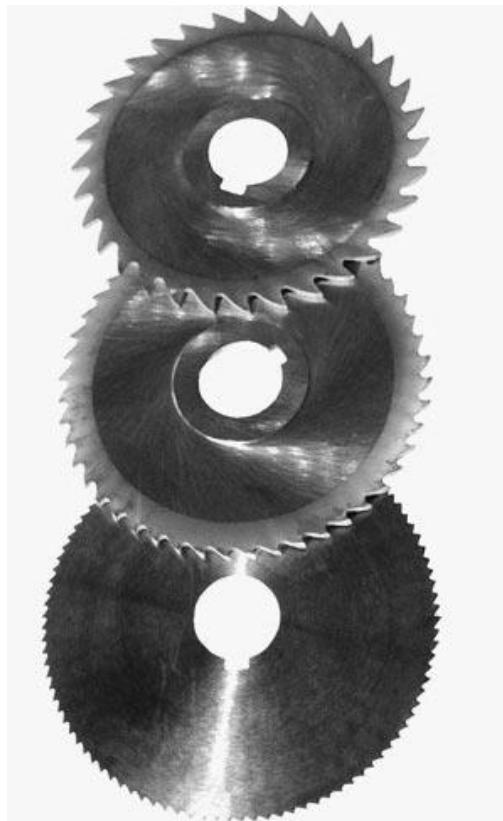


Рис.3.4 Отрезные и прорезные фрезы

Элементы режима резания и срезаемого слоя

Главное движение D_f при фрезеровании – вращательное движение фрезы, *движение подачи* D_s – поступательное или вращательное перемещение заготовки, закрепленной на столе станка.

Скорость резания v – (м/мин) – окружная скорость наиболее удаленной от оси вращения точки режущей кромки фрезы:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000},$$

где D – диаметр фрезы, мм;

n – частота вращения фрезы, об/мин.

Подача S – отношение расстояния, пройденного рассматриваемой точкой режущей кромки или заготовки вдоль траектории этой точки в движении подачи, к соответствующему числу циклов или определённых долей цикла другого движения во время резания или к числу определённых долей цикла этого другого движения.

Различают следующие подачи при фрезеровании:

- подача на один зуб фрезы – S_Z (мм/зуб);
- подача на один оборот фрезы – S_0 (мм/оборот);
- минутная подача – S_M (мм/мин).

Между ними существует соотношение:

$$S_M = S_0 \cdot n = S_Z \cdot z \cdot n,$$

где z – число зубьев фрезы.

Глубина резания t – расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями, измеренная перпендикулярно последней (рис. 3.1).

Ширина фрезерования B – ширина обрабатываемой поверхности в направлении, параллельном оси фрезы. У цилиндрических фрез ширина фрезерования совпадает с шириной обрабатываемой заготовки, у дисковых фрез – с шириной паза, у торцевых и концевых фрез – с глубиной срезаемого слоя.

Геометрические параметры цилиндрической фрезы

Цилиндрическая фреза представляет собой цилиндрическое тело, на поверхности которого в продольном направлении прорезаны канавки для размещения стружки. Пересечение канавки с цилиндрической

поверхностью образует режущие кромки. Для плавной работы фрезы и для увеличения числа одновременно работающих зубьев стружечные канавки делают винтовыми. На каждом ее зубе имеется одна режущая кромка. Часть стружечной канавки у режущей кромки является передней поверхностью, а поверхность цилиндра – задней. Зуб фрезы может быть остроконечным (острозаточенным) или затылованным (рис. 3.5).

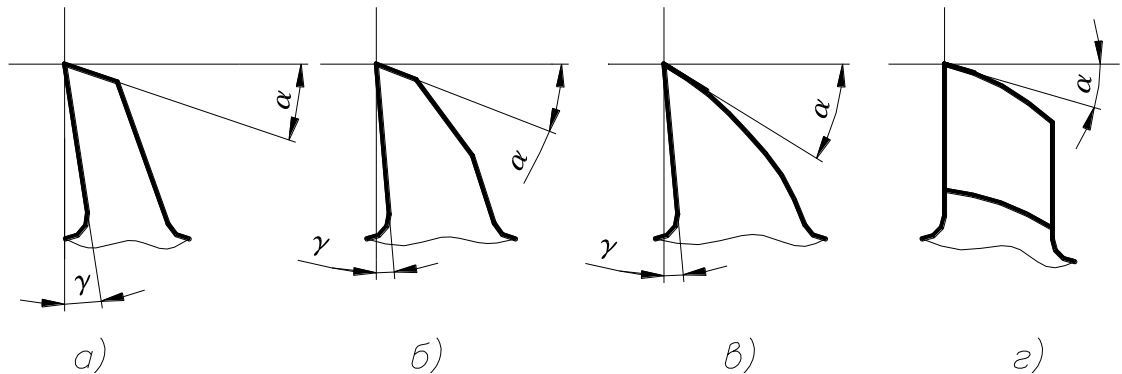


Рис. 3.5. Формы зубьев фрезы:

а, б, в – остроконечная; г – затылованная

Острозаточенные зубья фрез перетачиваются по задней поверхности. Спинка зуба может быть выполнена по прямой (рис. 3.5,а), ломаной (рис. 3.5,б) или параболе (рис. 3.5,в).

Каждый режущий зуб имеет такие же элементы и углы, как и токарный резец.

Главный передний угол γ – угол между передней поверхностью и основной плоскостью, проходящей через ось фрезы и рассматриваемую точку режущей кромки (рис. 3.6).

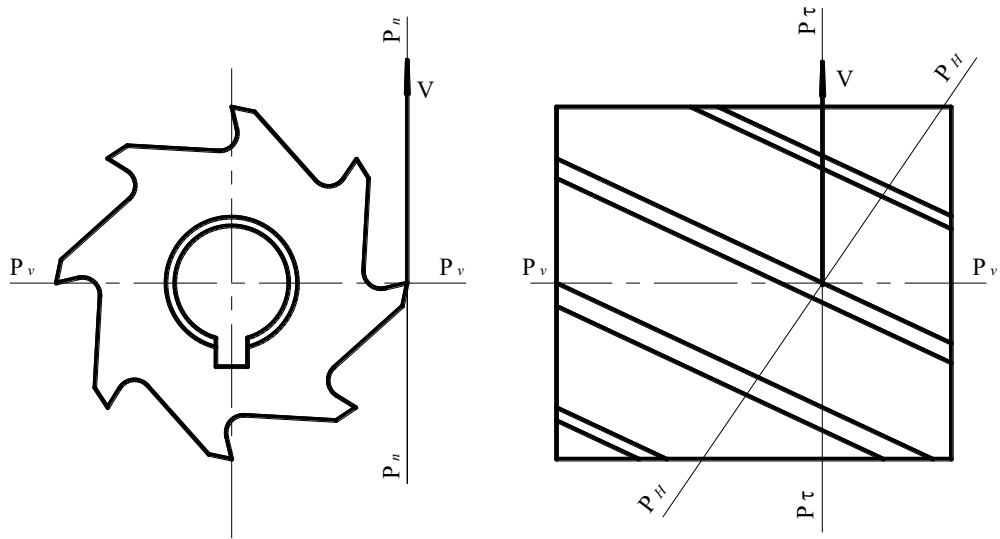


Рис. 3.6. Координатные плоскости при фрезеровании

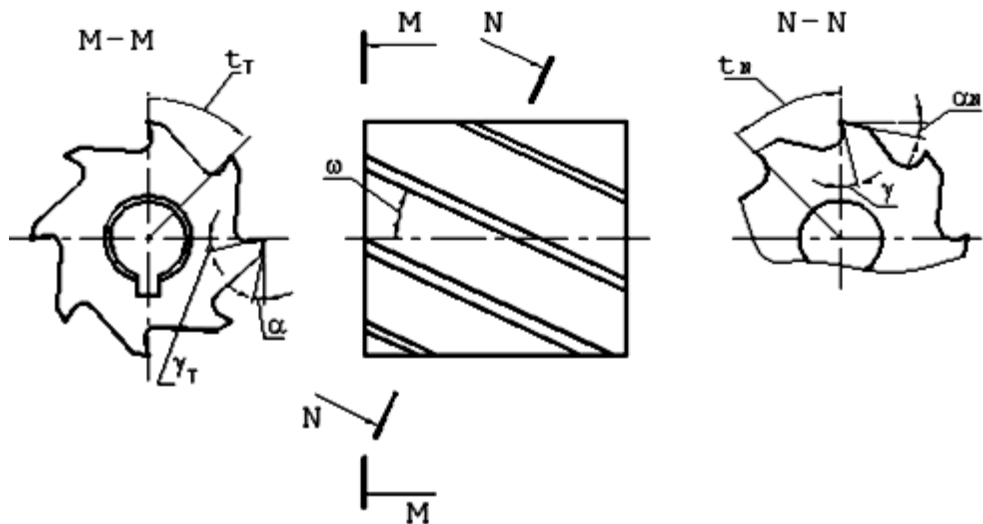


Рис. 3.7. Геометрические параметры режущей части цилиндрической фрезы

Этот угол обеспечивает сход стружки по передней поверхности и измеряется в плоскости, перпендикулярной режущей кромке (N-N). В этой же плоскости измеряют задний угол α_N .

Главный задний угол α – угол между касательной к задней поверхности фрезы и плоскостью резания. Траектория движения рассматриваемой точки режущей кромки, определяющая положение плоскости резания, принимается за дугу окружности, поэтому главный угол измеряется в плоскости, перпендикулярной к оси фрезы (M-M). В этой же плоскости же измеряется передний угол γ . Если фреза с

винтовыми зубьями, то режущие кромки являются винтовыми линиями. Угол их наклона к оси фрезы называют углом наклона винтовой канавки ω .

У фрез также рассматривают:

Окружной шаг фрезы t_r в торцовой плоскости (длина дуги по торцу фрезы между двумя соседними зубьями):

$$t_r = \frac{\pi \cdot D}{z},$$

где D – диаметр фрезы; z – число зубьев фрезы.

Шаг зубьев фрезы в нормальном сечении:

$$t_N = t_r \cdot \cos \varphi,$$

где φ – главный угол в плане.

Геометрические параметры торцевой фрезы

У торцевых фрез зубья подобны проходным резцам. В резании кроме главной участвует вспомогательная режущая кромка. Зуб фрезы имеет углы в плане φ , φ_1 , ε .

Главный угол в плане φ – угол между плоскостью резания и рабочей плоскостью.

Вспомогательный угол в плане φ_1 – угол между проекцией вспомогательной (торцевой) режущей кромки на основную плоскость и рабочей плоскостью.

У вершины каждого зуба для упрочнения и улучшения условий теплоотвода затачивают переходную режущую кромку под углом

$$\varphi_0 = \frac{\varphi}{2}.$$

Главный передний угол γ измеряется в плоскости схода стружки, условно принимаемой в направлении, перпендикулярном к режущей

кромке (N-N). Это угол между касательной к передней поверхности зуба фрезы и основной плоскостью (рис. 3.5).

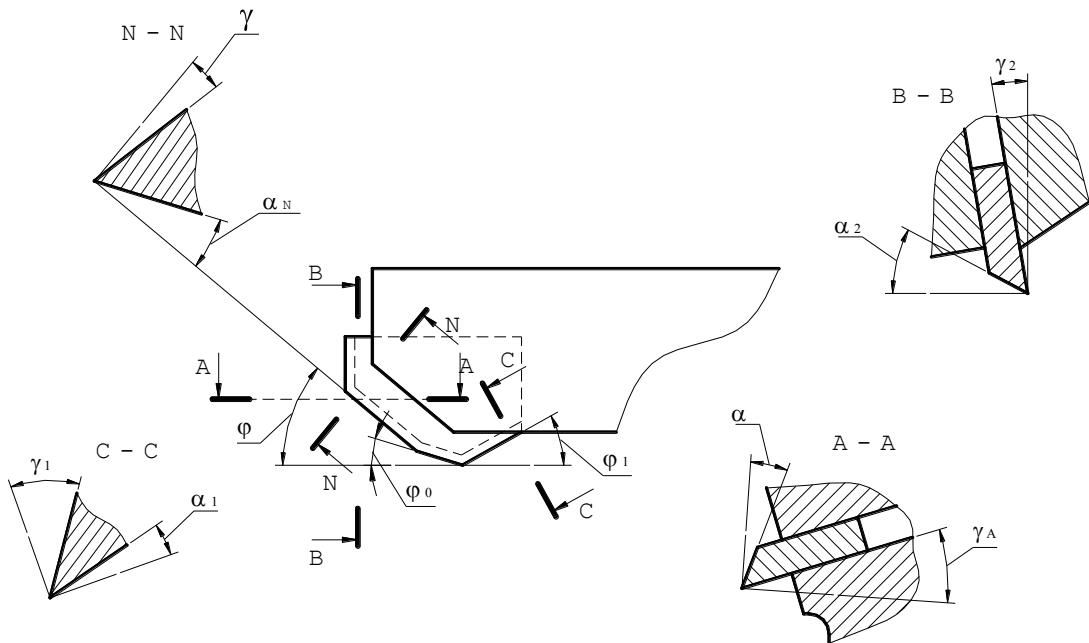


Рис. 3.5. Геометрические параметры режущей части торцевой фрезы

Главный задний угол α измеряется в плоскости, в которой лежит траектория движения точки режущей кромки, то есть в плоскости перпендикулярной к оси фрезы (A-A) и совпадающей с направлением подачи.

Задний угол α – угол между касательной к задней поверхности зуба фрезы и плоскостью резания.

В главной секущей плоскости N-N измеряют **нормальный задний угол α_N** :

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \varphi .$$

У торцовых фрез рассматривают также поперечный передний угол γ_A в плоскости A-A и продольный передний и задний угол фрезы в секущей плоскости B-B, параллельной оси фрезы (γ_2, α_2). Между углами, измеряемыми в различных плоскостях, существует следующая зависимость:

$$\operatorname{tg} \gamma = \operatorname{tg} \gamma_1 \cdot \sin \varphi + \operatorname{tg} \gamma_2 \cdot \cos \varphi .$$

В сечении С-С измеряется вспомогательный задний угол α_1 . Основными геометрическими параметрами фрез являются: главный передний угол γ , равный для большинства фрез, изготовленных из быстрорежущей стали, $+15^\circ$, а для твердосплавных фрез от -15° до $+15^\circ$; главный задний угол α , равный для фрез с мелким зубом, изготовленных из быстрорежущей стали, $14 - 20^\circ$, с крупным зубом $-12 - 14^\circ$, а для твердосплавных фрез $-8 - 15^\circ$; вспомогательный задний угол α_1 , равный для большинства фрез $5 - 8^\circ$; главный угол в плане φ , равный 90° для концевых и торцевых фрез с угловыми кромками $-45, 60, 75^\circ$; угол в плане φ_0 переходной кромки, обычно равный половине угла φ ; вспомогательный угол в плане φ_1 , величина которого обычно не превышает $2 - 5^\circ$, причем на зубьях часто делается участок с φ_1 , равным 0° ; угол наклона зубьев ω , величина которого для концевых фрез обычно составляет $30 - 45^\circ$, для торцевых $-25 - 40^\circ$, для цилиндрических $-30 - 60^\circ$.

На эксплуатационные показатели фрез большое влияние оказывают условия окончательного формообразования поверхностей их режущих зубьев, которое выполняется затачиванием. Для восстановления режущих свойств применяют шлифовальные круги. Обработке подвергаются передние и задние поверхности зубьев, расположенные как на цилиндре, так и на торце фрезы.

Биение режущих кромок не должно превышать величин, приведенных в табл. 3.1. Кроме биения зубьев для цилиндрических фрез устанавливают допуск цилиндричности наружного диаметра, равный $0,02$ мм для фрез длиной до 50 мм и $0,03$ мм – для фрез длиной более 50 мм. Для торцевых и трехсторонних фрез отклонение от цилиндричности наружного диаметра не должно превышать $0,04$ мм по всей ширине фрезы.

Таблица 3.1- Допустимые значения биения режущих кромок фрезы

Тип фрезы	Диаметр фрезы, мм	Радиальное биение двух смежных зубьев, мм	Радиальное биение двух противоположных зубьев, мм	Торцовое биение, мм
Цилиндрическая цельная	От 40 до 100	0,03	0,06	–
Концевая цельная	До 16	0,03	0,06	0,03
	Св. 16	0,03	0,06	0,04
Торцовая насадная	До 80	0,03	0,05	0,03
Торцовая цельная	Св. 80	0,035	0,06	0,04
Трёхсторонняя дисковая цельная	До 63	0,025	0,04	0,03
	Св. 63	0,03	0,05	0,04
Торцовая и трёхсторонняя насадная со вставными ножами из быстрорежущей стали	До 100	0,05	0,1	0,04
	Св. 100	–	–	–
	До 200	0,06	0,12	0,05
	Св. 200	0,08	0,15	0,06
Торцовая насадная со вставными ножами, оснащёнными твёрдым сплавом	До 160	0,04	0,08	0,05
	От 160 до 250	0,05	0,1	0,06
	От 250 до 400	0,06	0,12	0,08
Трёхсторонняя дисковая со вставными ножами, оснащёнными твёрдым сплавом	До 200	0,04	0,08	0,05
	Св. 200	0,05	0,1	0,06

Методы и средства измерения параметров фрез

Диаметр и длина фрезы измеряется штангенциркулем, и в редких случаях микрометром. Передний и задний углы измеряются угломером Бабчиницира (2УРИ). Если поверхности инструмента криволинейные или его углы имеют малую величину, то угломеры не обеспечивают

необходимую точность измерения. В таком случае пользуются методом координат.

Для этого фрезу закрепляют в центрах приспособления. Точка C , лежащая на режущей кромке должна находиться на оси центров O (рис. 3.6). В эту точку кромки устанавливают ножки двух индикаторов под углом в 90 градусов вертикально и горизонтально. Индикаторы должны быть установлены с натягом $2...3$ мм. При перемещении державки с индикатором в радиальном направлении, как показано стрелкой на рис. 3.6,а, индикатор 1 займет положение $1'$ и покажет численное значение пройденного пути l , а индикатор 2 переместившись, займет положение $2'$. Он покажет вертикальное перемещение ножки на величину h . Зная эти величины можно определить угол γ :

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{h}{L}.$$

Величина перемещения индикаторов в радиальном направлении должна составлять примерно $2...3$ мм.

Схема измерения заднего угла показана на рис.3.6, б.

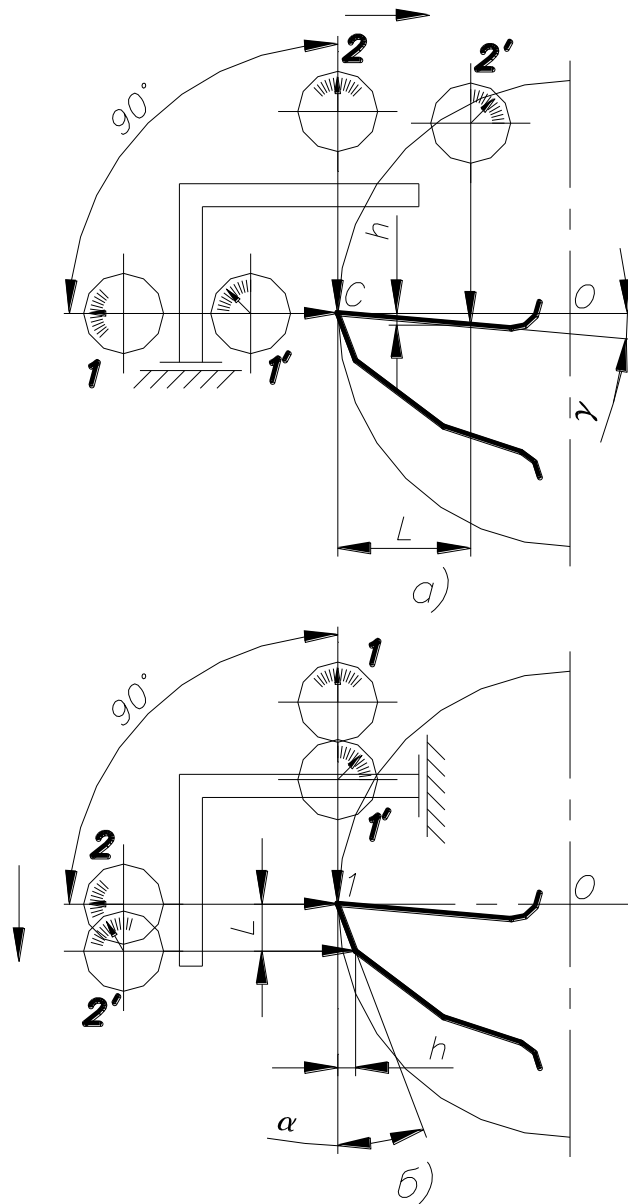


Рис. 3.6. Схема измерения углов фрезы методом координат:

а – переднего угла; б – заднего угла.

Оправка с индикаторами перемещается вниз вертикально на 2...3 мм. Индикатор I покажет величину этого перемещения, а индикатор 2 – падение затылка зуба фрезы. Угол α можно определить по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{L}.$$

При измерении угла наклона винтовой режущей кромки ω и угла наклона режущей кромки λ , индикаторы перемещаются по длине измеряемой режущей кромки.

Устройство и принцип работы угломера типа 2УРИ.

Измерение переднего и заднего углов фрезы осуществляют угломером Бабчиницира (2УРИ).

Прибор типа 2УРИ предназначен для измерения переднего и заднего углов многолезвийного режущего инструмента с прямолинейными зубьями, с равномерным шагом от 5 до 75 мм и с прямолинейным участком по передней и задней граням не менее 1 мм.

Таблица 3.1 - Технические характеристики угломера типа 2УРИ

1.	Цена деления:	1°
2.	Диапазон измерения углов: Передних Задних	0 – 25° 0 – 35°
3.	Основная погрешность показаний, не более	±20'
4.	Габаритные размеры, мм	132×68×13
5.	Масса, кг	0,17

Прибор (рис. 3.7) имеет сектор 1 со шкалой передних и задних углов, который может перемещаться по дуге 2 со шкалой чисел зубьев и закрепляться в требуемом положении прижимом 3. Под прижимом расположена пружинная шайба, с помощью которой регулируется сила прижима сектора к дуге.

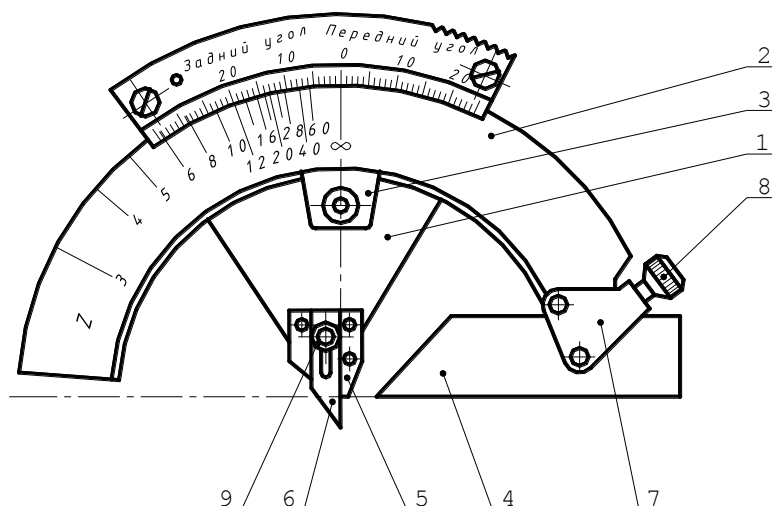


Рис. 3.7. Общий вид угломера Бабчиницира (2УРИ)

1 - сектор со шкалой передних и задних углов; 2 - дуга со шкалой чисел зубьев; 3 – прижим; 4 – линейка; 5 – планка; 6 – нож; 7 – хомутик; 8, 9 – винты.

На шкале углов нанесены штрихи для отсчета передних углов в пределах 0 – 25° и задних – в пределах 0 – 35°.

На шкале чисел зубьев, среди оцифрованных штрихов имеются три не оцифрованных, соответствующие 14, 18 и 24 зубьям, и штрих со знаком ∞ , используемый при контроле цилиндрических фрез с числом зубьев более 60, протяжек, торцевых зубьев фрез и т.п.

По правому торцу дуги перемещается линейка 4, удерживаемая от выпадения хомутиком 7. Линейка закрепляется в требуемом положении винтом 8 в зависимости от шага зубьев измеряемого инструмента.

По пазу планки 5, закрепленной в секторе, перемещается нож 6, установленный на определенную высоту в зависимости от высоты зубьев измеряемого инструмента и закрепляемый винтом 9.

Приведём схемы измерений заднего (рис.3.8) и переднего (рис.3.9) углов фрезы, посредством угломера 2УРИ. Угломер накладывают на режущие кромки двух соседних зубьев так, чтобы режущая кромка измеряемого зуба упиралась в вершину угла, составленного измерительной плоскостью ножа 6 и планки 5, линейка 4 касалась смежного зуба, а торцовая часть прибора лежала бы в плоскости измерения угла (в

плоскости перпендикулярной режущей кромке или в плоскости перпендикулярной оси фрезы). При измерении заднего угла α сектор 1 поворачивают до совмещения измерительной планки 5 с задней поверхностью зуба фрезы (рис.3.8). Далее отсчитывают по градусной шкале сектора 1 значение заднего угла α : оно соответствует дуге между значением 0 на градусной шкале и одним из штрихов на шкале дуги 2, соответствующим числу зубьев фрезы Z . Например, для 28 зубьев фрезы задний угол $\alpha = 24^\circ$.

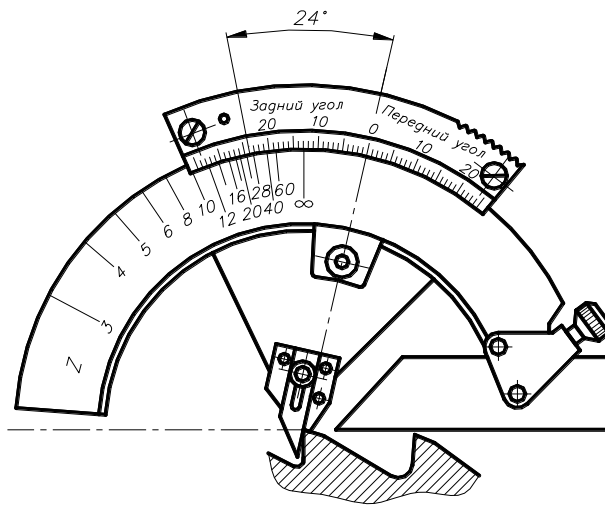


Рис. 3.8. Схема измерения заднего угла фрезы

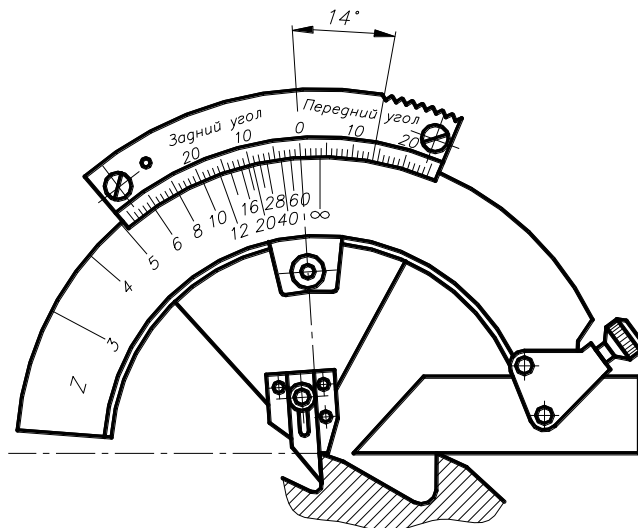


Рис. 3.9. Схема измерения переднего угла фрезы

При измерении переднего угла γ сектор 1 поворачивают до совмещения измерительного ножа 6 с передней поверхностью зуба фрезы (рис.3.9), и по градусной шкале сектора 1 отсчитывают значение заднего угла α : оно соответствует дуге между значением 0 на градусной шкале и одним из штрихов на шкале дуги 2, соответствующим числу зубьев фрезы Z . Например, для фрезы с 18 зубьями передний угол равен 14° .

Для определения значения радиального и торцового биения режущих кромок зубьев фрезы, необходимо измерить отклонения по каждому зубу. Для этого, фреза одевается на оправку и устанавливается в центра прибора ПБ-250. Индикатор, установленный в стойку, подводится к зубу, принятому за первый и устанавливается на нуль. Вращая фрезу, производят измерения отклонения по каждому зубу в радиальном, а затем и в торцовом направлении (рис. 3.10 и рис.3.11)

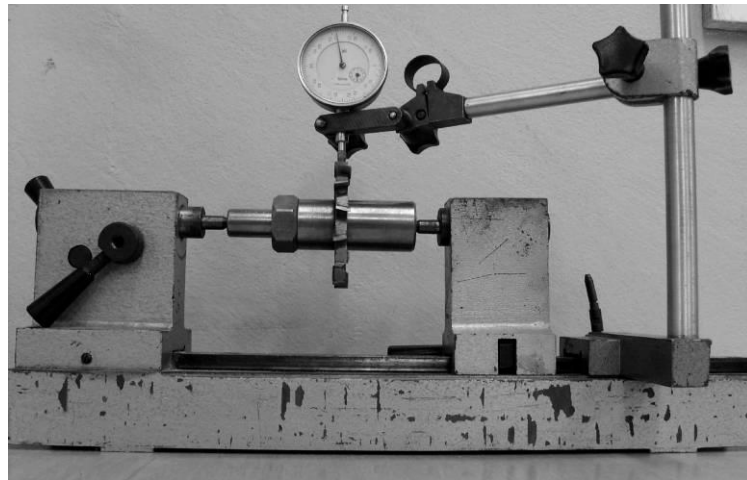


Рис.3.10. Прибор ПБ-250. Измерение радиального биения фрезы

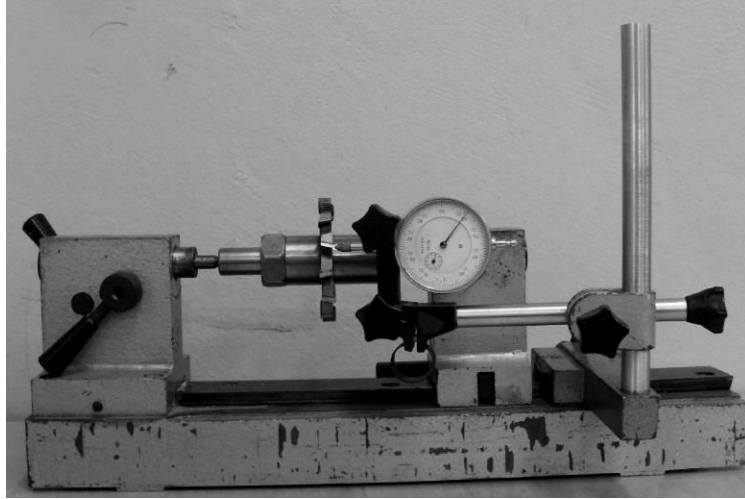


Рис.3.11. Прибор ПБ-250. Измерение торцового биения фрезы

Порядок выполнения работы

1. Изучить инструкцию по технике безопасности и инструкцию по выполнению лабораторной работы.
2. Получить у инженера или преподавателя методические материалы, фрезы и измерительный инструмент.
3. По плакатам, планшетам с натурными образцами и другим методическим материалам ознакомиться с назначением, технологическими возможностями, конструкцией и геометрией фрез.
4. Изучить конструкцию выданной фрезы.
5. Разработать схемы измерений геометрических параметров режущей части фрезы.
6. Измерить линейные размеры и геометрические параметры фрезы.
7. Измерить биение режущих кромок фрезы.
8. Дать заключение о годности фрезы по радиальному и торцовому биению режущих кромок (сравнить с допустимой величиной, приведенной в таблице 3.1).
9. Результаты измерений занести в таблицы 3.2, 3.3.
10. Составить эскизы фрезы с необходимыми сечениями и дать условные буквенные обозначения частей, конструктивных элементов и

№ зубьев	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7
Радиальное биение двух смежных зубьев, мм								

№ зубьев	1-8	2-9	3-10	4-11	5-12	...	7-14
Радиальное биение двух противоположных зубьев, мм (на примере фрезы с 14 зубьями)							

Таблица 3.6 – Результаты измерения торцового биения режущих кромок зубьев фрезы

№ зуба	1	2	3	4	5	6	...	n
Величина отклонения, мм								
Торцовое биение, мм								

Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Инструменты и принадлежности к работе.
3. Эскиз фрезы в проекциях с необходимыми сечениями, на которых указаны линейные размеры и обозначены все углы фрезы.
4. Схемы измерения геометрических параметров фрезы.
5. Таблицы с результатами измерений геометрических параметров режущей части фрезы и биения режущих кромок.
6. Вывод.

Контрольные вопросы к лабораторной работе

1. Назовите виды фрезерования.
2. Назовите типы фрез, их назначение и область применения.
3. Какие инструментальные материалы применяются для изготовления фрез?
4. Назовите элементы режима резания при фрезеровании.
5. Что относится к геометрическим параметрам фрез?
6. Устройство и принцип работы угломера Бабчиницира (2УРИ).
7. Методика измерения радиального и торцового биений режущих кромок фрез.

Литература

1. Жигалко Н.И., Яцура Е.С. Обработка материалов, станки и инструменты. –Мн.: Выш. шк., 1984, стр. 183-192.
2. Резание конструкционных материалов, режущие инструменты и станки. Под ред. проф. П.Г. Петрухи. М., «Машиностроение», 1974.
3. Режущий инструмент: Лаб. практикум: учеб пособие / В.И. Шагун и др; под общ. Ред. В.И. Шагуна. – Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2004, стр. 61-76.

Лабораторная работа №4

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПРОТЯЖЕК

Цель работы: Закрепление сведений о назначении, применении и конструкции протяжек, ознакомление с методами измерения геометрических параметров протяжек и приборами, применяемыми для этой цели, приобретение навыков эскизирования протяжек.

Инструмент и принадлежности к работе

1. Протяжка круглая
2. Протяжка шпоночная
3. Угломер маятниковый
4. Угломер Бабчиницира (2УРИ)
5. Прибор ПБ-250
6. Набор призм
7. Штангенциркуль
8. Линейка измерительная

Основные сведения

Обработка металлов протягиванием

Протягивание является технологическим способом обработки металлов резанием с помощью специальных инструментов - протяжек, прошивок и протяжных блоков.

Протяжка – многозубый инструмент с рядом последовательно выступающих друг над другом зубьев в направлении, перпендикулярном скорости главного движения резания.

Протяжки и прошивки широко используются в массовом и серийном производстве при обработке сквозных отверстий и наружных поверхностей.

Протягивание и прошивание являются высокопроизводительными методами обработки поверхностей деталей разнообразных форм, при этом достигается 7...9 квалитет точности с шероховатостью обработанной поверхности Ra до 0,63...0,20 мкм. Высокая производительность при протягивании и прошивании достигается одновременной работой нескольких режущих зубьев при большом суммарном периметре резания. Процесс прошивания имеет значительно меньшее распространение в сравнении с процессом протягивания.

Протягивание представляет собой напряженный процесс деформирования материала в условиях несвободного, стесненного резания. В процессе протягивания возникают большие пластические деформации, а также интенсивные адгезионные и диффузионные явления. Все это приводит к снижению точности обработки и к ухудшению качества обрабатываемой поверхности.

Окончательное формирование протянутой поверхности может осуществляться путем срезания тонкой стружки или методом пластической деформации, т.е. протяжки могут иметь как режущие, так и выглаживающие зубья.

С помощью протяжек можно обрабатывать внутренние и наружные поверхности различной формы. При протягивании движение подачи отсутствует, а главное движение резания может быть поступательным или вращательным.

Разновидностью протяжек являются прошивки, которые по конструкции принципиально не отличаются от протяжек, но в отличие от последних работают не на растяжение, а на сжатие.

Схема работы круглой протяжки показана на рис. 4.8, а, а схема работы прошивки – на рис. 4.8, б.

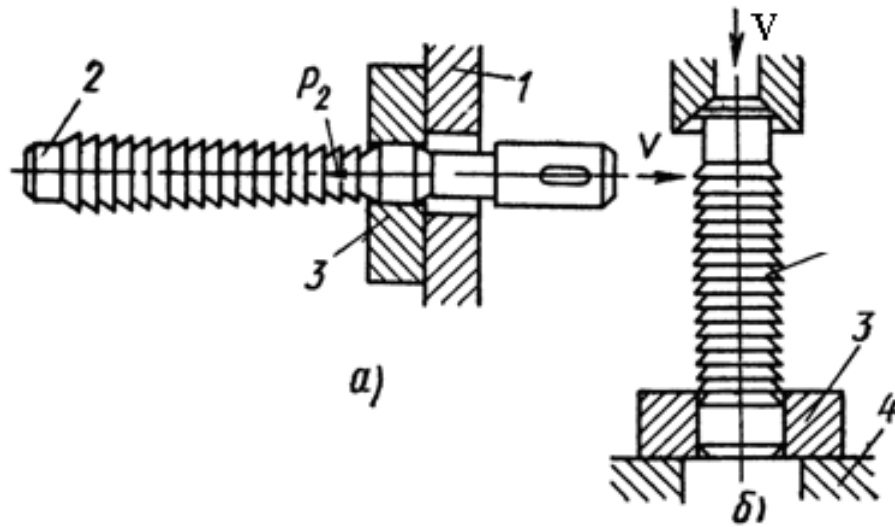


Рис. 4.8. Схема работы протяжки (а) и прошивки (б)

В отличие от протягивания при прошивании инструмент – прошивка проталкивается через отверстие, работая на сжатие.

При протягивании заготовка 3 своей торцевой частью опирается на стенку станка 1 и остается неподвижной, протяжка 2 совершает поступательное перемещение, которое является главным движением (рис. 4.8, а). При прошивании заготовка 3 своей опорной частью опирается на стол прессы 4, а прошивка 5 под действием прессы перемещается вертикально (рис. 4.8, б). В одном и другом случаях поступательные движения инструмента являются главными движениями, а скорость движения есть скорость резания (м/мин).

Припуск на диаметр, снимаемый протяжкой:

$$\delta = D - D_0 \quad (4.5)$$

где D – окончательный диаметр обрабатываемого отверстия;

D_0 – наименьший диаметр предварительного отверстия.

Величину припуска при круглом протягивании выбирают в пределах 0,4 – 1,6 мм при черновом протягивании и 0,2– 1,0 мм при чистовом протягивании.

Подъем на зуб (толщина стружки) представляет собой величину, на которую постепенно увеличивается каждый последующий режущий зуб в сравнении с предыдущим. Величину подъема на зуб выбирают в зависимости от обрабатываемого материала и выдерживают одинаковой для всех режущих зубьев, за исключением нескольких (трех – четырех) последних, которые называются зачищающими. У зачищающих зубьев подъем на зуб постепенно уменьшается, так, чтобы его значение для последнего зачищающего зуба не превышало 0,01 – 0,02 мм. Последний зачищающий зуб обеспечивает заданную точность обработки и качество поверхности.

По сравнению с другими способами механической обработки протягивание имеет ряд преимуществ:

1) одновременное участие в работе нескольких зубьев обеспечивает большую величину минутной подачи в процессе протягивания. При этом, несмотря на низкую скорость рабочего движения $v = 2...12$ м/мин (по чугуны твердосплавные протяжки имеют $v = 40...50$ м/мин), относительная скорость снятия припуска получается выше, чем у других инструментов, что определяет высокую производительность процесса протягивания;

2) точность обработки достигает 7-9 квалитетов;

3) высокое качество обрабатываемых поверхностей (Ra до 0,63-0,20 мкм);

4) значительная стойкость протяжек;

5) возможность устранения брака;

6) возможность использования рабочих низкой квалификации;

7) сокращение расходов на эксплуатацию инструмента.

Высокая стоимость инструмента и его сложность определяют и область применения протяжек – массовое и крупносерийное производство. Однако применение протяжек дает значительный эффект на предприятиях с мелкосерийным и даже единичным производством, если размеры и

формы обрабатываемых поверхностей нормализованы, а также в случаях, когда протягивание – единственно возможный или наиболее экономичный способ обработки.

Различают следующие виды протягивания:

- внутреннее и наружное;
- горизонтальное и вертикальное;
- прерывистое и непрерывное;
- специальные виды протягивания.

При внутреннем протягивании обработке подвергаются детали с внутренним замкнутым контуром – отверстия цилиндрические, шлицевые, шпоночные, многогранные и др. (рис. 4.1), при наружном протягивании обработке подвергаются детали с незамкнутым контуром.

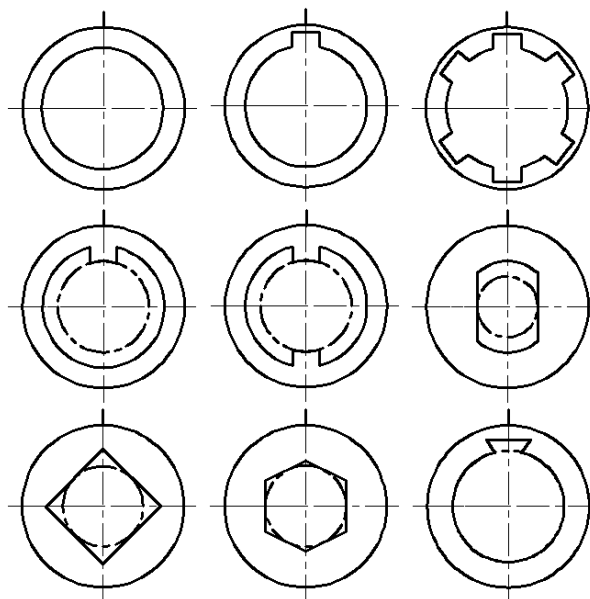


Рис. 4.1. Профили деталей, обрабатываемых внутренним протягиванием

Горизонтальное и вертикальное протягивание обусловлено конструкцией протяжных станков. Обычные протяжные станки (вертикальные и горизонтальные) работают по *прерывистой схеме*, т. е. после обработки каждой детали приходится останавливать станок для смены заготовок. Для повышения производительности применяют *непрерывное протягивание*, при котором благодаря наличию

специальных устройств и специальных конструкций инструмента смена заготовок производится по мере их обработки без остановки станка.

Прямое поступательное движение всегда является рабочим ходом; возвратное движение – холостым ходом.

К специальным видам относится протягивание внутренних и наружных поверхностей тел вращения дисковыми протяжками, работающими с круговым движением, протягивание специальными протяжками зубчатых колес и др.

Классификация протяжек

Протяжки можно классифицировать по следующим признакам:

- По назначению;
- По конструктивному исполнению;
- По направлению лезвий;
- По материалу режущей части;
- По применяемой схеме срезания припуска;
- По числу протяжек в комплекте.

По назначению различают следующие виды протяжек:

- для обработки внутренних поверхностей (отверстий);
- для обработки наружных поверхностей.

Протяжки для обработки внутренних поверхностей бывают:

- круглые – для обработки круглых отверстий;
- шлицевые – для обработки шлицевых отверстий с любым

типом шлицев: прямых и винтовых шлицевых канавок в отверстиях деталей с прямобочным (плоским) и эвольвентным профилем;

- шпоночные – для обработки шпоночных пазов и пазов вообще;
- гранные – для многогранных отверстий;
- протяжки для обработки винтовых канавок.

Протяжки для обработки наружных поверхностей подразделяются по профилю обрабатываемой поверхности на:

- плоские;
- ступенчатые;
- угловые;
- пазовые;
- дуговые;
- фасонные и др.

За последние годы получили распространение протяжки для обработки зубчатых колес, протягивания цилиндрических поверхностей валов, наружных шлицев разного профиля на валах, канавок в форме ласточкина хвоста, Т-образных пазов, елочных профилей и др. (рис. 4.2).

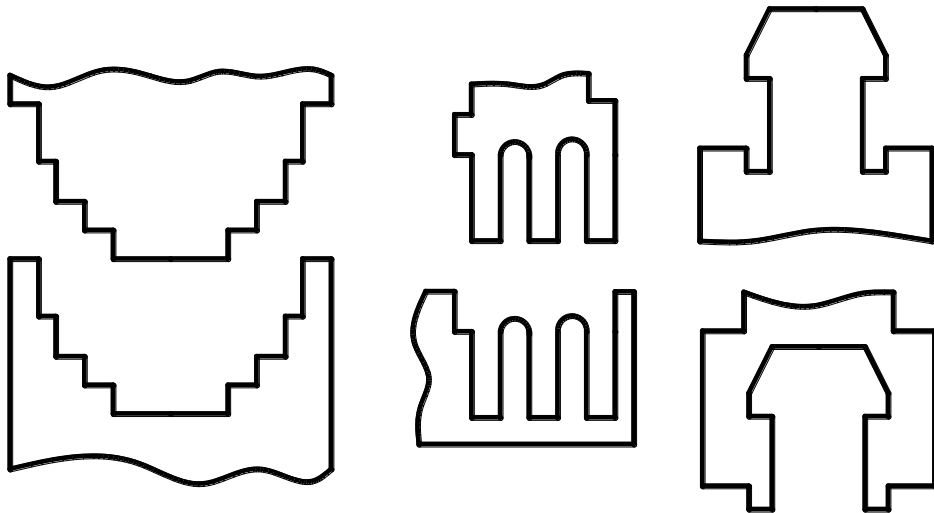


Рис. 4.2. Сложнопрофильные поверхности, обрабатываемые протягиванием

По конструктивному исполнению:

- цельные;
- сборные (составные).

По направлению лезвий относительно скорости главного движения резания различают протяжки:

- с кольцевыми и винтовыми зубьями (для внутреннего протягивания);
- с прямыми и наклонными зубьями (для наружного протягивания, плоские и шпоночные).

По материалу режущей части различают протяжки из:

- быстрорежущей стали (Р6М5, Р9Ф5, Р9М4К8 и др.);
- твердых сплавов.

По применяемой схеме срезания припуска различают протяжки с:

- профильной (или обыкновенной);
- прогрессивной (или групповой);
- генераторной (или ступенчатой) схемами резания.

По числу протяжек в комплекте различают протяжки:

- однопроходные;
- многопроходные (комплектные).

Конструкция протяжек

Несмотря на многообразие протяжек для обработки внутренних поверхностей их разновидности имеют те же конструктивные и геометрические параметры, что и протяжки для обработки цилиндрических отверстий. Общий вид протяжки переменного сечения по ГОСТ 20365 для обработки цилиндрического отверстия показан на рис. 4.3.

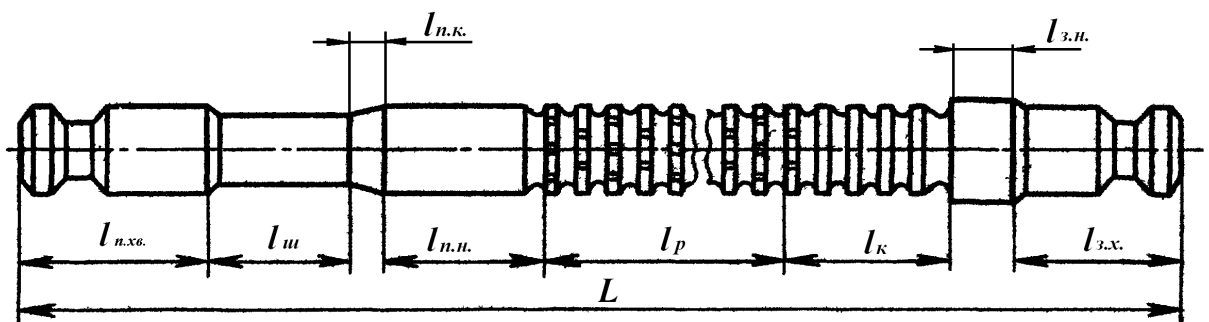


Рис. 4.3. Конструктивные элементы круглой протяжки: $l_{п.хв.}$ - передний хвостовик (передняя замковая часть); $l_{ш}$ - шейка; $l_{п.к.}$ - переходной конус; $l_{п.н.}$ - передняя направляющая часть; l_p - режущая часть; l_k - калибрующая часть; $l_{з.н.}$ - задняя направляющая часть; $l_{з.х.}$ - задний хвостовик (задняя замковая часть)

Передний хвостовик $l_{п.хв.}$ служит для закрепления протяжки в патроне протяжного станка и передачи усилий от станка на рабочую часть

протяжки. Формы и размеры хвостовиков протяжек нормализованы (рис. 4.4):

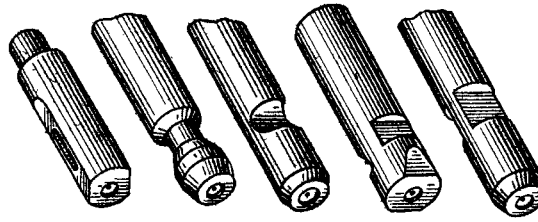


Рис. 4.4. Формы хвостовиков протяжек

Шейка $l_{ш}$ служит для соединения передней замковой части с передней направляющей частью.

Передняя направляющая часть $l_{н.н.}$ вместе с направляющим (переходным) конусом $l_{н.к.}$ предназначена для установки и центровки обрабатываемой детали на протяжке перед протягиванием. Она обеспечивает плавный, без перекосов, переход детали на режущую часть протяжки.

Номинальные размеры диаметров передней направляющей части и предварительно подготовленного отверстия одинаковы, а зазор обеспечивается выбором посадок.

Режущая часть l_p протяжки состоит из обдирочных, переходных и чистовых зубьев, которые, начиная со второго зуба, постепенно увеличивают свой размер с подъемом на зуб:

$$a = \frac{\Delta D}{2}, \quad (4.1)$$

где

$$\Delta D = D_I - D_{I-1} \quad (4.2)$$

Режущая часть производит всю работу по срезанию припуска. Профили режущих кромок и поперечные размеры зубьев режущей части постепенно изменяются: первый зуб соответствует размерам предварительного отверстия, последний – форме и размерам готового отверстия. промежуточные режущие зубья последовательно

увеличиваются в размерах, благодаря чему при протягивании осуществляется срезание зубьями припуска без движения подачи.

Калибрующая часть l_k протяжки также имеет зубья, но в меньшем количестве; их размеры и форма одинаковы и соответствуют форме и размерам готового отверстия. Поэтому калибрующая часть гарантирует получение размеров готового отверстия и пополняет режущие зубья, выходящие из строя от износа, при переточках (первый калибрующий зуб становится последним режущим и т.д.).

Задняя направляющая $l_{з.н.}$ препятствует перекосу детали на протяжке и повреждению обработанной поверхности детали в момент выхода из отверстия последних калибрующих зубьев.

Задний хвостовик $l_{з.хв.}$ служит для соединения протяжки через патрон с кареткой обратного хода станка и выполняется только для автоматического или полуавтоматического протягивания, когда протяжка возвращается в исходное положение посредством каретки обратного хода.

Геометрические параметры режущей части

Геометрические параметры зубьев протяжки и размеры среза покажем на примере шпоночной протяжки (рис. 4.5).

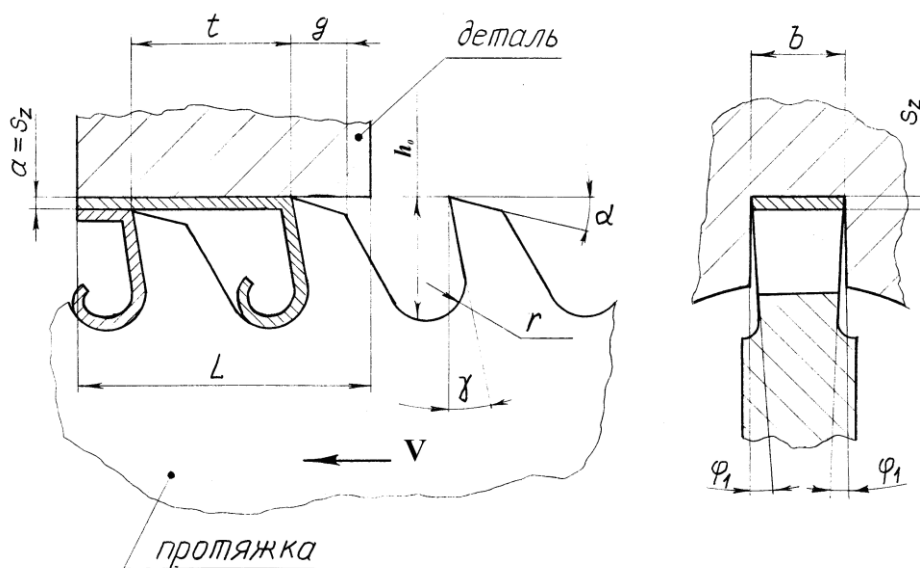


Рис. 4.5. Геометрические параметры зубьев шпоночной протяжки и размеры среза при протягивании

Размеры зубьев протяжки характеризуются следующими величинами:

t - осевой шаг (измеряется параллельно оси протяжки);

h_0 - глубина стружечной канавки;

g - ширина задней поверхности;

r - радиус закругления дна стружечной канавки;

b - ширина зуба (ширина среза);

γ и α - передний и задний углы;

φ_1 - вспомогательный угол (угол поднутрения) выполняется на зубьях шпоночных и шлицевых протяжек.

Величины углов γ зависят от обрабатываемого материала и типа протяжки и изменяются в пределах $\gamma = 5 \dots 20^\circ$. Меньшее значение γ следует выбирать для обработки чугуна; для углеродистых и малолегированных сталей принимается $\gamma = 20^\circ$.

У протяжек с односторонним расположением зубьев и свободным направлением в отверстии γ не делают больше 15° во избежание «подхватывания» протяжки обрабатываемым материалом.

У протяжек задний угол α для точных отверстий обычно выбирают в пределах $2 \dots 3^\circ$ с целью сохранения размера зубьев.

Размеры срезаемого каждым зубом слоя определяются следующими параметрами:

S_z - подача на зуб;

b - ширина среза;

L - длина протягивания.

Разность размеров соседних зубьев протяжки по высоте называется **подъемом протяжки на зуб S_z** . Эта величина и определяет толщину среза a :

$$a = S_z \quad (4.3)$$

Для протяжек с односторонними зубьями (плоские, шпоночные) подъем на зуб равен:

$$a = h_i - h_{i-1} = S_z \quad (4.4)$$

Профили зубьев и форма стружечных канавок

Зуб протяжки должен удовлетворять следующим требованиям:

1) геометрическая форма зуба должна обеспечивать наибольшую стойкость и возможно большее число переточек;

2) форма канавки должна обеспечивать свободное стружкообразование и завивание, а объем канавки должен быть достаточным для размещения стружки.

При протягивании стали и других пластичных металлов этим требованиям удовлетворяют зубья с криволинейной спинкой (рис. 4.6,а).

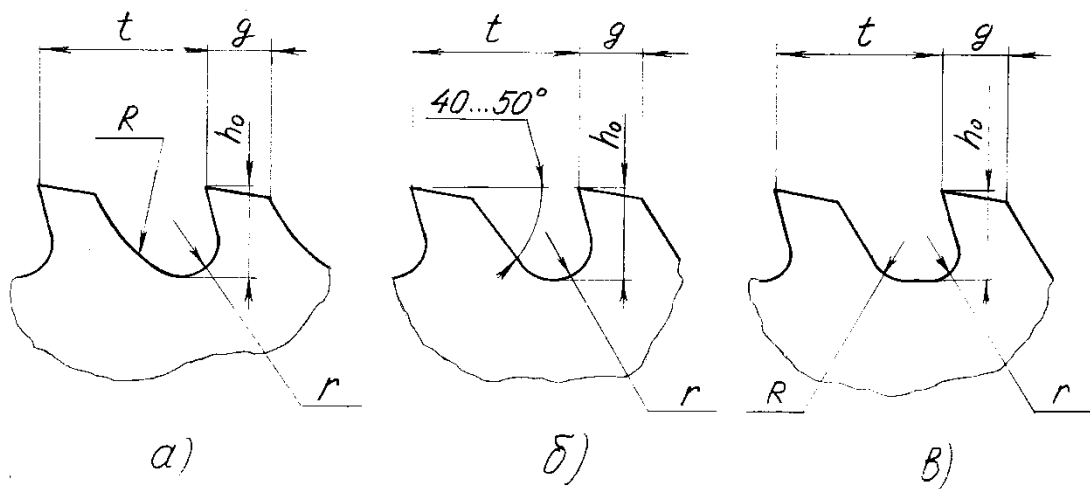


Рис. 4.6. Профили зубьев протяжек

Передняя поверхность, дно канавки и спинка соединены плавными переходами, что обеспечивает беспрепятственное движение стружки и достаточно большой объем для ее размещения.

Зубья с криволинейной спинкой применяются в протяжках прогрессивных конструкций, когда из-за повышенной толщины среза образуется большее количество стружки.

При протягивании хрупких материалов (чугун, бронза), а также стали протяжками обыкновенных конструкций допустимо применение зубьев с прямолинейной спинкой, которая проще в изготовлении (рис. 4.6,б). При больших шагах и мелких канавках может применяться удлиненная форма зуба (рис. 4.6,в).

Средства для дробления стружки

При протягивании стали и других пластичных материалов, образуется сплошная и очень прочная стружка, и ввиду большой суммарной длины лезвия стружку желательно делить на части, чтобы облегчить размещение стружек в канавке и последующее их удаление.

Дробление стружки у протяжек обычной конструкции осуществляется при помощи стружкоделительных канавок, располагаемых в шахматном порядке на всех режущих и зачищающих зубьях, кроме последнего зачищающего зуба и всех калибрующих. Профиль канавки может быть прямоугольным, круглым, угловым, чаще применяется последний (рис. 4.7).

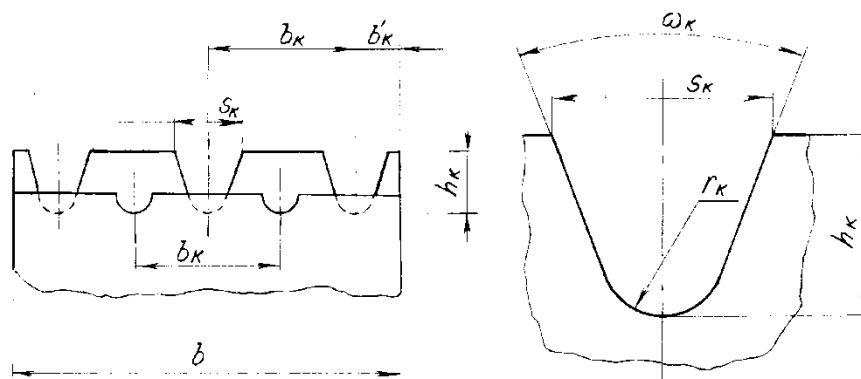


Рис. 4.7. Размеры стружкоделительных канавок

Режимы резания при протягивании

Скорость резания. Скорость относительного прямолинейного рабочего движения, с которой протяжка перемещается вдоль обрабатываемой поверхности заготовок, является скоростью резания.

Скорость резания при протягивании мала ($v < 20$ м/мин), что определяется, с одной стороны, необходимостью преодоления инерционных сил больших масс при реверсе и, с другой стороны, необходимостью уменьшения ударной нагрузки при входе первого зуба режущей части в обрабатываемый материал. Наиболее применяемый диапазон значений скорости резания при протягивании $v = 5 \dots 10$ м/мин.

Подача. Принципиальная кинематическая схема при протягивании не предусматривает движения подачи. Характерной конструктивной особенностью исполнения режущих зубьев протяжек является последовательное возрастание их высоты или диаметрального размера. Разность высот или полуразность диаметров каждой пары смежных рабочих зубьев протяжки равна толщине слоя a_z (рис. 15.5), срезаемого последующим зубом этой пары. Подъем каждого очередного режущего зуба над впереди расположенным, по сути, эквивалентен подаче на зуб, т.е. $a_z = S_z$.

На примере протягивания наглядно видно, что такой важный режимный параметр, как подача, может реализовываться не только механизмами металлорежущих станков, но и конструктивным исполнением инструмента.

Глубина резания. Глубина резания при протягивании определяется длиной главного режущего лезвия. В общем случае глубина резания количественно равна проекции главного режущего лезвия на плоскость, перпендикулярную направлению главного движения, причем измерение в этой плоскости производится перпендикулярно направлению подачи.

Толщина срезаемого слоя. Каждый режущий зуб протяжки срезает с обрабатываемой заготовки слой металла, толщина которого определяется его возвышением над предыдущим зубом и главным углом в плане φ :

$$a_z = S_z \sin \varphi \quad (4.6)$$

Если $\varphi = 90^\circ$, то

$$a_z = S_z, \quad (4.7)$$

где S_z – подача, численно равная разности высот каждой пары смежных режущих зубьев.

Режущие зубья у протяжек могут срезать слои равной толщины на всей длине режущей части ($a_z = \text{const}$). Значение a_z тогда связано с размером общего припуска на обработку и числом режущих зубьев следующей зависимостью:

$$a_z = \delta / z_p \quad (4.8)$$

где δ – общий припуск на протягивание;

z_p – число зубьев режущей части протяжки.

Могут использоваться протяжки, режущие зубья которых срезают слои переменной толщины ($a_z = \text{var}$), причем толщина a_z обычно уменьшается от первого к последнему зубу. Это позволяет получить более точные размеры и более качественно обработанную поверхность.

Максимальная толщина срезаемого слоя $a_{z \max}$ может быть ограничена также прочностью протяжки и предельной тяговой силой P протяжного станка.

Ширина срезаемого слоя. Как и при других методах обработки, например точении, ширина срезаемого слоя b при протягивании определяется длиной главного режущего лезвия зуба протяжки, которая зависит от профиля протягиваемого контура.

Схемы резания

При проектировании протяжек применяют профильную (рис. 4.9, а), генераторную (рис. 4.9, б) и прогрессивную (групповую) (рис. 4.9, в) схемы резания (срезания припуска).

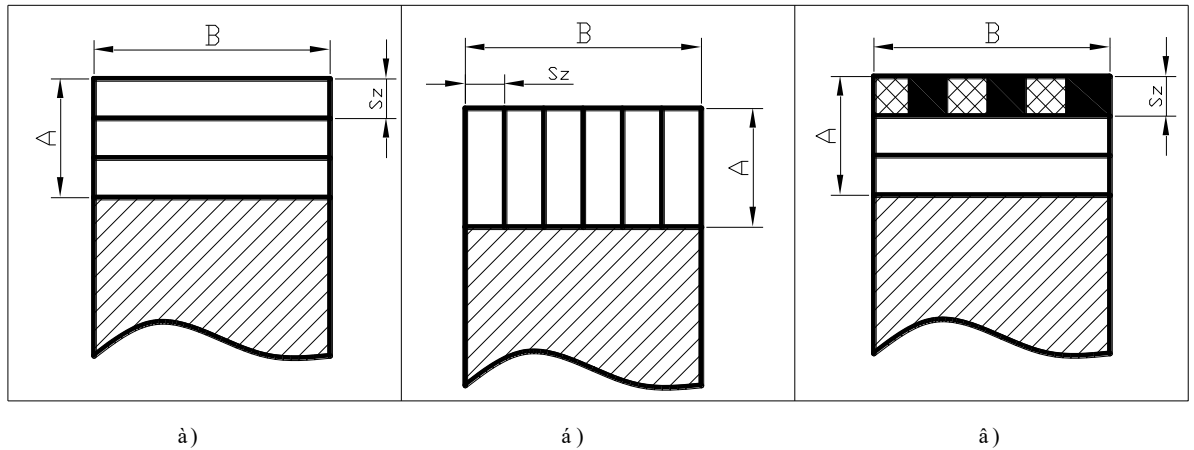


Рис. 4.9. Схемы срезания припуска при протягивании:

а) профильная, б) генераторная, в) прогрессивная

Профильная схема резания: каждый режущий зуб протяжки срезает относительно тонкие и широкие слои материала параллельно обработанной поверхности. эта схема применяется в основном для протяжек, обрабатывающих поверхности простых форм, например цилиндрических, так как изготовление точного профиля на всех зубьях протяжки, имеющих разные размеры, и их заточка затруднительны.

Генераторная (ступенчатая) схема протягивания характеризуется срезанием припуска относительно узкими слоями, расположенными перпендикулярно или наклонно к обработанной поверхности. срезание припуска производится режущими зубьями, имеющими переменный профиль, постепенно переходящий от прямолинейной или круглой формы к заданному профилю. окончательное формирование поверхности изделия производится зубьями, имеющими профиль, совпадающий с заданным. преимуществом генераторных протяжек является их технологичность, недостатком – более низкая точность профиля изделия по сравнению с профильной схемой.

Групповая (прогрессивная) схема резания: широкий слой металла снимается не каждым зубом, а группой из нескольких (2...5) зубьев, имеющих одинаковый диаметр или высоту, при этом первые зубья вырезают в металле канавки, а последующие – промежутки. каждый зуб

срезает узкую, но более толстую стружку, чем по профильной схеме. обработанная поверхность окончательно оформляется зубьями, работающими по профильной схеме.

Протяжки для обработки плоскостей и цилиндрических отверстий по профильной схеме получают конструктивно и технологически проще, чем по прогрессивной и генераторной схемам. квадратные и шестигранные, а также плоские протяжки для фасонных поверхностей, выполненные по генераторному принципу, легче в изготовлении, чем протяжки обыкновенной конструкции (профильные).

С другой стороны, следует иметь в виду и условия эксплуатации протяжек. например, зубья плоской протяжки обыкновенной конструкции при работе по корке выкрашиваются, а по генераторной схеме, перерезая корку поперек, хорошо сопротивляются выкрашиванию.

Цилиндрические протяжки с прогрессивной схемой резания срезают более толстую стружку и получают короче.

Во многих случаях протягивания сложных поверхностей отдельные их участки образуются по профильной схеме, другие – по генераторной, т.е. комбинированно. например, при протягивании шпоночных пазов и шлицевых отверстий дно канавок образуется по профильной схеме, боковые стороны – по генераторной.

Контроль параметров протяжек и прошивок

Контроль общей длины и длин отдельных участков выполняют масштабной линейкой и штангенциркулем. При этом фиксируют размеры общей длины и длины переходного конуса, хвостовика, шейки, передней направляющей, режущей черновой, переходной и чистовой частей, калибрующей и выглаживающей частей, а также задней направляющей и заднего хвостовика.

Контроль радиального биения протяжки осуществляют в центрах с помощью стойки с индикатором. Величину биения определяют с точностью до 0,002-0,005 мм как разность между наибольшим и наименьшим показаниями индикатора за один оборот протяжки. Контроль биения выполняют на передней и задней направляющих, калибрующей части, режущей части в середине протяжки и по хвостовику.

При контроле диаметров протяжки средствами измерения являются микрометр обычный и рычажный. При этом измеряются диаметр хвостовика, диаметр передней направляющей части, диаметры всех режущих, чистовых, калибрующих и выглаживающих зубьев, диаметры задней направляющей части и заднего хвостовика. Диаметр шейки измеряют штангенциркулем.

Для определения погрешности продольного сечения передней и задней направляющих частей их диаметры измеряют не менее чем в трех сечениях по длине. Для установления отклонения от окружности диаметры в каждом сечении измеряются в двух-трех равномерно расположенных направлениях. Величины конусности и овальности должны быть в пределах допуска на соответствующий диаметр.

Подъем на зуб S_z или подъем на секцию S из двух-пяти зубьев определяется в первом случае как полуразность диаметров или разность высот смежных зубьев, а во втором - как полуразность диаметров первых или последних зубьев двух смежных секций.

Ширину спинки зуба g_p и g_k высоту h и шаг t зубьев измеряют штангенциркулем с точностью 0,1 мм. Контроль ширины ленточки f у главных режущих кромок калибрующих зубьев и боковой ленточки f у вспомогательных режущих кромок шлицевых зубьев выполняется с помощью лупы Бринелля.

Передний γ и задний α углы измеряют угломером 2УРИ (рис. 4.10).

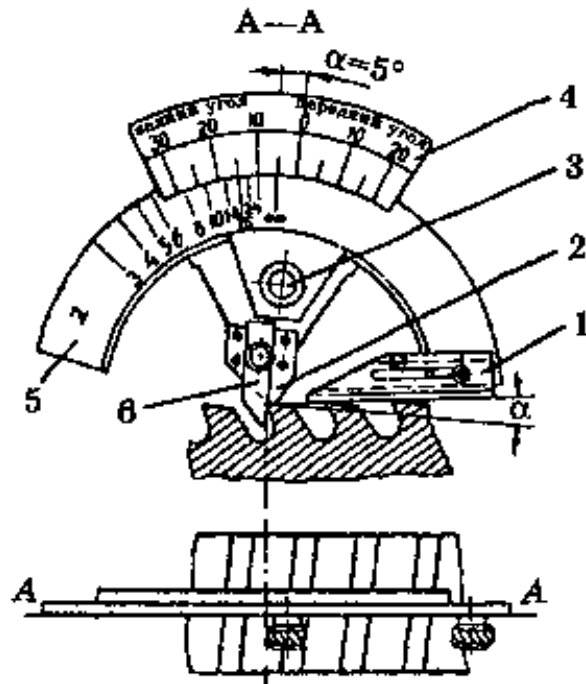


Рис. 4.10 Угломер 2УРИ. Схема измерения заднего угла.

При этом опорная планка *1* прибора прижимается к кромкам двух соседних зубьев в направлении оси протяжки. Путем поворота сектора *4* с градусной шкалой добиваются совмещения ножевой стороны планки *2* с задней поверхностью (при измерении α), либо путем совмещения ножевой стороны выдвижной линейки *б* с передней поверхностью (угол γ). После закрепления винтом *3* сектора *4* по градусной шкале измеряемого угла, напротив числа зубьев $z = \infty$ на дуге *5*, фиксируют измеренную величину угла.

Угол наклона режущих кромок плоских протяжек измеряется с помощью универсального угломера или угломера с отвесом на поверочной плите. Этот угол можно измерить на любом приборе для контроля углов заточки резцов (МИЗ, КРИН, ЛМТ).

Порядок выполнения работы

1. Изучить инструкцию по технике безопасности и инструкцию по выполнению лабораторной работы.
2. Получить у инженера или преподавателя протяжки (круглую и

шпоночную) и измерительный инструмент.

3. Определить тип протяжек и изучить их конструкции.
4. Разработать схемы измерений геометрических параметров режущей части протяжек.
5. Измерить линейные размеры и геометрические параметры протяжек.
6. Результаты измерений занести в таблицу.
7. Составить эскизы протяжек с необходимыми сечениями и дать условные буквенные обозначения частей, конструктивных элементов и геометрических параметров.
8. Оформить отчет по работе.
9. Сдать инженеру или преподавателю инструменты и пособия.

Таблица 1 – Результаты измерения круглой протяжки

	Измеряемый параметр	Обозначение	Результат измерения
1	Общая длина протяжки, мм	L	
2	Длина переднего хвостовика, мм	$l_{п.хв}$	
3	Длина шейки, мм	$l_{ш}$	
4	Длина переходного конуса, мм	$l_{п.к.}$	
5	Длина передней направляющей части, мм	$l_{п.н.}$	
6	Длина режущей части, мм	l_p	
7	Длина калибрующей части, мм	l_k	
8	Длина задней направляющей части, мм	$l_{з.н.}$	
9	Длина заднего хвостовика, мм	$l_{з.хв.}$	
10	Диаметр хвостовика, мм	$d_{хв}$	
11	Диаметр шейки, мм	$d_{ш}$	
12	Диаметр передней направляющей, мм	$d_{п.н.}$	
13	Диаметр задней направляющей, мм	$d_{з.н.}$	
14	Глубина стружечной канавки, мм	h_0	
15	Ширина спинки зуба режущей части, мм	g_p	

16	Ширина спинки зуба калибрующей части, мм	g_k	
17	Передний угол на режущих зубьях, мм	γ_p	
18	Задний угол на режущих зубьях, мм	α_p	
19	Передний угол на калибрующих зубьях, мм	γ_k	
20	Задний угол на калибрующих зубьях, мм	α_k	

Таблица 2 – Параметры шага и диаметра зубьев круглой протяжки

№№ зуба	Осевой шаг t , мм	Диаметры зубьев D_i , мм	Подъем на зуб a , мм; $\Delta D = D_i - D_{i-1} = 2S_z$

Таблица 3 – Результаты измерения шпоночной протяжки

№	Измеряемый параметр	Обозначение	Результат измерения
1	Осевой шаг, мм	t	
2	Ширина задней поверхности, мм	g	
3	Глубина стружечной канавки, мм	H_0	
4	Ширина зуба, мм	b	
5	Передний угол, град	γ	
6	Задний угол, град	α	
7	Вспомогательный угол, град	φ_1	

Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Инструменты и принадлежности к работе.
3. Эскиз протяжек.
4. Схемы измерений геометрических параметров протяжек.
5. Таблицы с результатами измерений.
6. Вывод.

Контрольные вопросы к лабораторной работе

1. Назовите существующие виды протягивания и охарактеризуйте их.
2. Какие преимущества имеет протягивание по сравнению с другими способами механической обработки?
3. Чем протягивание отличается от прошивания?
4. Назовите основные части и геометрические параметры круглой протяжки.
5. Назовите режимные параметры при протягивании.
6. Как классифицируются протяжки? Назовите основные типы протяжек.
7. Как определяются толщина и ширина срезаемого слоя при протягивании?

Литература

1. Грановский Г.И., Грановский В.Г. Резание металлов: Учебник для машиностр. и приборостр. спец. вузов. – М.: «Высш. шк.», 1985.- С. 245-251.
2. Резание конструкционных материалов, режущие инструменты и станки. Под ред. проф. П.Г. Петрухи. М., «Машиностроение», 1974.
3. В.И. Шагун Режущий инструмент: Лаб. Практикум: учеб. пособие. – Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2004.- С.76-108.

Лабораторная работа №5

ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ИЗНОСА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Цель работы: Закрепление сведений о процессе изнашивания режущего инструмента, определение числа периодов стойкости инструмента.

Инструмент и принадлежности к работе

1. Сверло
2. Фреза
3. Штангенциркуль
4. Микроскоп БМИ-1

Основные сведения

Режущий инструмент в процессе резания воздействует на обрабатываемый материал и вызывает образование стружки и формирование новой поверхности, однако сам при этом подвергается воздействию со стороны обрабатываемого материала и интенсивно изнашивается. Режущие инструменты работают в чрезвычайно тяжелых условиях действия громадных давлений на поверхностях контакта и высокой температуры, в условиях трения чистых, вновь образованных поверхностей. По этим причинам интенсивность изнашивания режущих инструментов в тысячи и десятки тысяч раз превосходит интенсивность изнашивания трущихся деталей машин.

В результате изнашивания режущее лезвие инструмента теряет свою первоначальную форму и, как следствие, режущую способность. Для восстановления режущей способности инструмента производится

затачивание его рабочих поверхностей. В процессе затачивания инструмента с его рабочей части срезаются довольно большие слои дорогостоящего инструментального материала. Кроме того, на смену затупившегося инструмента затрачивается время, которое увеличивает продолжительность операции механической обработки, а следовательно и ее стоимость; срезаемый при затачивании абразивным инструментом дорогостоящий инструментальный материал переводится в шлам и безвозвратно теряется. В целом все это существенно удорожает механическую обработку и ограничивает ее эффективность. Поэтому, задача уменьшения интенсивности изнашивания режущих инструментов и увеличения срока его службы была и остается одной из главных задач металлообработки.

Признаки износа лезвий. Визуальные признаки изнашивания

Трение является основной причиной износа лезвий инструментов. Визуальными наблюдениями установлено, что первые признаки изнашивания режущих кромок инструментов, как правило, обнаруживаются уже в самом начале резания. Наиболее заметны ранние признаки изнашивания у твердосплавных инструментов. В начальный момент резания у них происходят микровыкрашивания в местах угловых переходов, которыми являются места сопряжения главных и вспомогательных режущих кромок, а также сами режущие кромки лезвий.

В результате микровыкрашиваний радиусы закругления вершин в местах сопряжения режущих кромок и радиусы скругления режущих кромок возрастают. На протяжении всего времени резания изнашивание непрерывно продолжается и размеры видимых признаков износа лезвий увеличиваются. По прогрессирующим размерам износа лезвий принято принимать решение о допустимости или недопустимости дальнейшей работы инструмента.

В зависимости от условий резания видимые признаки износа находятся на разных участках лезвий инструментов. Проще всего это общее для всех видов инструментов положение рассмотреть на примере резца.

Износ только задней поверхности лезвия

Чистовая обработка металлов резанием ведется с малыми толщинами срезаемого слоя $a = 0,005...0,1$ мм, что соответствует подачам $S \leq 0,1$ мм/об. При столь малых толщинах a соответственно мала составляющая P_Z силы резания, действующей на переднюю поверхность лезвия. Она не превышает 200...300 Н на 1 мм длины главной режущей кромки. В то же время составляющие P_X и P_Y силы резания, действующие на заднюю поверхность лезвия, могут быть равны или больше P_Z .

В силу этого в процессе резания устанавливаются условия, когда задняя поверхность лезвия подвергается более интенсивному изнашиванию, чем передняя (рис. 5.1,а). Визуально видимые признаки износа имеются только на задней поверхности лезвия и отсутствуют на передней поверхности. Износ по задней поверхности принято определять по максимальным значениям ширины b_{max} и высоты h_3 площадки изношенной поверхности.

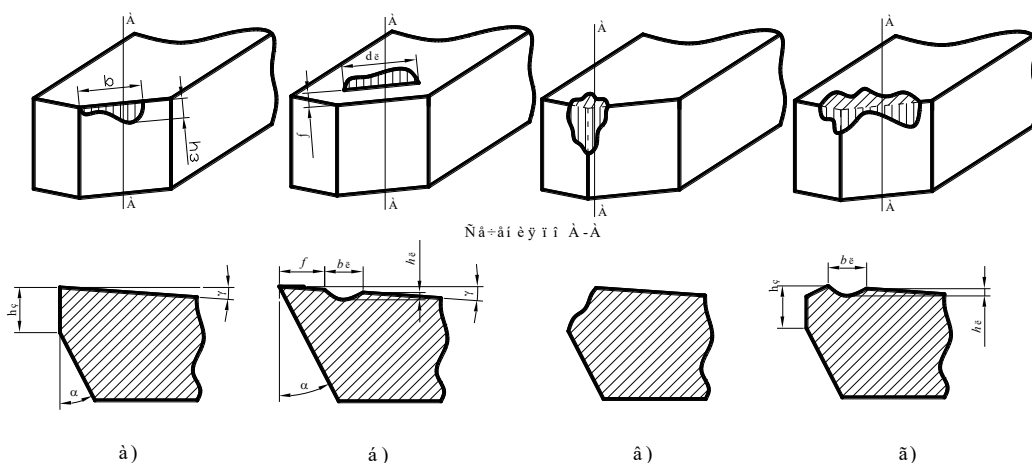


Рис. 5.1. Износ режущего лезвия резца, изготовленного из быстрорежущей стали: а – неравномерный износ по задней поверхности (b_3 – ширина площадки, h_3 –

высота площадки); \bar{b} – образование лунки на передней поверхности ($d_{л}$ – длина лунки, $h_{л}$ – глубина лунки, f – ширина фаски, $b_{л}$ – ширина лунки); v – износ вершины резца, γ – одновременный износ по задней и передней поверхностям лезвия резца

Износ только передней поверхности лезвия

Обработка металлов на тяжелых станках обычно ведется с большими подачами $S \geq 1$ мм/об. Работа с большими подачами характеризуется увеличением размеров контактных площадок, давления и силы трения, действующих на них, а также высокой температурой на передней поверхности лезвия (рис. 5.1,б). Под действием всех этих факторов в процессе резания устанавливаются условия, когда интенсивность изнашивания передней поверхности лезвия намного выше, чем задней. Визуальные признаки износа имеются только на передней поверхности лезвия и отсутствуют на задней поверхности. Износ характеризуется длиной лунки $d_{л}$, глубиной лунки $h_{л}$, шириной фаски f и шириной лунки $b_{л}$.

Износ задней и передней поверхности лезвия

При предварительной обработке металлов резанием толщина срезаемого слоя составляет $a = 0,1 \dots 1,0$ мм, что соответствует подачам $S = 0,1 \dots 1,0$ мм/об.

С увеличением подач возрастают значения всех составляющих P_x , P_y и P_z силы резания, но в большей степени растет составляющая P_z . Соответственно возрастает давление на контактные площадки лезвия и действующие на них силы трения, причем особенно на переднюю поверхность. Устанавливаются условия, когда изнашиванию одновременно подвергаются и задняя, и передняя поверхности лезвия (рис. 5.1,г), но интенсивность изнашивания передней поверхности больше, чем задней. При этом наблюдаются признаки износа как на задней, так и на передней поверхности лезвия. Износ на передней поверхности принято

измерять как глубину $h_{\text{лmax}}$ и ширину $b_{\text{л}}$ изношенного углубления, называемого лункой износа.

Износ и стойкость токарных резцов

При увеличении скорости резания v , подачи S и глубины резания t увеличивается объем материала, снимаемый в единицу времени, т. е. увеличивается производительность. Но наступает момент, когда дальнейшее повышение значения режима резания приводит к быстрому износу инструментов, узлов станка и оборудования. Производительность падает, а себестоимость возрастает. Основным фактором здесь является значительный расход режущего инструмента, снижающий экономичность производства. Поэтому борьба за продление срока службы инструмента есть борьба за производительность и экономичность обработки.

Разрушение режущей части резца, оснащенной различными инструментальными материалами, может происходить путем абразивного воздействия (образования лунки на передней поверхности резца и площадки – на задней поверхности (рис. 5.1)), выкрашивания (при наличии адгезионно-усталостного, а иногда и диффузионного износа) и осыпания (мгновенное лавинное разрушение пластинок из минералокерамики, кристаллов алмазов и эльбора).

Износ инструментов происходит по определенным закономерностям. При рассмотрении процесса образования площадки износа на задней поверхности резца (размер h_3) можно установить следующее. В начале работы поверхности инструмента прирабатывается и несколько округляется режущая кромка (рис. 5.2).

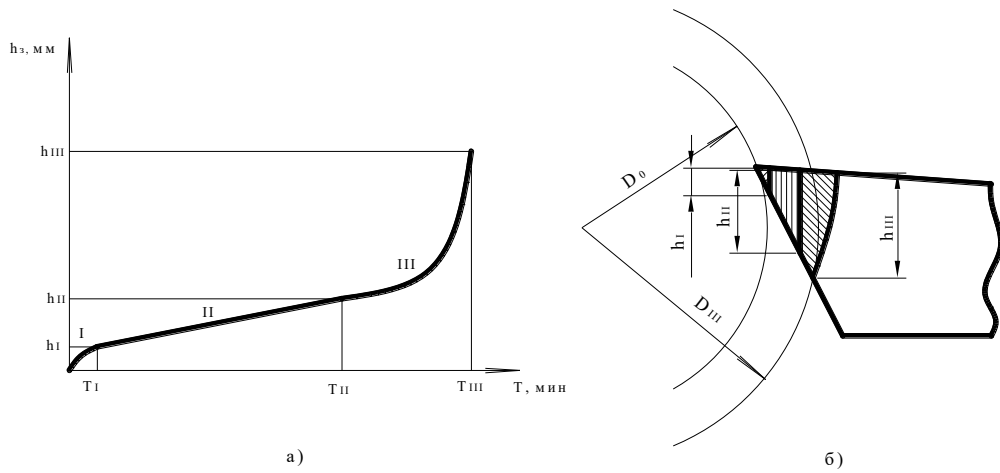


Рис.

5.2. а - изменение величины износа h_3 резца по задней поверхности с увеличением времени его работы; б – изменение размера обрабатываемой детали при разных величинах износа

Зона *I* – зона начального износа ($h_I \sim 0,05...0,1$ мм). Постепенно величина износа достигает определенного значения, допустимого без ухудшения чистоты и точности обработки (*II* – зона нормального износа $h_{II} \sim 0,3...0,5$ мм). Дальнейшая работа приводит к резкому возрастанию износа по задней и передней поверхностям и разрушению режущего лезвия (*III* – зона «катастрофического» износа). Если не допускать работу инструмента в зоне *III*, то срок его службы значительно увеличится.

Время работы резца до допустимой величины износа, определяемой критерием затупления, называется периодом стойкости T и выражаются в минутах (секундах), в единицах длины пути режущей кромки L или по величине срезаемой площади F_C . Стойкость является одной из важнейших характеристик работоспособности инструмента.

Для определения оптимального износа пользуются критериями затупления.

Визуальные критерии – при значительном износе резца по задней поверхности возрастают силы трения и на поверхности резания появляется блестящая полоска или темные пятна, слышен характерный скрип (резец начинает работать в зоне *III*). Несмотря на широкое применение этого

критерия на практике, он очень субъективен и требует большого производственного опыта токаря.

Определение момента прекращения работы путем измерения величины площадок и лунок износа. При точении жаропрочных, титановых и тугоплавких сплавов величина допустимого износа $h_{II} = 0,3..0,5$ мм, а при точении сталей доходит до $h_{II} = 0,8..1$ мм.

Технологические критерии связаны с погрешностями обработки, возникающими при износе инструмента, например: увеличение микронеровностей на обработанной поверхности, увеличение диаметра (с D_0 до D_{III} – см. рис. 5.2, б) обработанной поверхности детали («размерный износ») или вследствие затупления вершины резца («радиальный износ»).

Для анализа характера протекания износа инструментов вводятся понятия: «критерий равного износа» и «критерий оптимального износа». Критерий оптимального износа целесообразно применять в автоматизированном производстве (рис. 5.3).

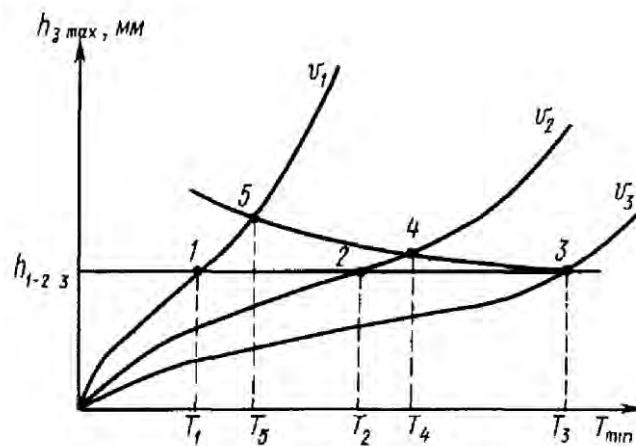


Рис. 5.3. Критерии равного и оптимального износа при скоростях резания $v_1 > v_2 > v_3$: 1 – 2 – 3 – линия равного износа, 3 – 4 – 5 – линия оптимального износа

Величина периода стойкости T находится в тесной взаимосвязи и взаимозависимости от условий обработки $T = f(v, S, t, \gamma, \alpha)$ и свойств

материалов. Исследование зависимости $T = f(v)$ позволяет в определенном диапазоне изменения скоростей резания установить связь:

$$v = \frac{A}{T^m} \quad (5.1)$$

где m – показатель относительной стойкости;

A – эмпирический коэффициент, зависящий от условий обработки и свойств материалов.

Величина m , характеризующая интенсивность изменения стойкости, играет значительную роль при оценке работоспособности режущих инструментов (находится по справочникам, например для точения $m = 0,1 \dots 0,4$).

Учитывая условия обработки и свойства материалов, на основании многочисленных экспериментов зависимость $T = f(v, S, t)$ имеет вид

$$T = \left(\frac{C_v}{v \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}} \cdot k_v \right)^{\frac{1}{m}} \quad (5.2)$$

Необходимо отметить, что при обработке материалов, дающих горбообразный характер кривых зависимости $T = f(v)$, использование формул степенного вида (5.2) дает определенные погрешности. Для расчетов режимов резания созданы аналитические зависимости, учитывающие особенности физики процесса резания.

Большое практическое значение имеет правильный выбор периода стойкости инструмента. Для оценки производительности и экономичности обработки рассматривают комплекс периодов стойкости:

1) T_{\max} – максимальный период стойкости, соответствующий точке максимума кривых $T = f(v, S, t)$;

2) $T_{\text{опт}}$ – период стойкости, соответствующий оптимальной скорости резания $v_{\text{опт}}$. При работе на оптимальной скорости $v_{\text{опт}}$ интенсивность износа наименьшая, а размерная стойкость наибольшая;

3) $T_{\max\text{пр}}$ – период стойкости, соответствующий максимальной производительности;

4) $T_{\text{эк}}$ – экономический период стойкости, соответствующий наименьшей себестоимости обработки и наибольшей производительности.

Величины T_{\max} и $T_{\text{опт}}$ связаны с характеристиками физических процессов при резании, а $T_{\max\text{пр}}$ и $T_{\text{эк}}$ определяются стоимостью станка и инструмента, а также организационно-техническими условиями их эксплуатации. Построение зависимостей (5.2), определяющих связь между v , S , t и T при обработке конкретных материалов, требует проведения большого количества экспериментов. Для проходных резцов (при одноинструментальной обработке) выбирается $T \sim 30; 60; 90$ мин, а для резбовых и фасонных резцов $T \sim 90, 120$ мин. При работе на оптимальных скоростях резания резец обладает наибольшей размерной стойкостью.

Износ и стойкость сверл

Износ сверл происходит в результате трения задних поверхностей о поверхность резания, стружки о переднюю поверхность, направляющих ленточек об обработанную поверхность и смятия поперечной кромки. Сверла изнашиваются (рис. 5.4): одновременно по задней А и передней Г поверхностям при обработке сталей; по уголкам В – при сверлении хрупких материалов; по ленточке Б – при сверлении вязких материалов; по лезвию перемычки Д – при неправильной заточке и при его чрезмерной длине.

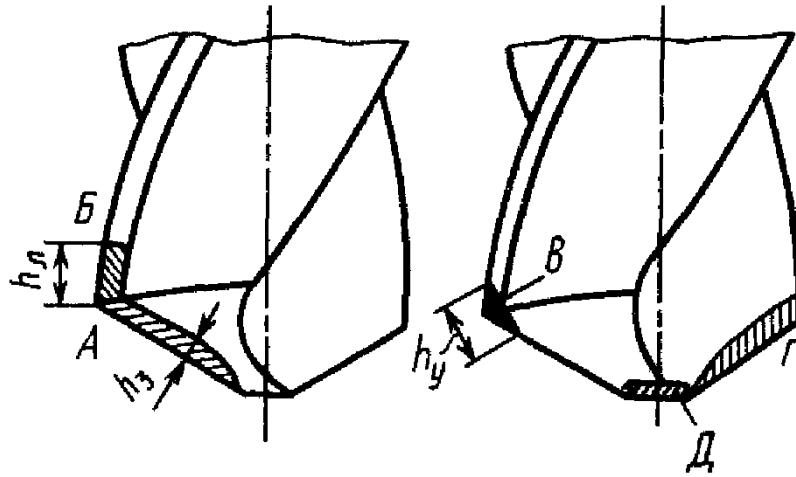


Рис. 5.4. Износ сверл

При сверлении жаропрочных сплавов износу в основном подвергается задняя поверхность, а также ленточка. В этом случае характерным признаком износа является округление лезвий по уголкам и возникновение кольцевых рисок на ленточках вследствие налипания на них обрабатываемого материала.

Наиболее опасный износ – по уголкам и ленточке, так как при большом износе для восстановления сверла требуется стачивать значительную его часть. Большой износ на перемычке приводит к интенсивному росту силы P_0 , а износ по ленточке вызывает значительное увеличение крутящего момента $M_{кр}$. При износе по уголкам одновременно растут $M_{кр}$ и P_0 . Наибольшее влияние на величину фаски износа по задней грани h_3 оказывает скорость резания v и значительно меньшее подача S_0 . Поэтому выгоднее работать с большей подачей и меньшей скоростью резания.

Допустимые значения износа зависят от свойств обрабатываемых материалов, материала сверла и его диаметра: при обработке конструкционных сталей быстрорежущими сверлами $h_3 = 1...1,5$ мм, жаропрочных и титановых сплавов $h_3 = 0,4...0,8$ мм. Для твердосплавных сверл $h_3 = 0,4...0,8$ мм. Большие значения износа относятся к большим диаметрам сверл.

За критерий затупления быстрорежущего сверла при обработке чугуна принимают величину износа по уголку h_3 . При обработке сталей за критерий затупления принимают износ по задней поверхности h_3 . Оптимальный износ и стачивание сверл в осевом направлении за одну переточку приведены в табл. 5.1.

При достижении установленной величины износа инструменты затачивают для восстановления их режущих свойств. Заточка сверл, зенкеров и режущей части разверток производится по главным задним поверхностям на специальных заточных станках или приспособлениях.

Таблица 5.1 – Оптимальный износ и стачивание сверл

Диаметр сверла, мм	Обрабатываемый материал					
	Легкие сплав		Серый чугун, бронза		Сталь, ковкий чугун	
	Износ h_3 ,	Стачивание q ,	Износ h_3 ,	Стачивание q ,	Износ h_3 ,	Стачивание q ,
	мм	мм	мм	мм	мм	мм
До 6 мм	0,4	0,7	0,5	0,8	0,6	1,0
Св. 6 до 10	0,5	0,8	0,6	0,9	0,8	1,1
Св. 10 до 15	0,6	0,9	0,7	1,0	0,9	1,3
Св. 15 до 20	0,7	1,0	0,8	1,2	1,0	1,5
Св. 20 до 25	0,8	1,2	0,9	1,4	1,2	1,7
Св. 25	0,9	1,4	1,0	1,6	1,4	2,0

Величина допустимого стачивания M для коротких сверл из быстрорежущей стали принимается $(0,5 - 0,7) \cdot l$, а для длинных – $0,7l$, где l – длина рабочей части сверла. Для сверл, оснащенных твердым сплавом:

$$M = b - 0,4 \cdot D \quad (5.3),$$

где b – длина пластинки, мм;

D – диаметр сверла, мм.

Число возможных повторных заточек сверла:

$$n = \frac{M}{q} \quad (5.4),$$

где q – величина стачивания при одной заточке.

Число периодов стойкости нового сверла:

$$N = n+1 \quad (5.5),$$

где 1 – период стойкости нового сверла.

Износ и стойкость фрез

В результате периодических динамических и тепловых нагрузок происходит износ зубьев фрез. Характер износа фрез несколько отличается от износа резцов в силу того, что толщина срезаемого слоя при фрезеровании небольшая. В связи с этим износ происходит в основном по задним поверхностям h_z (рис. 5.5) и является лимитирующим.

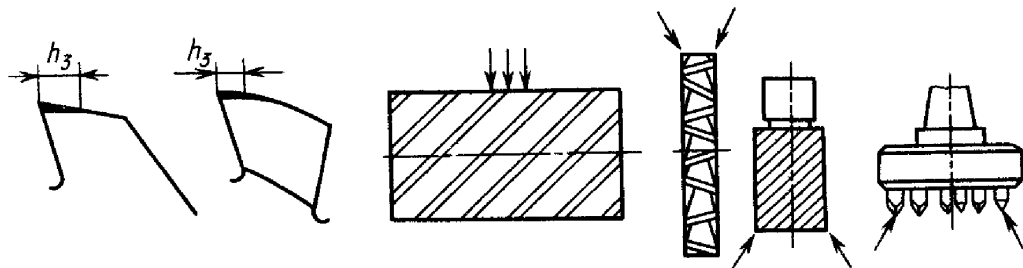


Рис. 5.5. Износ зубьев фрез

Фрезы разного назначения имеют свои места наибольшего износа: угловые фрезы – по уголкам наибольшего диаметра, фасонные фрезы – в местах с наименьшими углами α , цилиндрические фрезы – в середине контакта, торцовые сборные фрезы – по вершинам ножей и т. д.

На рис. 5.5 стрелками показаны участки, где происходит наиболее интенсивный износ зубьев фрез. При черновом фрезеровании со сравнительно большими подачами на зуб ($S_z > 0,1$ мм/зуб) наблюдается также и износ по передней поверхности с образованием лунки износа.

Для всех типов фрез критерием износа служит величина фаски износа h_z , находящаяся в пределах 0,3...1,2 мм, в зависимости от условий резания и свойств материалов.

По физической природе износ фрез чаще всего бывает адгезионным и усталостным. При отсутствии корки оксидов на поверхности заготовки

попутное фрезерование сопровождается менее интенсивным износом, чем встречное, и поэтому стойкость фрез в 2...4 раза выше.

Кроме постепенного изнашивания зубья фрезы могут выходить из строя из-за их хрупкого и пластического разрушения. Хрупкое разрушение происходит под действием наибольших растягивающих напряжений и является следствием зарождения и развития трещин. При этом различают выкрашивание и сколы. Выкрашивание проявляется в отделении мелких частиц вблизи режущей кромки и обычно связано с поверхностными дефектами инструментального материала, неоднородностью микроструктуры и остаточными напряжениями. Оно мало зависит от угла заострения β и может происходить даже при малых S_z . Режущая способность фрезы с выкрошенными зубьями восстанавливается после ее заточки. Скалывание – отделение крупных объемов зуба, превышающих объем клина в пределах контакта передней поверхности со стружкой, происходит при резании с чрезмерно большими значениями S_z и недостаточными углами β , а также малыми пределами выносливости и вязкости материала зубьев.

При возникновении сколов режущая способность фрез не восстанавливается. Наиболее часто хрупкое разрушение бывает у твердосплавных фрез и фрез с зубьями из СТМ. Пластическое разрушение наблюдается при работе быстрорежущими фрезами и характеризуется течением тонких слоев инструментального материала вдоль задней поверхности и опусканием вершины зуба. Оно возникает при чрезмерно высоких скоростях резания и очень высоких температурах.

Допустимая величина износа h_3 зависит от свойств материалов заготовки и фрезы, требований к точности обработки и качеству поверхности слоя и находится в пределах $h_3 = 0,3...1,2$ мм. При фрезеровании жаропрочных и титановых сплавов $h_3 = 0,5$ мм.

Стойкость фрез Т изменяется в широких пределах и зависит от свойств обрабатываемого материала, скорости резания, типа и диаметра фрезы, вида обработки (черновая, чистовая). Например, период стойкости торцовых твердосплавных фрез $T = 90...240$ мин.

Для восстановления режущих свойств фрез применяют заточку их на универсально-заточных станках. Для фрез с многогранными и круглыми неперетачиваемыми пластинами восстановление режущих свойств производится заменой изношенных или сколотых пластин. На рис. 5.6 показаны схемы заточки фрез с затылованными (а) и остроконечными зубьями (б).

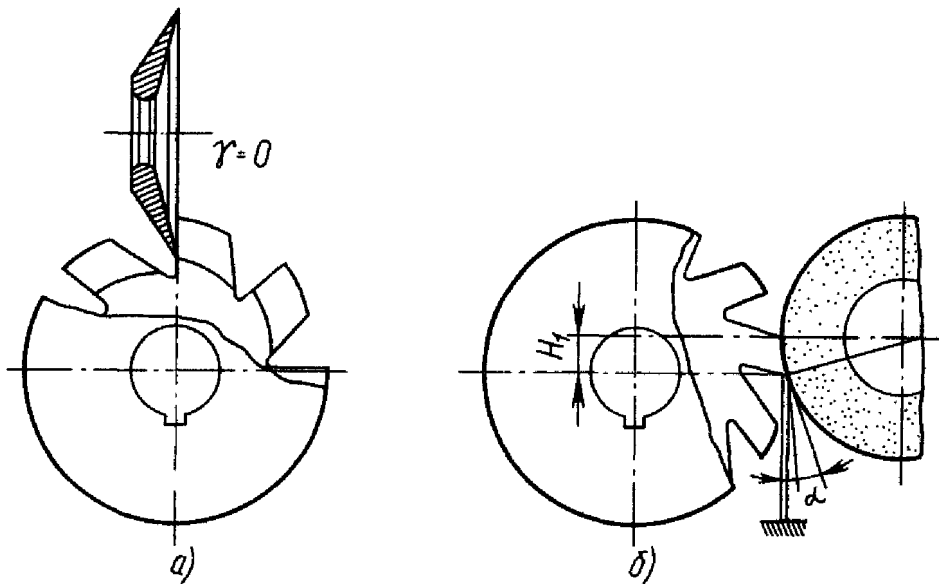


Рис. 5.6. Схемы заточки фрез с затылованными (а) и остроконечными зубьями (б)

На эксплуатационные показатели фрез большое влияние оказывают условия окончательного формообразования поверхностей их режущих зубьев, которое выполняется затачиванием. Для восстановления режущих свойств применяют шлифовальные круги. Обработке подвергаются передние и задние поверхности зубьев, расположенные как на цилиндре, так и на торце фрезы. Для большинства фрез лимитирующим является изнашивание фрезы по задней поверхности. Это объясняется тем, что

фрезы работают в зоне тонких стружек, имеющих толщину не более 0,3 мм (чаще не более 0,1 мм). Допустимый износ μ устанавливается в пределах, приведенных в табл. 5.2.

Таблица 5.2 – Допустимый износ фрез

Фреза	Материал режущей части фрезы	Износ μ при обработке стали, мм	Износ μ при обработке чугуна, мм
Цилиндрическая	Быстрорежущие стали P6M3, P12, P6M5	0,4 – 0,6	0,5 – 0,8
Торцовая		1,5 – 2,0	1,5 – 2,0
Трехсторонняя		0,4 – 0,6	0,4 – 0,6
Концевая		0,3 – 0,5	0,3 – 0,5
Цилиндрическая	Твердые сплавы T5K10, T15K6, BK8	0,5 – 0,6	0,6 – 0,7
Торцовая		1,0 – 1,2	1,5 – 2,0
Трехсторонняя		1,0 – 1,2	1,0 – 1,2
Концевая		0,4 – 0,5	0,3 – 0,5

Число возможных повторных заточек фрез:

$$n = \frac{M}{q}, \quad (5.6)$$

Число периодов стойкости новой фрезы:

$$N = \frac{M}{q} + 1, \quad (5.7),$$

где M – величина допустимого стачивания зуба,

q – величина стачивания зуба при одной заточке,

1 – период стойкости новой фрезы.

Величина допустимого стачивания зуба M зависит от конструкции фрезы и ее определяют для цельных, сборных и твердосплавных фрез по-разному. Для цельных фрез величина M зависит от высоты зуба H :

$$M = (0,3 \dots 0,5) \cdot H. \quad (5.8)$$

У цилиндрических сборных фрез ножи за счет их перестановки на шаг рифлений имеют возможность изменять вылет H в радиальном направлении. У этих фрез величина допускаемого стачивания по цилиндру:

$$M_{\gamma} = 0,3 \cdot L, \quad (5.9),$$

где L – глубина паза под нож.

Торцовые сборные фрезы снабжаются, как правило, ножами, оснащенными твердосплавными пластинками. Величина допускаемого стачивания у этих инструментов (также как и у других твердосплавных фрез) зависит от размеров твердосплавных пластинок ножей. Для этих фрез величину допустимого стачивания принимают равной:

$$M_{\gamma} = 0,5 \cdot b \text{ (по цилиндру)} \quad (5.10),$$

$$M_{\tau} = 0,5 \cdot l \text{ (по торцу)} \quad (5.11),$$

где b и l – соответственно ширина и длина твердосплавной пластинки на ноже.

Величина стачивания при заточке для рассматриваемых конструкций фрез:

$$q = \mu \cdot \operatorname{tg} \alpha + (0,1 \dots 0,2) \quad (5.12)$$

где μ – износ фрезы по задней поверхности (мм);

α – задний угол (главный или вспомогательный);

0,1...0,2 – дополнительно снимаемый слой (мм).

При выполнении лабораторной работы за расчетное значение μ следует принимать величину критерия затупления по табл. 5.2. Параметры шероховатости передних и задних поверхностей для большинства фрез, изготовленных из быстрорежущих сталей, $Ra = 0,63$ мкм, а для твердосплавных фрез $Ra = 0,32$ мкм. Для некоторых типов фрез (в основном сборных) допускается параметр шероховатости поверхностей $Ra = 1,25$ мкм.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с конструкцией выданного инструмента (резец, сверло, фреза).
2. Определить число возможных повторных заточек рассматриваемых инструментов при обработке заготовок из различных видов материалов.
3. Определить число периодов стойкости нового инструмента.
4. Определить величину износа режущего инструмента с помощью микроскопа БМИ-1.
5. Заполнить таблицу 5.3.

Содержание отчёта

1. Наименование и цель работы.
2. Инструменты и принадлежности к работе.
3. Эскизы инструментов с указанием параметров, определяющих число возможных повторных заточек.
4. Таблица с результатами измерений и вычислений.
5. Вывод.

Таблица 5.3 – Результаты измерений и вычислений.

Тип инструмента	Материал режущей части инструмента	Материал обрабатываемой заготовки	Величина стачивания q при одной заточке, мм	Величина допустимого стачивания M , мм	Число возможных повторных заточек инструмента a, n	Число периодов стойкости нового инструмента, N

Контрольные вопросы к лабораторной работе

1. Как зависит величина износа инструмента от продолжительности обработки?
2. Назовите виды износа режущего лезвия резца, изготовленного из быстрорежущей стали?
3. Что такое период стойкости инструмента? В чем он может выражаться?
4. Какими критериями затупления пользуются для определения оптимального износа?
5. От чего зависит величина периода стойкости инструмента T ?
6. Назовите виды износа сверл?
7. Назовите виды износа фрез?

Литература

1. Н.И. Жигалко, С.О. Яцура. Обработка, материалов, станки и инструменты: Мн.: –Вышэйшая школа”, 1984., С. 39 - 44, 98 - 108.
2. Резание конструкционных материалов, режущие инструменты и станки. Под ред. проф. П.Г. Петрухи. М., –Машиностроение”., 1974., с. 64-69.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА НО-800

Цель работы: Изучение устройства и работы универсально-фрезерного станка НО-800; ознакомление с оснасткой применяемой для закрепления инструмента, приводами главного движения, движения подачи и вспомогательных движений.

Инструменты и принадлежности к работе

1. Универсально-фрезерный станок мод. НО-800.
2. Режущий и вспомогательный инструмент.
3. Заготовка.
4. Операционный эскиз.
5. Микроскоп БМИ-1 с набором измерительных головок.

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Классификация фрезерных станков

Фрезерные станки составляют шестую группу станков. Они широко используются при изготовлении разнообразных деталей машин. Применяя различные фрезы, на станках можно обрабатывать плоские и фасонные поверхности, пазы, поверхности тел вращения, нарезать зубчатые колеса по методу копирования, выполнять другие фрезерные операции.

В зависимости от условий производства для обработки заготовок разного вида могут использоваться различные фрезерные станки. Они могут быть подразделены на станки общего назначения и специальные.

К станкам общего назначения относятся:

- консольно-фрезерные,
- вертикально-фрезерные,

- горизонтально-фрезерные,
- универсальные и широко универсальные станки,
- бесконсольно-фрезерные с неподвижной или поворотной шпиндельной головкой, с круглым столом, с копировальным устройством;
- продольно-фрезерные одностоечные горизонтальные или вертикальные, двухстоечные с двумя или более шпинделями;
- карусельно-фрезерные с одним или более шпинделями.

К специальным станкам относятся:

- копировально-фрезерные,
- шлице- и шпоночно-фрезерные,
- барабанно-фрезерные,
- фрезерные станки с ЧПУ и др.

Среди станков общего назначения различают несколько типов станков:

вертикально-фрезерные станки предназначены для выполнения различных фрезерных операций.

Отличительная особенность этих станков – вертикальное положение оси шпинделя и наличие подвижной консоли, на которой расположены салазки и стол. На столе закрепляют обрабатываемую заготовку, он имеет продольное перемещение по направляющим консоли, которая, в свою очередь, перемещается в трех взаимно-перпендикулярных направлениях. Коробка подач смонтирована на консоли.

На вертикально-фрезерных станках используют в зависимости от выполняемых операций фрезы почти всех видов: фрезерные головки, концевые, модульные и другие фрезы.

Инструмент устанавливают либо на оправках с коническим хвостиком, закрепляемом в шпинделе, либо в цанговых патронах. На вертикально-фрезерных станках выполняется встречное фрезерование, а

при наличии устройства, компенсирующего зазор между винтом и гайкой механизма продольной подачи возможно и попутное фрезерование.

горизонтально-фрезерные консольные станки предназначены для фрезерования различных поверхностей: горизонтальных, наклонных и фасонных, а также уступов, пазов и др.

Ось шпинделя у станков этого типа горизонтальна. Движения подачи те же, что и движения подачи заготовок на вертикально-фрезерном станке.

Универсальные станки этого вида имеют следующую отличительную особенность: стол их может поворачиваться относительно вертикальной оси на $\pm 45^\circ$. Это позволяет обрабатывать винтовые канавки на цилиндрических поверхностях с использованием делительной головки.

широкоуниверсальные фрезерные станки имеют различные варианты установки шпинделя: в горизонтальном, вертикальном и наклонном положениях в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. На широко универсальных фрезерных станках могут быть использованы фрезы различных типов (цилиндрические, дисковые, торцовые, фрезерные головки и др.) для обработки средних по размерам заготовок в условиях единичного и мелкосерийного производства. Эти станки оснащают большим набором приспособлений: круглыми столами, делительными головками, специальными приспособлениями.

Применяемые в точном приборостроении фрезерные станки обычно работают фрезами небольшого диаметра, в связи с чем экономически целесообразных скоростей резания можно достичь за счёт увеличения частоты вращения шпинделя (до 4000 об/мин).

Особенность большинства этих станков – отсутствие автоматической подачи. Ручная подача осуществляется преимущественно системой элементарных механизмов (рычага или рычага, колеса и рейки), а снятие стружки малого сечения обуславливает необходимость применять при

компоновке станков короткие фрезерные оправки, обходиться без использования хобота и т. д.

Фрезерные станки точного приборостроения в зависимости от расположения шпинделя подразделяются на вертикальные и горизонтальные. Существуют также комбинированные станки, у которых шпиндель может устанавливаться горизонтально или вертикально, что определяется характером выполняемых работ. В основном эти фрезерные станки являются малогабаритными, устанавливаются на столы или верстаки. Некоторые вертикально-фрезерные станки имеют поворотные головки, шпиндель которых можно устанавливать под углом $\pm 40^\circ$.

Вспомогательный инструмент и приспособления, применяемые на фрезерных станках

Для закрепления режущего инструмента на фрезерных станках применяют различный вспомогательный инструмент. Он позволяет закреплять на станках как консольно работающий инструмент (хвостовые, концевые фрезы, фрезерные головки и др.), так и инструмент, закрепленный на оправках, один конец которых устанавливают в шпинделе, второй - во втулке серьги (дисковые, отрезные, модульные фрезы и др.).

Конструкция вспомогательного инструмента зависит от крепежно-присоединительной части фрезы и конструктивных особенностей шпинделя. Например, фрезы, имеющие конический хвостик закрепляются непосредственно в шпинделе или через переходную конусную втулку. Конец отверстий шпинделей фрезерных станков имеет конус Морзе № 3,4,5. Крутящий момент инструменту от шпинделя передается через сухари, закрепленные на шпинделе, которые входят в пазы на торцевой части втулки или оправки.

Насадные фрезы (дисковые, отрезные и т.д.) базируются по отверстию на оправке, имеющей шпонку для передачи крутящего момента.

Оправку с фрезой или набором фрез крепят одним концом в шпинделе, а другим – в серьге или подвеске. В случае консольного закрепления оправку устанавливают только в посадочном отверстии шпинделя. Торцовые фрезы крепят четырьмя болтами на шпинделе или на оправке, центрируя пояском на шпинделе или на оправке. Крутящий момент передается также двумя торцовыми шпонками.

Основные узлы консольно-фрезерных станков

Основание – служит опорой станков.

Станина – базовый узел станка, во внутренней полости которого расположены коробка скоростей, шпиндель, электродвигатель главного движения. По вертикальным направляющим станины перемещается консоль. В верхнем направляющем пазу установлен хобот.

Шпиндель – жесткий пустотелый вал, на переднем конце которого устанавливаются и закрепляются фрезы. Конический участок отверстия шпинделя предназначен для установки фрез с помощью оправок или переходных втулок.

Хобот – в станках с горизонтальным шпинделем предназначен для поддержания свободного конца фрезерной оправки серьгой. Вылет хобота регулируется и фиксируется в нужном положении.

Консоль – чугунная отливка коробчатой формы, в которой размещены электродвигатель привода подачи, коробка подач и механизм ее переключения. Со станиной консоль соединяется вертикальным пазом типа «ласточкин хвост».

Салазки – промежуточный узел между консолью и столом станка. Нижним пазом салазки установлены на горизонтальных направляющих

консоли в поперечном направлении. Верхний паз салазок типа "ласточкин хвост" служит направляющей для стола.

Стол – расположен на салазках и перемещается по ним в продольном направлении. На столе устанавливается и закрепляется обрабатываемая заготовка или приспособления для крепления заготовки.

Устройство и принцип работы станка мод. НО-800

Станок универсально-фрезерный модели мод. НО-800 (рис. 7.1) предназначен для выполнения фрезерных операций технологических процессов по изготовлению деталей приборов.

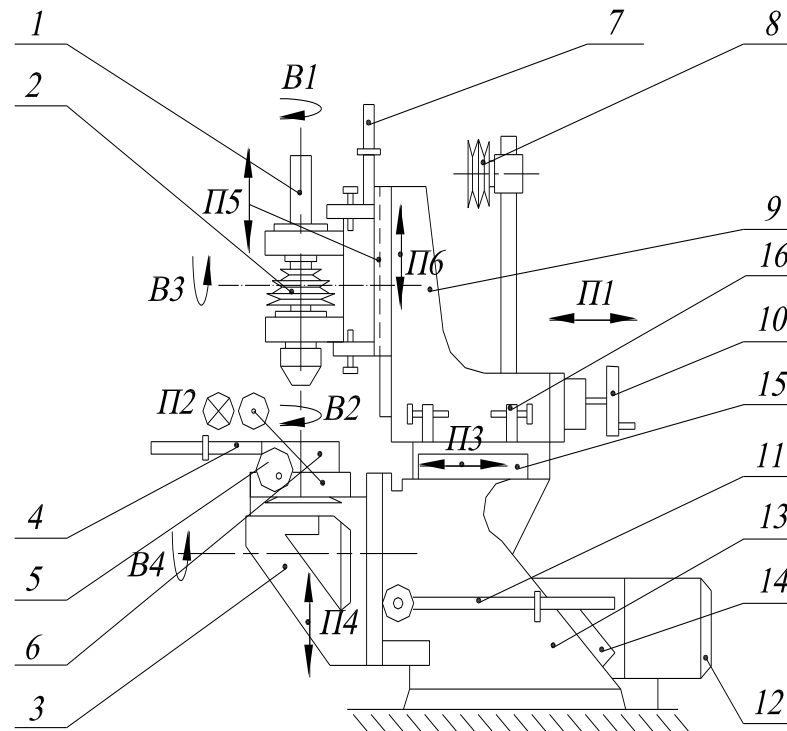


Рис. 7.1. Универсально-фрезерный станок мод. НО-800:

1 - шпиндель, 2 - шкивы трёхступенчатой ременной передачи, 3 - консоль, 4 - рычаг поворота стола, 5 - маховик поперечного перемещения стола, 6 - рабочий стол, 7 - регулировочное устройство шпинделя в вертикальном положении, 8 - натяжной ролик, 9 - стойка, 10 - маховик продольного перемещения стойки, 12 - рычаг вертикального перемещения стола, 13 - электродвигатель, 14 - корпус, 15 - пусковая аппаратура, 16 - направляющие, 17 - упорные винты

Техническая характеристика станка мод. НО-800

Расстояние от оси шпинделя до направляющих станины, мм	90
Расстояние от оси шпинделя до боковых салазок, мм	80
Максимальное перемещение шпиндельной бабки в горизонтальной и вертикальной плоскостях, мм	50
Диаметр рабочей поверхности стола, мм	100
Максимальное продольное перемещение стола, мм	100
Максимальный вертикальный ход стола, мм	50
Цена деления лимба перемещения стола, мм	0,01
Угол наклона стола в вертикальной плоскости	$\pm 30^\circ$
Угол наклона шпиндельной бабки	$\pm 30^\circ$
Электродвигатель шпиндельной бабки:	
мощность, кВт	0,25
частота вращения, мин^{-1}	3000
Конус в шпинделе специальный под цангу	29°
Напряжение питания, В	220/380
Точность обработки при фрезеровании, мм	0,02
Частота вращения шпинделя, мин^{-1}	5300
Габаритные размеры, мм	650 x 610 x 670

Станок предназначен для использования в составе технологического оборудования предприятий приборостроительной промышленности.

Обработка деталей может производиться в специальном приспособлении, которое крепится к столу.

Станок состоит из корпуса (станины) 13, в который встроены привод и пусковая аппаратура 14. Вращение шпинделя 1 осуществляется от электродвигателя 12 через трехступенчатую круглоремennую передачу, огибающую натяжной ролик 8 (В1). Отверстие шпинделя рассчитано на

применение цанги или оправки для фрез. Основание стойки 9, несущей шпиндель 1, закрепляется на призматических направляющих 15 станины с помощью двух эксцентриков. Продольное перемещение стойки 9 относительно направляющих 15 ограничивается упорными винтами 16 и осуществляется микрометрическим винтом 10 с ценой деления 0,01 мм (П1) (П3 – движение направляющих относительно станины). Зазор в направляющих регулируется с помощью клина.

Консоль 3, несущая на себе круглый стол 6, перемещается в вертикальном направлении по призматическим направляющим при помощи реечной пары от рукоятки 11 (П4), закрепленной на оси реечной шестерни. Консоль имеет вращательное движение В4 вокруг горизонтальной оси. Вращение стола 6 вокруг оси осуществляется при помощи рычага 4 (В2), а поперечное перемещение стола осуществляется вращением маховика 5 микрометрического винта (П2). Все движения винта ограничиваются упорными винтами. Наклон консоли и шпиндельной бабки фиксируется зажимными болтами. Зазоры в направляющих регулируются клиньями.

Шпиндель станка вращается в двух бронзовых втулках. Одна втулка цельная с внутренним конусным отверстием, а вторая – разрезная. Регулировка радиальных и осевых люфтов осуществляется с помощью гаек.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с назначением, компоновкой и техническими характеристиками фрезерного станка мод. но-800.
2. Изучить назначение основных узлов станка.
3. Определить главное движение, движения подачи и вспомогательные движения.

4. По выданному преподавателем эскизу произвести наладку станка на обработку и при помощи микроскопа бми-1 определить точность полученных размеров, и сравнить с заданной величиной.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

1. Наименование и цель работы.
2. Инструменты и принадлежности к работе.
3. Компоновка станка мод. но-800 с указанием всех видов движений (главное движение, движение подачи, вспомогательные движения).
4. Эскиз детали.
5. Схема измерения и наладка станка.
6. Таблица с результатами измерений.
7. Выводы.

Контрольные вопросы к лабораторной работе

1. Классификация станков фрезерной группы.
2. Назначение и виды выполняемых работ на фрезерных станках.
3. Вспомогательный инструмент, применяемый на фрезерных станках.
4. Устройство, компоновка и кинематическая схема станка мод. 6М82.
5. Назовите основные узлы и движения, необходимые для осуществления процесса резания на станке мод. НО-800.

Литература

1. Жигалко Н.И., Яцура Е.С. Обработка материалов, станки и инструмент: [Учеб. пособие для ВУЗов спец. 0531, 0533, 0651, 0652]., Мн., Выш. шк., 1984., с. 192-203.

2. Резание конструктивных материалов, режущие инструменты и станки. Под ред. проф. П.Г. Петрухи. Изд. 2-е, перераб. и доп., М., «Машиностроение», 1974., с. 407-428.

Лабораторная работа № 8

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ

Цель работы: Закрепить теоретические сведения о классификации и назначении станков сверлильной группы; изучение конструкции сверлильного станка; приобретение практических навыков базирования заготовки, крепления инструмента и настройки станка на обработку заданной поверхности; ознакомление с методами измерения параметров отверстий.

Инструменты и принадлежности к работе

1. Станок сверлильный.
2. Устройство сверлильное.
3. Тиски станочные.
4. Комплект режущего инструмента.
5. Штангенциркуль.
6. Заготовка.
7. Операционный эскиз.
8. Микроскоп инструментальный БМИ-1.

Основные положения

Сверлильные станки относятся к станкам сверлильно-расточной группы и предназначены для выполнения следующих операций:

- сверление отверстий в сплошном материале и рассверливание уже имеющихся;
- зенкерование;

- развертывание и растачивание отверстий;
- нарезание внутренней резьбы метчиками.

На всех сверлильных станках вращательное движение шпинделя является главным движением, а его прямолинейное перемещение параллельно оси движением подачи.

Основными характеристиками сверлильных станков являются:

- наибольший условный диаметр D сверления;
- вылет и ход шпинделя;
- номер конуса в отверстии шпинделя.

Размеры сверлильных станков колеблются в широких пределах - от настольных (с наибольшим диаметром сверления 6 мм) до тяжелых (с наибольшим диаметром сверления 75 мм).

Наибольшее распространение получили сверлильные станки следующих типов:

- *одношпиндельные вертикально-сверлильные станки:*

а) настольные сверлильные станки для обработки отверстий малого диаметра. Шпиндели этих станков имеют высокие скорости вращения.

б) вертикально-сверлильные станки на колонне (основной и наиболее распространенный тип), применяются преимущественно для обработки отверстий в деталях сравнительно небольшого размера. Их недостаток в том, что для совмещения осей обрабатываемого отверстия и инструмента производится перемещение деталей относительно инструмента (вручную).

- *многошпиндельные сверлильные станки, которые обеспечивают значительное повышение производительности по сравнению с одношпиндельными станками.*

- *радиально-сверлильные станки применяются для сверления отверстий в деталях больших размеров. На радиально-сверлильных станках*

совмещение осей отверстия и инструмента осуществляют перемещением шпинделя станка относительно неподвижной детали.

- *горизонтально-сверлильные* станки применяются для глубокого сверления.
- *центровальные* станки служат для получения в торцах заготовок центровых отверстий.

К станкам сверлильной группы относятся также *расточные* станки. В состав расточных станков входят:

- *горизонтальные расточные* станки, предназначенные для растачивания предварительно обработанных или отлитых отверстий в сравнительно крупных деталях. Для обеспечения перпендикулярности или параллельности торцов и осей отверстий на станках можно с одной установки обрабатывать отверстия, фрезеровать или обтачивать плоскости.

- *координатно-расточные* станки, предназначенные для обработки отверстий с точным расстоянием между их осями. Особенностью координатно-расточных станков является наличие специальных устройств для точного измерения перемещения подвижных узлов станка.

- *алмазно-расточные* станки, применяются для чистовой обработки отверстий алмазными или твердосплавными резцами. Станки имеют повышенные скорости вращения шпинделя и жесткость, в результате чего обеспечивается их виброустойчивость.

Сверлильные станки, применяемые в приборостроении для обработки отверстий малых диаметров, в основном настольные или верстачные. В зависимости от расположения шпинделя они подразделяются на вертикальные и горизонтальные, а в зависимости от количества шпинделей - на одно- и многошпиндельные.

Для изменения частоты вращения шпинделя на станках используют сменные ступенчатые приводные шкивы или регулируемый электропривод различных конструкций (чаще для автоматизированных станков). Чтобы повысить точность обработки на этих станках при использовании сравнительно податливого мелкогабаритного режущего инструмента, особое внимание уделяется плавности и равномерности подачи. Приводы подачи являются кулачковыми или рычажными механизмами различного типа. Для повышения чувствительности механизмов подачи, уменьшения моментов сил трения в кинематических парах при медленных и малых круговых и линейных перемещениях рабочих органов, т. е. для снижения скачкообразности движения, шпиндели сверлильных станков в приборостроении уравнивают пружинами или контргрузами. При выполнении на универсальных станках особо точных работ (обработка отверстий малого диаметра небольшой глубины) качество выполнения операций во многом зависит от квалификации рабочего.

Настольные сверлильные станки

Назначение, устройство и принцип работы станка мод. SB 501/1

Станок мод. **SB 501/1** (рис. 8.1) предназначен для сверления, рассверливания, зенкерования и развёртывания отверстий в различных деталях, а также для торцевания и нарезания резьбы машинными метчиками.

Технические характеристики станка:

Наибольший диаметр сверления, мм	16
Число скоростей вращения шпинделя	9
Пределы чисел оборотов шпинделя в минуту	277 – 2440
Режим работы	400Вт, 10 мин

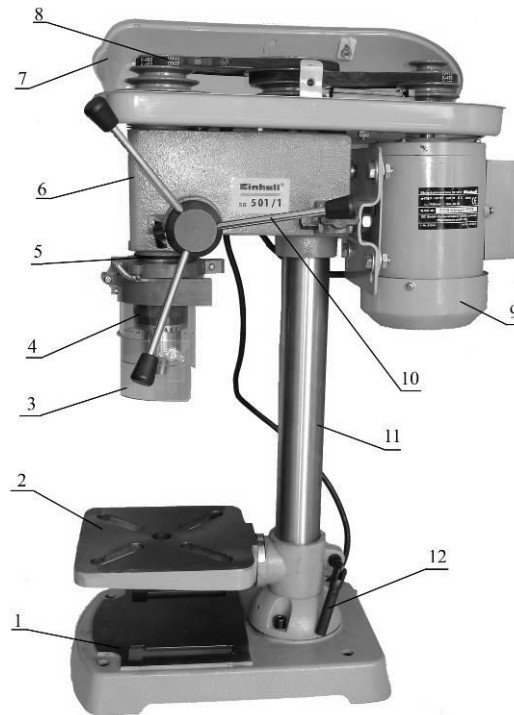


Рис. 8.1. Настольный вертикально-сверлильный станок мод. SB 501/1:

1 - опорная плита, 2 – сверлильный стол, 3 - защитный кожух, 4 - сверлильный патрон, 5 - шпиндель, 6 - корпус, 7 - крышка, 8 - коробка передач, 9 - двигатель, 10 - рукоятка, 11 - стойка, 12 - винт зажима стола.

На станке мод. **SB 501/1** обрабатывают детали сравнительно небольших размеров и веса. Станок представляет собой опорную плиту *1* со стойкой *11*, по которой передвигается и устанавливается на нужной высоте поворотный сверлильный стол *2*. Станок имеет ременную коробку передач *8*, которая расположена в верхней части корпуса и закрывается крышкой *7*. К корпусу шпиндельной бабки прикреплён двигатель *9*. Режущий инструмент закрепляется в патроне *4*, который крепится на шпинделе *5*. При помощи рукоятки *10* осуществляется вертикальное перемещение шпинделя. Для включения станка предназначен выключатель зелёного цвета, для выключения – красного цвета. Вращательный момент с вала двигателя передаётся через коробку передач шпинделю.

Шпиндель *5* вращается (главное движение V_1) с частотой 277-2440 об/мин холостого хода. Обрабатываемая заготовка устанавливается на

сверлильном столе 2, имеющем установочные вертикальное P_1 и вращательные B_2 перемещения вокруг стойки станка и B_3 вокруг оси перпендикулярной оси стойки 11. Фиксация стола осуществляется винтом зажима 12. Движение подачи P_2 осуществляется рычажным устройством при нажиме пальца на рукоятку 10.

Вспомогательный инструмент

Точность обработанных отверстий зависит от метода закрепления осевых инструментов, конструкции вспомогательного инструмента и точности станка. Крепление инструментов в зависимости от типа станочного оборудования производится в шпинделе через переходные втулки, в специальных цанговых, кулачковых патронах и державках.

Для закрепления сверл малого диаметра (до 1 мм) широко используются *цанговые патроны*. Они надежно закрепляют и хорошо центрируют осевой инструмент, если диаметр его хвостовика соответствует диаметру отверстия цанги. Цанговый патрон (рис. 8.4) состоит из корпуса 1 с хвостовиком, цанги 2 и гайки 3. Цанга располагается в отверстии корпуса и конусом сопрягается с конусной его фаской. При завинчивании гайки цанга смещается вдоль оси, действием конусной фаски отверстия корпуса сжимается и закрепляет сверло 4.

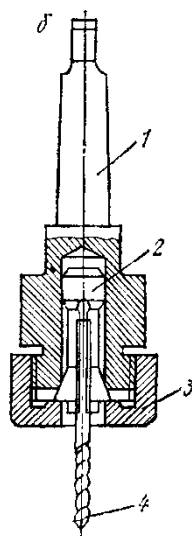


Рис. 8.4. Цанговый патрон

Сверлильный кулачковый патрон является более универсальным зажимным инструментом, чем втулки и цанги, так как в нем можно закреплять осевые инструменты с широким диапазоном диаметров. Сверлильный кулачковый патрон (рис. 8.5) состоит из корпуса 2, втулки 3, кулачков 6 и кольца 4. На верхней части кулачков нарезана резьба, сопрягающаяся с резьбой на кольце 4, которое запрессовано во втулку 3. При закреплении сверла в патроне втулка сначала вращается вручную, а затем с помощью шестеренки ключом 5. С поворотом ключа вместе со втулкой вращается кольцо, которое также навинчивается на кулачки 6, перемещающиеся в трех наклонных пазах. При этом сверло центрируется и зажимается. Для установки в шпиндель патроны снабжаются коническим хвостовиком 1 различного размера, что позволяет закреплять инструменты с широким диапазоном размеров (от 0,5 до 16 мм).

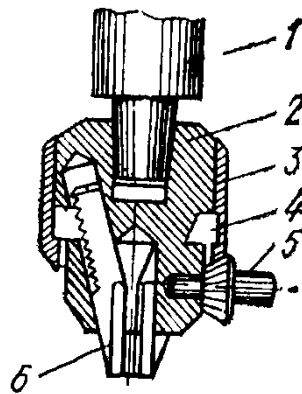


Рис. 8.5. Сверлильный кулачковый патрон

Плавающий патрон (рис. 8.6) закрепляется в шпинделе станка с помощью хвостовика 1. Между торцами хвостовика и втулки 6 на шайбе 5 установлены в сепараторе 4 шарики, через которые хвостовик воспринимает от втулки осевую силу резания при работе развертки. Крутящий момент от хвостовика к втулке передается через поводок 9, имеющий по концам закругленные шестигранные выступы, грани которых сдвинуты относительно друг друга на 30° . Верхний выступ поводка входит в шестигранное отверстие хвостовика, а нижний - в аналогичное отверстие втулки 6. Поджим втулки к хвостовику выполняется пружиной 3, которая

действует на фланец гайки 2, связанной резьбой со втулкой 6. Инструмент в патроне закрепляется с помощью гайки 7, которая при вращении по резьбе втулки 6 смещает в осевом направлении цангу 8.

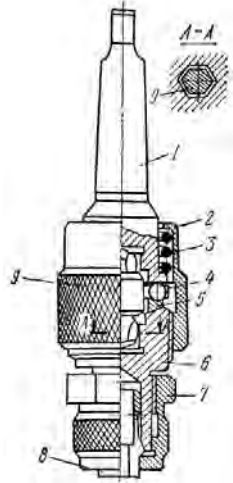


Рис. 8.6. Плавающий патрон

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с назначением, компоновкой и технической характеристикой сверлильного станка мод. SB 501/1 и устройства сверлильного.
2. Ознакомится с технологической оснасткой применяемой для крепления осевого инструмента.
3. Определить тип патрона установленного на шпинделе сверлильного станка.
4. Получить у преподавателя или инженера заготовку и операционный эскиз.
5. Выбрать инструмент для обработки отверстий и закрепить его в патроне станка.
6. Настроить станок на обработку отверстий в соответствии с операционным эскизом, для чего произвести разметку обрабатываемой детали, установить и закрепить её на столе станка.
7. Просверлить отверстия.
8. Проконтролировать на микроскопе БМИ.

Содержание отчёта

1. Наименование и цель работы.
2. Инструменты и принадлежности к работе.
3. Компоновка устройства сверлильного с приводом, его назначение, технические характеристики.
4. Указать движение резания, вспомогательные движения.
5. Операционный эскиз заготовки.
6. Схема настройки устройства сверлильного с приводом на обработку отверстий в соответствии с операционным эскизом.
7. Схема измерения координат осей отверстий на микроскопе БМИ.
8. Результаты измерений и вычислений.
9. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные типы сверлильных станков.
2. Отверстия какой точности и качества поверхности можно получить на сверлильных станках, с помощью каких операций достижима более высокая точность?
3. Назовите основные узлы и опишите основные движения станка мод. SB 501/1.
4. Опишите устройство и принцип работы станка мод. SB 501/1.
5. Назовите и поясните назначение основных зажимных инструментов.

Литература

1. Жигалко Н.И., Яцура Е.С. Обработка материалов, станки и инструменты., Мн.: Выш. шк., 1984., с. 154-167.

2. Технология обработки конструкционных материалов: Учеб. для машиностр. спец. вузов. П.Г. Петруха, А.И. Марков и др. Под ред. П.Г. Петруха., М.: Выш. шк., 1991, с. 73-77, 98-100, 117-120.

Лабораторная работа № 9

ИСПЫТАНИЕ И ПРОВЕРКА СТАНКА НА ГЕОМЕТРИЧЕСКУЮ ТОЧНОСТЬ

Цель работы: Выбор средств измерения и определение норм точности настольного токарного станка Т-28.

Инструмент и принадлежности к работе

1. Станок Т-28 с полным комплектом оснастки и приспособлений.
2. Средства измерений.

Основные положения

Требуемая точность и долговечность работы станка обеспечиваются правильной его установкой и креплением на фундаменте. Тип фундамента зависит от массы станка и сил инерции, действующих во время его работы.

После установки и выверки станка на фундаменте должен быть произведен его внешний осмотр и испытания на точность и жесткость на холостом ходу и под нагрузкой в процессе работы.

После внешнего осмотра приступают к испытанию станка на холостом ходу. Проверку привода главного движения производят последовательно на всех ступенях частот вращения. Проверяют взаимодействие всех механизмов станка, их безотказность и своевременность включения и выключения от различных управляющих устройств, органов управления и др. Проверяют исправность действия систем смазывания, подачи СОЖ, гидро- и пневмооборудования станка.

При испытаниях на холостом ходу станок должен работать на всех режимах устойчиво, без стука и сотрясений, вызывающих вибрацию. Перемещение рабочих органов механическим или гидравлическим приводом должно происходить плавно без скачков и заеданий. При

испытаниях на холостом ходу проверяют и паспортные данные станка (частоту вращения шпинделя, подачу, перемещение кареток суппорта и др.). Фактические данные должны соответствовать значениям, указанным в паспорте.

После проверки станка на холостом ходу приступают к испытанию станка под нагрузкой в условиях, близких к производственным. Испытание проводят обработкой образцов на таких режимах, при которых нагрузка не превышает номинальной мощности привода в течение основного времени испытания.

Причины возникновения погрешностей формы и расположения поверхностей деталей, обработанных на станках

Непрямолинейность образующих деталей типа тел вращения возникает вследствие прямолинейности направляющих станка из-за погрешностей их изготовления и износа, а также в результате деформаций при неправильной установке или нагреве станины. Причинами прямолинейности образующих могут быть: повышенная податливость детали, вызывающая ее бочкообразность; податливость центров, приводящая к седлообразности детали; копирование форм заготовки; завалка поверхности по концам детали при врезании и выходе инструмента.

Некруглость деталей является результатом блуждающего биения шпиндельных подшипников, некруглости шеек шпинделей на подшипниках скольжения, копирования некруглости заготовок.

Конусообразность деталей возникает вследствие отклонения от параллельности оси шпинделя направляющим (обработка ведется в патроне), при температурных деформациях системы, смещения оси задней бабки, разной жесткости переднего и заднего центров, конусообразности заготовки.

Отклонение от концентричности тел вращения является результатом копирования эксцентриситета заготовки, биения вращающегося центра шпинделя.

Отклонение от параллельности возникает из-за непрямолинейности направляющих станка, температурных деформаций, всплывания стола, отклонений от параллельности (в горизонтальных станках) или от перпендикулярности (в вертикальных станках) оси шпинделя поверхности стола и его направляющим.

Основные пути повышения точности станков

Повышению точности станков способствуют: применение более совершенных кинематических схем формообразования, совершенствование кинематики повышения точности элементов кинематических цепей, применение коррекционных устройств; использование конструкций, в которых вредные смещения направлены по касательной к обрабатываемой поверхности и незначительно влияют на точность обработки; применение конструкций с компенсацией износа или с самокомпенсацией зазоров с помощью пружин, гидравлического давления, использование адаптивных систем управления и др.

Условия испытания станков на точность

Точность станка определяется показателями, характеризующими его геометрическую точность, точность обработанных образцов-изделий, и дополнительными. К показателям геометрической точности станка относятся: точность баз для установки заготовки и инструмента; точность траекторий движений и взаимосвязанных относительных линейных и угловых перемещений рабочих органов станка, несущих заготовку и инструмент; точность координатных перемещений этих органов и др. К показателям, определяющим точность обработки образцов-изделий,

относятся: точность геометрических форм и расположения их обработанных поверхностей; постоянство размеров партии образцов-изделий и др. Дополнительными показателями оценивают точность станка при воздействии теплоты, колебаниях его на холостом ходу и др.

Перед испытанием на точность станок выставляют по уровню. Допускаемые отклонения установки станков классов *H* и *П* составляют 0,04 мм/м, классов *B*, *A* и *C* - 0,02 мм/м. Колебания температуры рабочего пространства при проверке станков классов *B*, *A* и *C* не должны превышать 2°C.

При статических проверках используются универсальные и специальные контрольно-измерительные приборы и комплекты инструментов (индикаторы, уровни, контрольные линейки, концевые меры длины), а также контрольные оправки (консольные и центровые), кронштейны, стойки, эталонные ходовые винты и т.д.

Размеры контрольных частей оправок принимаются в соответствии с ГОСТом.

Многие проверки выполняются с использованием индикаторов. Стойка с индикатором устанавливается и закрепляется на одной из деталей, а его измерительный наконечник касается другой детали станка или контрольной оправки. После этого вращают или перемещают одну из деталей, а отклонение стрелки индикатора показывает величину погрешности их взаимного расположения или перемещения.

Средства измерений проходят предварительную аттестацию. При испытании станков класса *H* и *П* погрешность измерения не должна превышать 20% допускаемого отклонения измеряемого параметра.

В процессе испытания отдельные узлы станка перемещаются вручную или от механического привода со скоростями, установленными технической документацией.

При проверке станка на точность обработки (проверка в работе)

режимы резания, инструменты и образцы-изделия подбирают применительно к его типоразмеру. Образцы изделия изготавливают из стали средней твердости или чугуна. Их форма и размер предусмотрены соответствующим ГОСТом.

Устройство станка Т-28

Токарный станок Т-28 предназначен для выполнения точных работ в инструментальных и опытных цехах часовой и приборостроительной промышленности. Станок изготавливается в настольном исполнении, с приводом от индивидуального электродвигателя. Крепление обрабатываемых деталей осуществляется с цанге, в центрах, на планшайбе. Станок состоит из станины, передней бабки, задней бабки и суппорта (рис.8.1).

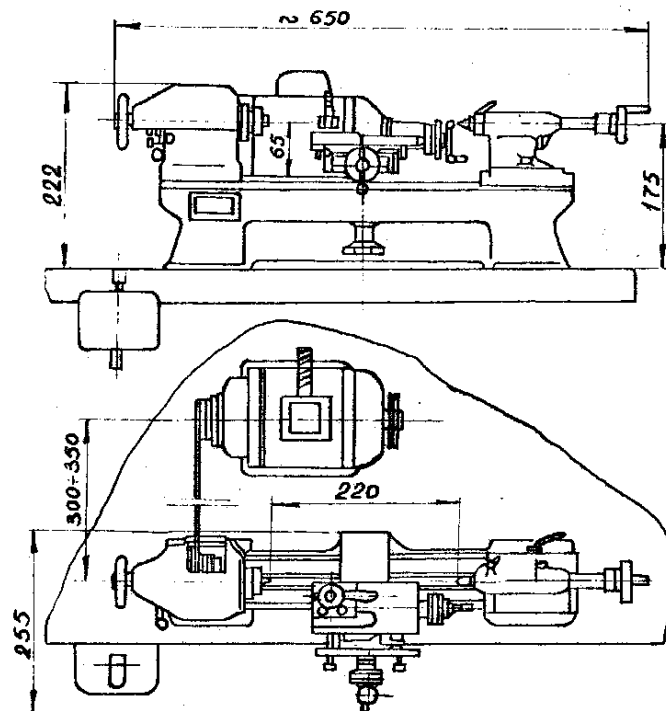


Рис. 8.1. Общий вид станка

Суппорт устанавливается на станине. На суппорте крепится обрабатывающий инструмент. Подача инструмента осуществляется в продольном и поперечном направлениях вручную. Цена деления лимбов

рукояток перемещения 0,01 мм.

Вращение шпинделя осуществляется электродвигателем через трехступенчатую круглоремennую передачу.

Шпиндель станка вращается в двух бронзовых втулках. Регулировка подшипников шпинделя производится гайкой. При большой выработке подшипников следует произвести их притирку.

Регулировка осевого люфта опор винтов подач суппорта производится резьбовыми втулками.

Основные технические характеристики станка приведены в табл.8.1.

Таблица 8.1 – Технические характеристики станка

1.	Наибольший диаметр прутка зажимаемого в цангу, мм	5
2.	Наибольший диаметр обрабатываемого изделия, мм	80
3.	Наибольшая длина обработки без перестановки суппорта, мм	55
4.	Конус в шпинделе специальный под цангу, град	29
5.	Конус в задней бабке, Морзе	0
6.	Наибольшее продольное перемещение суппорта, мм	55
7.	Наибольшее поперечное перемещение суппорта, мм	55
8.	Наибольшее перемещение пиноли задней бабки, мм	45
9.	Наибольший угол поворота резцовых салазок, град	±60
10.	Количество скоростей шпинделя	3
11.	Число оборотов шпинделя, мин ⁻¹	4300 2500 1440
12.	Цена деления лимба суппорта, мм	0,01
13.	Потребляемая мощность, кВт, не более	0,27
14.	Габаритные размеры, мм	650×255×222
15.	Масса, кг, не более	25

Для включения двигателя используется рукоятка включения двигателя 1 (рис.8.2). Для остановки вращения шпинделя предназначена рукоятка торможения шпинделя передней бабки 2. При проведении работ

связанных с поворотом шпинделя на некоторый угол применяется делительное устройство, для закрепления шпинделя в заданном положении используется ручка делительного устройства 3. Маховичок цангодержателя 4 предназначен для закрепления цанг и других принадлежностей. Для закрепления цанги необходимо ручкой стопорения шпинделя 5 застопорить шпиндель и вращая маховичок 4 закрепить цангу.

Суппорт станка имеет продольное и поперечное перемещение, а также имеется возможность вращения резцовых салазок. Помимо этого суппорт может перемещаться по станине. Для фиксации суппорта в нужном положении используется гайка зажима суппорта 11. Поперечное перемещение суппорта осуществляется с помощью ручки поперечной подачи суппорта 6. Продольное – ручкой продольной подачи суппорта 7. Для вращения резцовых салазок предназначены винты 12. Например, для поворота по часовой стрелке левый винт завинчивается, а правый винт вывинчивается. После поворота на необходимый угол правый винт завинчивается до упора.

Задняя бабка может перемещаться по станине, для закрепления задней бабки в определенном положении используется рукоятка зажима задней бабки 10. Пиноль задней бабки перемещается маховиком подачи пиноли 9 и зажимается рукояткой зажима пиноли 8. На рис.8.2 показаны также места смазки станка: 21 - подшипники шпинделя передней бабки, 22 – опоры ходовых винтов суппорта, 23 – опора винта подачи пиноли задней бабки.

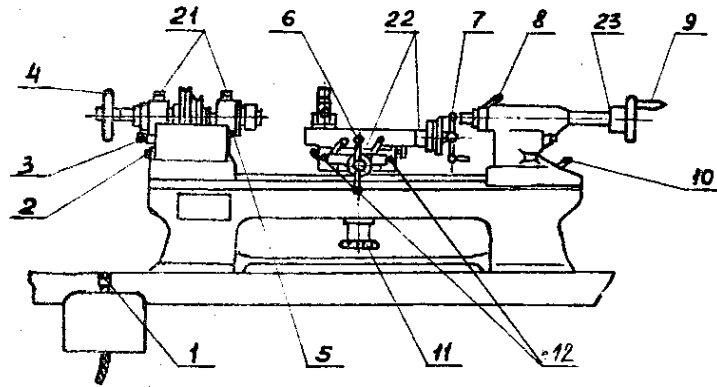


Рис.8.2. Схема расположения рукояток и мест смазки

Порядок выполнения работы

При выполнении работы производится несколько стандартных проверок на точность токарного станка Т-28.

1. Проверка радиального биения центрирующей шейки шпинделя передней бабки (рис. 8.3). Стойку индикатора устанавливают на неподвижной части станка. Измерительный наконечник индикатора должен быть направлен нормально к образующей центрирующей шейки.

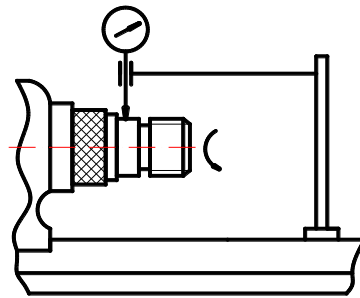


Рис. 8.3. Проверка радиального биения центрирующей шейки шпинделя

2. Проверка радиального биения оси конического отверстия шпинделя передней бабки (рис. 8.4). Индикатор устанавливается так, чтобы измерительный наконечник касался поверхности конического отверстия перпендикулярно к образующей конуса.

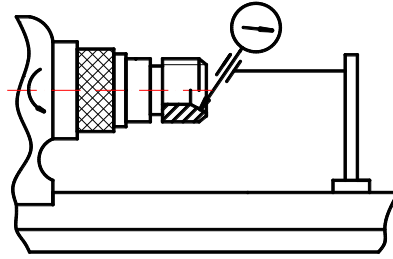


Рис. 8.4. Проверка радиального биения оси конического отверстия шпинделя передней бабки

3. Проверка параллельности оси шпинделя передней бабки направляющим станины в вертикальной плоскости (рис. 8.5). Проверка производится с помощью цилиндрической оправки, вставленной в отверстие цанги, которая в свою очередь устанавливается в шпинделе. В каждой позиции производится два замера (с поворотом шпинделя на 180°).

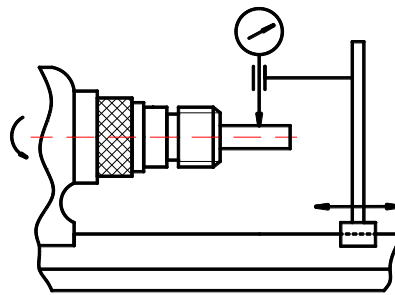


Рис. 8.5. Проверка параллельности оси шпинделя передней бабки направляющим станины в вертикальной плоскости

4. Проверка осевого биения шпинделя передней бабки (рис. 8.6). Ее выполняют с помощью индикатора, касающегося плоским измерительным наконечником шарика, помещенного в конусное отверстие шпинделя.

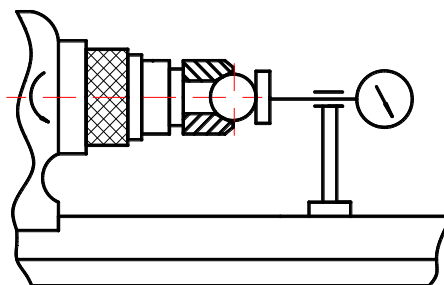


Рис. 8.6. Проверка осевого биения шпинделя передней бабки

5. Проверка параллельности оси конического отверстия шпинделя задней бабки направляющим станины (рис. 8.7). Проверка производится на цилиндрической оправке, вставленной в коническое отверстие шпинделя задней бабки. Замеры производятся 3 раза с перестановкой оправки.

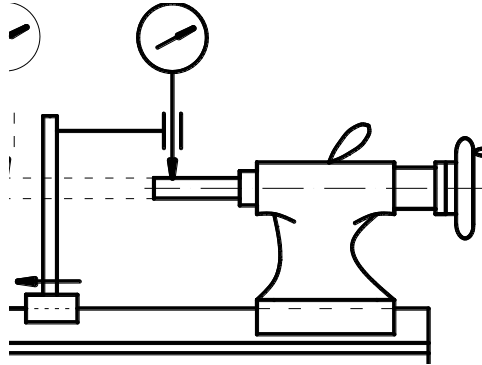


Рис. 8.7. Проверка параллельности оси конического отверстия шпинделя задней бабки направляющим станины

6. Проверка параллельности перемещения шпинделя задней бабки направляющим станины в вертикальной (рис. 8.8) и горизонтальной плоскостях. Проверка производится в одной точке при выдвинутом и задвинутом положении пиноли в горизонтальной вертикальной плоскостях.

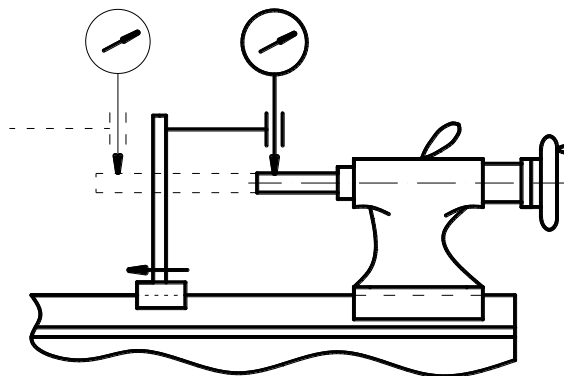


Рис. 8.8. Проверка параллельности перемещения шпинделя задней бабки направляющим станины в вертикальной плоскости

7. Проверка расположения осей отверстий шпинделя передней бабки и шпинделя задней бабки (рис. 8.8). Проверка производится посредством цилиндрической оправки, закрепленной в центрах. В горизонтальной плоскости - оси должны быть расположены на одинаковом расстоянии от боковой плоскости направляющих станины. В вертикальной плоскости –

оси должны быть на одинаковой высоте от верхней плоскости направляющих станины.

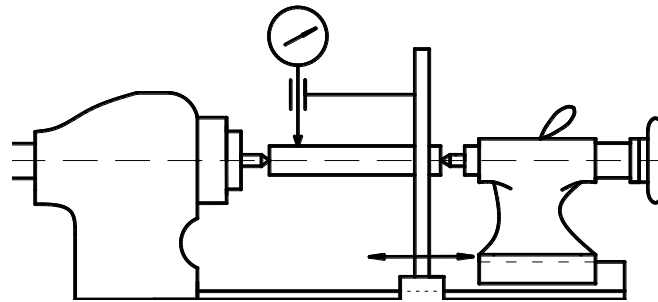


Рис. 8.8. Проверка расположения осей отверстий шпинделей передней и задней бабок в вертикальной плоскости

8. Проверка параллельности направления движения резцовых салазок суппорта к оси шпинделя передней бабки в вертикальной плоскости (рис. 8.10). Проверка производится на цилиндрической оправке, вставленной в коническое отверстие шпинделя передней бабки. Замеры производятся 3 раза с перестановкой оправки.

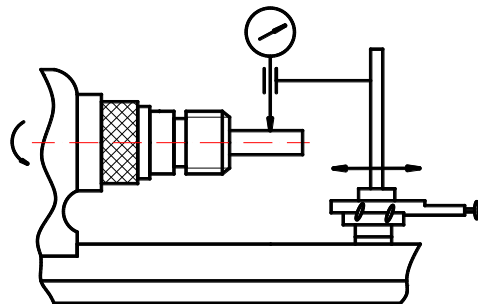


Рис. 8.10. Проверка параллельности направления движения резцовых салазок суппорта к оси шпинделя передней бабки в вертикальной плоскости

9. Проверка перпендикулярности торцевой поверхности буртика шпинделя передней бабки к оси вращения шпинделя (рис. 8.11). Ее выполняют с помощью индикатора, касающегося буртика у его периферии. Измерения производят в диаметрально противоположных точках двух взаимно перпендикулярных плоскостей.

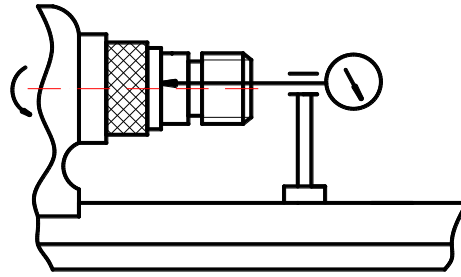


Рис. 8.11. Проверка перпендикулярности торцовой поверхности буртика шпинделя передней бабки к оси вращения шпинделя

10. Проверка радиального биения цилиндрической оправки длиной 10 мм, зажатой в цанге (рис. 8.12). Проверке подвергается весь комплект цанг, прилагаемых к станку.

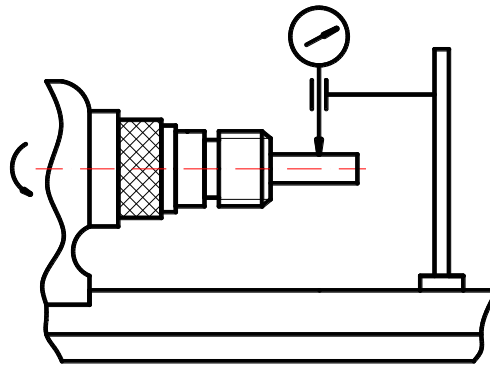


Рис. 8.12. Проверка радиального биения цилиндрической оправки
Результаты испытаний заносятся в таблицу 8.3.

Таблица 8.3 - Результаты измерений

Наименование проверки	Допускаемое значение параметра, мм	Фактическое отклонение, мм	Схема проверки
Радиальное биение центрирующей шейки шпинделя передней бабки	0,005		
Радиальное биение оси конического отверстия шпинделя передней бабки	0,003 у конца шпинделя		

Параллельность оси шпинделя передней бабки направляющим станины в вертикальной плоскости	0,005 на длине 100 мм		
Осевое биение шпинделя передней бабки	0,003		
Параллельность оси конического отверстия пиноли задней бабки направляющим станины	0,005		
Параллельность перемещения шпинделя задней бабки направляющим станины в горизонтальной и вертикальной плоскостях	0,005 на длине хода шпинделя		
Расположение осей отверстий шпинделя передней бабки и шпинделя задней бабки в горизонтальной плоскости	0,01 (ось шпинделя задней бабки может отклоняться только в сторону резца)		
Расположение осей отверстий шпинделя передней бабки и шпинделя задней бабки в вертикальной плоскости	0,01 (ось шпинделя задней бабки может быть только выше оси шпинделя передней бабки)		
Параллельность перемещения резцовых салазок суппорта оси шпинделя передней бабки в вертикальной плоскости	0,005 на длине хода салазок		
Перпендикулярность торцевой поверхности буртика шпинделя передней	0,003 на диаметре буртика		

бабки к оси вращения шпинделя			
Радиальное биение цилиндрической оправки длиной 10 мм, зажатой в цанге	0,01 у конца оправки		

Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Инструмент и принадлежности к работе.
3. Таблица результатов испытания станка на точность (табл. 9.1).
4. Заключение о соответствии станка нормам точности и предложения по восстановлению точности.
5. Выводы и рекомендации.

Контрольные вопросы к лабораторной работе

1. Причины возникновения погрешностей формы и расположения поверхностей деталей, обработанных на станках.
2. Основные пути повышения точности станков.
3. Условия, при которых производится испытание станков на точность.
4. Содержание различных проверок станка на точность.
5. Устройство и принцип работы станка Т-28.

Литература

1. А.И. Кочергин, Е.С. Яцура, В.И. Туромша и др. Лабораторный практикум по металлорежущим станкам. Под ред. А.И. Кочергина., Мн., Выш.шк., 1986., С. 87-93.

Часть 2

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Конструирование и производство приборов»

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ (ПРАКТИКУМ)

по дисциплине «Технологическое оборудование
и оснастка в приборостроении»
для студентов специальностей 1-38 01 01 «Механические
и электромеханические приборы и аппараты»,
1-38 02 02 «Биотехнические и медицинские
аппараты и системы», 1-52 02 01 «Технология
и оборудование ювелирного производства»

В 2 частях

Часть 2

Минск 2009

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ БАЗИРОВАНИЯ ПРИ УСТАНОВКЕ ДЕТАЛЕЙ НА ПЛОСКОСТЬ И ДВА ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОТВЕРСТИЯ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Выбор установочных элементов приспособления и определение рациональной схемы их расположения при базировании заготовки на два цилиндрических отверстия с параллельными осями и на перпендикулярную им плоскость в зависимости от точности размеров, выдерживаемых при обработке заготовки в приспособлении.

ИНСТРУМЕНТ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ К РАБОТЕ

Приспособление

Комплект установочных пальцев

Заготовка

Эскиз заготовки

Индикатор часового типа ИЧ 10 (или МИГ 2)

Стойка ГОСТ 10197-70

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Схема базирования заготовок по двум отверстиям с параллельными осями и перпендикулярной им плоскости широко используется в практике, что объясняется следующими ее достоинствами: простая конструкция приспособления, возможность выдержать принцип единства баз на различных операциях технологического процесса, относительно простая передача и фиксация заготовок на поточных и автоматических линиях, обеспечение свободного доступа инструмента для обработки заготовки с разных сторон.

При использовании такой схемы установки заготовки в приспособлении, ее плоскость и два отверстия являются чистовыми базами. Базовые поверхности обрабатываются на одной из первых операций, при этом отверстия, как правило, развертывают по 7 качеству.

Конструктивно различают установку заготовки на два цилиндрических пальца или на один цилиндрический и один срезанный.

При проектировании приспособлений конструктор решает задачу выбора конфигурации установочных пальцев, их взаимного расположения, определения диаметров установочных пальцев, допусков на их изготовление и назначение допуска на межцентровое расстояние пальцев.

Обычно номинальный диаметр одного из пальцев (цилиндрического) назначают равным номинальному диаметру отверстия в заготовке, а поле допуска по **g6, f7**, или **e9** в зависимости от точности отверстия в заготовке.

Диаметр второго пальца определяется исходя из двух условий:

1) обеспечение установки по данной схеме базирования любой заготовки из партии, учитывая заданные допуски на межцентровое расстояние между отверстиями и допуски на диаметры отверстий;

2) обеспечение требуемой точности получаемых на операции размеров и взаимного расположения поверхностей, что определяется точностью установки заготовки в приспособлении.

На рис.1.1 показана схема приспособления, включающая два цилиндрических пальца 1 и 2, запрессованных в основание 3. Приспособление предназначено для установки заготовки 4.

Условие, обеспечивающее установку любой заготовки в приспособлении на два цилиндрических пальца определяется выражением:

$$S_{1\min} + S_{2\min} \geq IT_o + IT_n, \quad (1.1)$$

где $S_{1\min}$ и $S_{2\min}$ - минимальные зазоры в сопряжении отверстий заготовки с первым и вторым установочными пальцами;

IT_0 и IT_n - допуски на расстояние L между осями базовых отверстий в заготовке и осями установочных пальцев приспособления.

Наличие гарантированных зазоров между базовыми отверстиями заготовки и установочными пальцами приспособления вызывает погрешность базирования. Согласно рис.1.1 погрешность базирования для размера l_1 определяется по формуле:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\delta l_1} &= S_{1\max}; \quad \text{если } S_{1\max} < S_{2\max} \\ \text{и } \varepsilon_{\delta l_1} &= S_{2\max}; \quad \text{если } S_{1\max} > S_{2\max} \end{aligned} \quad (1.2)$$

а возможное угловое смещение заготовки в приспособлении будет равно:

$$\varepsilon_{\delta l} = \arctg ((S_{1\max} + S_{2\max}) / 2L) \quad (1.3)$$

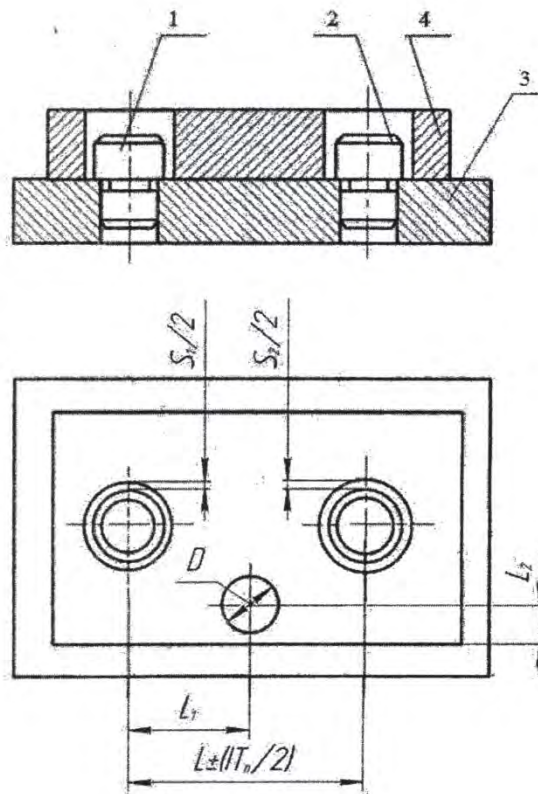


Рис.1.1. Схема установки заготовки базовыми поверхностями на цилиндрические пальцы

Наличие допуска IT_0 на расстояние L между осями базовых отверстий приводит к тому, что одно из них при установке партии

заготовок занимает два предельных положения (рис.1.2). Очевидно, что область, образованная пересечением двух окружностей a и b , является общей для всех заготовок из партии и при использовании в качестве второго установочного элемента цилиндрического пальца, он должен вписываться в эту область. Нетрудно подсчитать (из условия 1.1), что максимальный диаметр второго цилиндрического пальца равен:

$$D_{2пmax} = D_{2отв min} - S_{2min} = D_{2отв} - (IT_o + IT_п - S_{1min}), \quad (1.4)$$

а максимальный радиальный зазор:

$$S_{2max} = D_{2отв max} - d_{2п min} \quad (1.5)$$

При этом погрешность базирования $\epsilon_{\delta t}$, вызванная возможным угловым смещением заготовки в приспособлении, определяемая по (1.3), может превышать по величине допуск на размеры обрабатываемых поверхностей.

Для повышения точности установки заготовки в приспособлении и уменьшения углового смещения используют два установочных пальца, один из которых срезанный (рис. 1.3). Таким образом, использование того или иного сочетания установочных пальцев определяется точностью размеров базовых отверстий и их межцентрового расстояния в заготовке, а также требуемой точностью выдерживаемых на операции размеров.

Условие установки заготовки в приспособление на цилиндрический и срезанный пальцы, определяется выражением:

$$S_{1min} + S_{2 min} \cdot d_п / b \geq IT_o + IT_п ; \quad (1.6)$$

где $d_п$ и b - конструктивные параметры срезанного пальца, определяемые по ГОСТ 12210-66 и ГОСТ 12212-66.

При конструировании приспособления, используя формулу (1.4) следует подсчитать величину b :

$$b \leq S_{2min} \cdot d_п / (IT_o + IT_п - S_{1min}); \quad (1.7)$$

и выбрать ближайшее меньшее стандартное значение. Величина $d_{п}$ назначается равным номинальному диаметру второго отверстия.

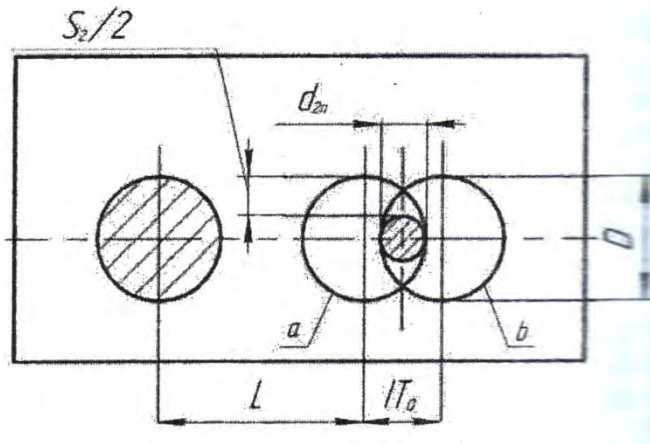


Рис. 1.2. Схема для вычисления диаметра второго цилиндрического пальца.

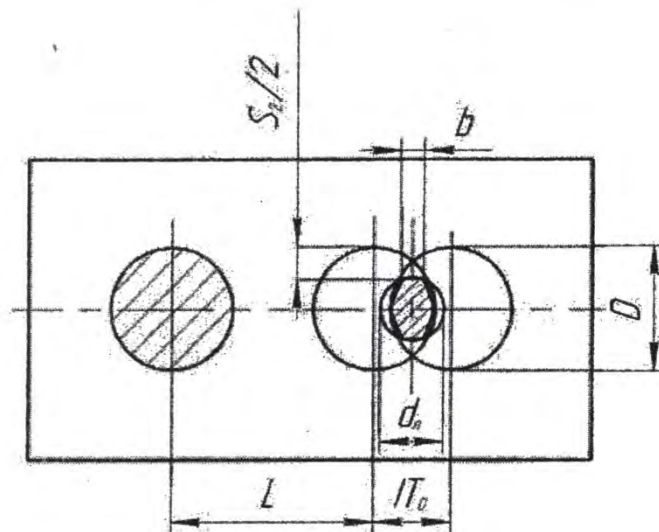


Рис. 1.3. Схема установки заготовки на один цилиндрический и один срезанный пальцы

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Получить у инженера эскиз заготовки, варианты расположения установочных пальцев, приспособление с комплектом установочных пальцев, заготовку и индикаторы.

2. Исследовать возможность установки заготовки в приспособлении по каждому варианту схемы базирования, указанному в п. 1.4.1. Для этого в заготовке имеются четыре базовых отверстия 1, 2, 3, 4 (рис.1.4). Возможность установки заготовки по каждому варианту схемы (да, нет) фиксируется в графе 3 таблицы 1.1.

3. Закрепить в стойках индикаторы и произвести измерения возможных смещений заготовки (в пределах зазоров между диаметрами отверстий в заготовке и диаметрами установочных пальцев) в вариантах схем, по которым заготовка устанавливалась в приспособление (п. 1.4.2.). Максимальные возможные смещения заготовки производятся в направлении размеров X и Y, определяющих координаты отверстия 5 в заготовке обрабатываемого при исследуемой схеме базирования (рис.1.4). Величины смещений определяют величину погрешности базирования $\varepsilon_{\delta x}$ и $\varepsilon_{\delta y}$. Данные измерений поместить в таблицу 1.1.

4. Определить теоретически максимальную погрешность базирования в данном приспособлении для исследуемых вариантов схем.

Для чего:

4.1. Замерить диаметры D базовых отверстий 1, 2, 3, 4, диаметры цилиндрических пальцев 2, 3, диаметр d_n и ширину ленточки b срезанного пальца 1 и в соответствии с заданными вариантами схем базирования определить зазоры в соединениях пальцев с отверстиями

$$S_i = D_i - d_{ij};$$

где $i = 1, 2, 3, 4$ - номера отверстий,

$j = 1, 2, 3$ - номера пальцев,

и зазор между срезанным пальцем и отверстием 1 в направлении меньшей оси срезанного пальца.

$$S_1' = d_n \cdot S_1 / b$$

4.2. Определить погрешность базирования для размеров X и Y. При установке на два цилиндрических пальца и при установке на

цилиндрический и срезанный пальцы для размера, направленного вдоль большей оси срезанного пальца, она будет равна наименьшему из зазоров т.е.

$$\varepsilon_{\delta x \text{ теор}} = \varepsilon_{\delta y \text{ теор}} = S_{\text{imin}}$$

При установке на цилиндрический и срезанный пальцы для размера, направленного вдоль меньшей оси срезанного пальца, погрешность базирования будет равна наименьшему из зазоров S_i и S_i'

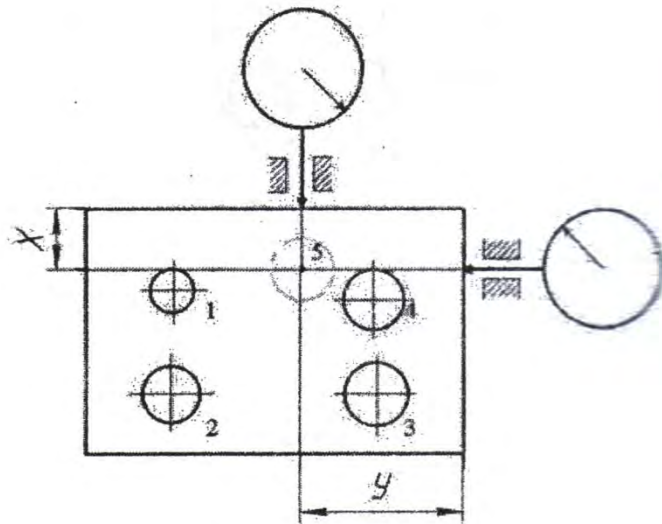


Рис. 1.4. Схема измерения смещения заготовки.

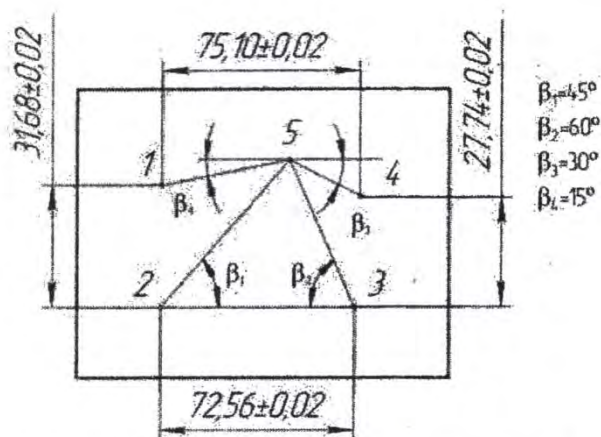


Рис. 1.5. Геометрические параметры заготовки

Рис. 1.5. Геометрические параметры заготовки.

4.3. Определить погрешность от возможного дополнительного углового смещения заготовки в приспособлении при неодинаковых зазорах в базовых отверстиях:

$$\varepsilon_{\delta t_{\text{теор}}} = \text{arctg} ((S_{\text{imax}} - S_{\text{imin}}) / L)$$

где L - межосевое расстояние между установочными пальцами.

4.4. Разложить $\varepsilon_{\delta t_{\text{теор}}}$ вдоль размеров X и Y .

Например:

$$\varepsilon_{\delta t_x} = \varepsilon_{\delta t_{\text{теор}}} \cdot \sin \beta, \quad \varepsilon_{\delta t_y} = \varepsilon_{\delta t_{\text{теор}}} \cdot \cos \beta,$$

где β - угол между горизонталью (вертикалью) и линией, соединяющей центры одного из базовых отверстий и отверстия 5 (рис.1.4).

4.5. Определить максимальную погрешность получения размеров X и Y :

$$\varepsilon_{\delta x \text{ max}} = \varepsilon_{\delta x_{\text{теор}}} + \varepsilon_{\delta t_x};$$

$$\varepsilon_{\delta y \text{ max}} = \varepsilon_{\delta y_{\text{теор}}} + \varepsilon_{\delta t_y};$$

5. Сравнить величины, полученные в результате замеров погрешности базирования с рассчитанными значениями и с допусками на размеры X и Y (таблица 1.1).

На основании сравнения определить варианты расположения установочных пальцев с учетом их размеров и конфигурации, обеспечивающие наивысшую точность размеров при обработке отверстия 5 в заготовке.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Наименование и цель работы.
2. Инструмент и принадлежности к работе.
3. Результаты установки заготовки в приспособление (табл.1.1.).
4. Результаты измерения погрешности базирования по указанным схемам установки (табл.1.1.) и результаты расчета этих погрешностей.

5. Указание вариантов схем расположения установочных пальцев приспособления, которые обеспечивают точность размеров X и Y выдерживаемых в заготовке при обработке.

6. Операционный эскиз заготовки.

7. Выводы и рекомендации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений.

Учебник для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.:Машиностроение, 1983, с.43...48.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

1. Условия установки на два цилиндрических и один цилиндрический и один срезанный пальцы.

2. Что делают, если условие установки на два цилиндрических пальца не выполняется?

3. Как выбирают параметры установочных пальцев?

4. Классификация установочных пальцев и их конструктивные особенности.

5. От чего зависит точность базирования при установке на пальцы?

6. Потому точность установки на один цилиндрический и один срезанный пальцы выше, чем на два цилиндрических?

7. Как определяется (вычисляется) погрешность базирования при установке на пальцы:

– если зазоры одинаковы?

– если зазоры разные?

8. Преимущества и недостатки схемы установки на плоскость и два отверстия, оси которых перпендикулярны плоскости.

Таблица 1.1

1	Варианты расположения установочных пальцев	Величина допуска на размер X и Y, мм	Возможность установки		Результат измерения величины	
			да	нет	X	Y
2	3	4	5	6		
1		$T_X=0,20$ $T_Y=0,24$				
2		$T_X=0,20$ $T_Y=0,24$				
3		$T_X=0,20$ $T_Y=0,24$				
4		$T_X=0,20$ $T_Y=0,24$				
5		$T_X=0,20$ $T_Y=0,24$				
		$T_X=0,20$ $T_Y=0,24$				
		$T_X=0,20$ $T_Y=0,24$				
		$T_X=0,20$ $T_Y=0,24$				

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ БАЗИРОВАНИЯ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ СЛУЧАЕВ УСТАНОВКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗАГОТОВОК НА ПРИЗМАХ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Определение влияния отклонений диаметра заготовки на точность обработки при установке ее на призмы.

ИНСТРУМЕНТ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ К РАБОТЕ

1. Призмы с углом $\alpha=90^\circ$
2. Плита
3. Стойка ГОСТ 10197-70
4. Индикатор часового типа ИЧ-10 (или МИГ-2)
5. Комплект цилиндрических заготовок с лысками
6. Микрометр МК (ГОСТ 6507-78) с ценой деления 0.01мм и пределом измерения 25 мм

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В практике широкое применение получила установка цилиндрических заготовок на призму. Призмой называется установочный элемент приспособления с рабочей поверхностью в виде паза, образованного двумя плоскостями, наклоненными друг к другу под углом α . Конструкция призмы стандартизована по ГОСТ 12195-66 и ГОСТ 12197-66.

В приспособлении используют призмы с углами α , равными 60° , 90° , 120° . Для повышения устойчивости заготовки при ее установке применяют призмы с углом $\alpha = 60^\circ$. Призмы с углом $\alpha = 120^\circ$ применяют в тех

случаях, когда заготовка не имеет полной цилиндрической поверхности, и по небольшой дуге окружности необходимо определить положение детали.

Призмы изготавливаются из стали марки 20Х с последующей цементацией поверхностного слоя и закалкой до твердости HRC, 55...60.

Схемы установки цилиндрической заготовки в призме для фрезерования лыски приведены на рис. 2.1. а, б.

Рассмотрим более подробно базирование заготовки по схеме, изображенной на рис. 2.1 а. Двумя окружностями изображены наибольшая и наименьшая по диаметру заготовка в партии с осями C' и C'' . Положение лыски относительно цилиндрической поверхности заготовки может быть задано конструктором одним из трех размеров h_1 , h_2 , h_3 . При базировании заготовки в призму используется одна и та же технологическая база – линия пересечения рабочих плоскостей призмы (точка O).

Конструкторской базой заготовки являются:

для размера h_1 – точка A (A' , A'');

для размера h_2 – точка B (B' , B'');

для размера h_3 – точка C (C' , C'').

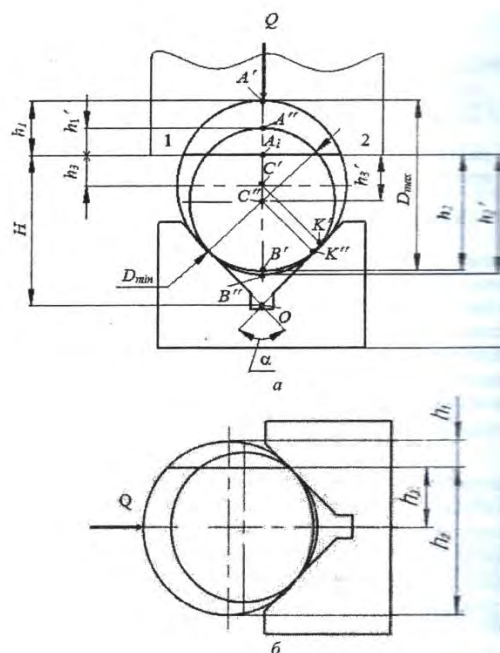


Рис. 2.1. Схема установки заготовки на призмы

Режущий инструмент для партии заготовок постоянно установлен на размер H .

При изменении диаметра заготовок в партии в пределах допуска от D_{\max} до D_{\min} конструкторская база меняет свое положение относительно установленного на размер инструмента, т.е. происходит смещение базы. Это вызывает возникновение погрешности базирования.

При выполнении размера h_1 погрешность базирования определяется разностью предельных расстояний от конструкторской базы (образующих A' и A'') до установленного на размер инструмента (точка A_1):

$$\varepsilon_{\delta h_1} = OA' - OA'' = A'A'' = h_1 - h_1' \quad (2.1)$$

где

$$\begin{aligned} OA' &= OC' + C'A' = C'K' / \sin(\alpha/2) + C'A' = \\ &= D_{\max} [1 / \sin(\alpha/2) + 1] / 2; \end{aligned} \quad (2.2)$$

$$OA'' = D_{\min} [1 / \sin(\alpha/2) + 1] / 2 \quad (2.3)$$

Следовательно,

$$\varepsilon_{\delta h_1} = T_D [1 / \sin(\alpha/2) + 1] / 2 \quad (2.4)$$

По аналогии для размеров h_2 и h_3 имеем:

$$\varepsilon_{\delta h_2} = B'B'' = h_2' - h_2 = T_D [1 / \sin(\alpha/2) - 1] / 2; \quad (2.5)$$

$$\varepsilon_{\delta h_3} = C'C'' = T_D / 2 \sin(\alpha/2) \quad (2.6),$$

где, $T_D = D_{\max} - D_{\min}$ - допуск на диаметр заготовки;

α - угол призмы.

Погрешность базирования для размеров h_1 , h_2 и h_3 можно уменьшить, увеличивая угол призмы.

Если установка заготовки осуществляется на плоскость ($\alpha=180^\circ$), то погрешность базирования будет равна:

$$\varepsilon_{\delta h_1} = T_D; \quad (2.7)$$

$$\varepsilon_{\delta h_2} = 0; \quad (2.8)$$

$$\varepsilon_{\delta h3} = T_D / 2; \quad (2.9)$$

Изменением положения призмы (рис.2.1.б) можно также уменьшить величину погрешности базирования.

Для этого случая

$$\varepsilon_{\delta h1} = T_D / 2; \quad (2.10)$$

$$\varepsilon_{\delta h2} = T_D / 2; \quad (2.11)$$

$$\varepsilon_{\delta h3} = 0. \quad (2.12)$$

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Получить у инженера приспособление с призмами, микрометр, индикатор и два комплекта цилиндрических заготовок с лысками.

2. Замерить микрометром диаметры заготовок (рис.2.1 а) в комплекте

1. Определить величину допуска $T_D = D_{\max} - D_{\min}$. Записать в таблицу 2.1. значения D и T_D .

Таблица 2.1 Результаты измерений

Заготовки		D, мм	T _D , мм	Экспериментальные значения при установке заготовки в призму 2 (рис. 2.2)			
				h ₁	h ₂	ε _{δh1}	ε _{δh2}
Комп- лект 1	D _{max}						
	D _{min}						

3. Закрепить индикатор в державке 5 стойки 6 (рис. 2.2).

4. Установить на призму 2 (рис. 2.2) приспособления заготовку диаметром D_{\min} из комплекта 1 с таким расчетом, чтобы лыска заняла горизонтальное положение. Для этого стойка с индикатором подводится к заготовке и измерительным наконечником индикатора проверяется положение точек 1 и 2 лыски (рис.2.1 а). Поворачивая заготовку в призме вокруг ее оси, добиваются такого ее положения, при котором стрелка

индикатора остается неподвижной при перемещении измерительного наконечника между точками 1 и 2 лыски.

Зафиксировать заготовку на призме в этом положении с помощью хомутика 3 (рис. 2.2).

5. Установив шкалу индикатора на ноль, измерить величину h_1 (на рис.2.1), а этот размер обозначается h_1' и записать ее значение в таблицу 2.1.

6. Отнести стойку с индикатором в сторону и, не изменяя настройки индикатора, открепить хомутик 3 и снять с призмы заготовку с диаметром D_{\min} .

7. Измерить с помощью микрометра величину h_2 у заготовки диаметром D_{\min} (на рис.2.1 а этот размер обозначен h_2') и записать ее значение в таблицу 2.1.

8. Установить на призму 2 заготовку с диаметром D_{\max} , обеспечив горизонтальное положение лыски, и закрепить заготовку с помощью хомутика 3. Положение лыски заготовки с D_{\max} должно совпадать с положением лыски заготовки с D_{\min} (стрелка индикатора должна быть на нуле, что соответствует положению режущего инструмента, настроенного на размер H для исследуемых заготовок).

9. Измерить с помощью индикатора величину h_1 и записать ее значение в таблицу 2.1.

10. Отвести стойку с индикатором в сторону. Открепить хомутик 3 и снять заготовку.

11. Измерить микрометром величину h_2 и записать ее значение в таблицу 2.1.

12. Определить величины погрешностей базирования:

$$\varepsilon_{\delta h_1} = h_{1D_{\max}} - h_{1D_{\min}} = h_1 - h_1';$$

$$\varepsilon_{\delta h_2} = h_{2D_{\max}} - h_{2D_{\min}} = h_2 - h_2';$$

и записать их значения в таблицу 2.1.

13. Рассчитать величины погрешностей базирования $\varepsilon_{\delta h1}$ и $\varepsilon_{\delta h2}$ по формулам (2.3) и (2.4), учитывая, что угол $\alpha = 90^\circ$.

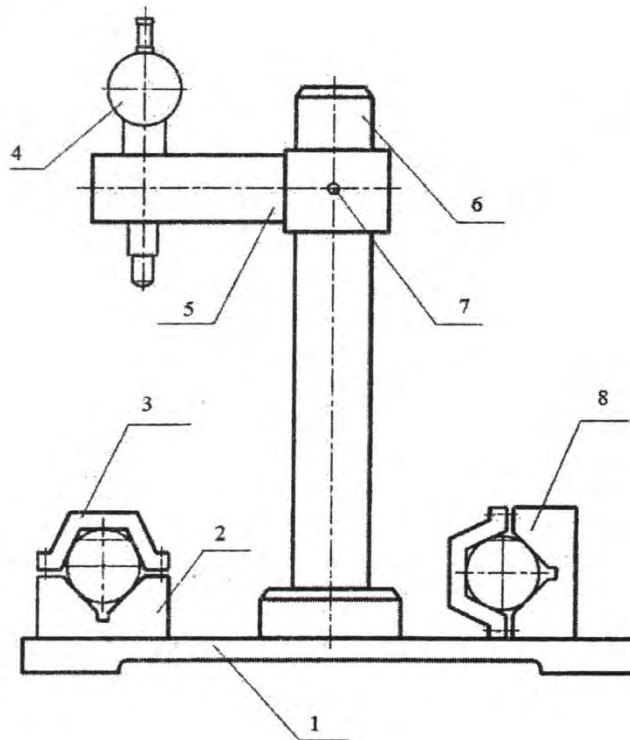


Рис. 2.2. Схема экспериментальной установки

14. Аналогично произвести исследование погрешности базирования при установке заготовок комплекта 2 на призму 8 (рис. 2.2). Экспериментальные данные записать в таблицу 2.2.

15. Рассчитать величины погрешностей базирования $\varepsilon_{\delta h1}$ и $\varepsilon_{\delta h2}$, используя формулы (2.10) и (2.11).

16. Сравнить полученные расчетные и экспериментальные значения.

Таблица 2.2 Результаты измерений

Заготовки	D, мм	T _D , мм	Экспериментальные значения при установке заготовки в призму 2 (рис. 2.1)			
			h ₁	h ₂	$\varepsilon_{\delta h1}$	$\varepsilon_{\delta h2}$
Ком- плект 2	D _{max}					
	D _{min}					

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 1 Схема установки заготовки на призму;
- .2 Таблицы с результатами измерений и экспериментальных значений;
- 3 Определение погрешности базирования расчетным путем;
- 4 Сравнение расчетных и экспериментальных значений;
- 5 Выводы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корсаков В. С. Основы конструирования приспособления в машиностроении. - М.: Машиностроение, 1983, с. 28...32.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

1. От чего зависит погрешность базирования при установке деталей в призму?
2. Методика расчета погрешностей базирования для различных случаев установки цилиндрических заготовок на призмах.
3. Призма как установочный элемент. Классификация призм, особенности конструкций. Установочные свойства призмы. Как они обеспечиваются?
4. Как экспериментально определить величину погрешности базирования при установке деталей на призму?
5. Как исключить влияние макронеровностей детали на погрешность установки в призму?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ЗАЗОРА МЕЖДУ ОТВЕРСТИЕМ КОНДУКТОРНОЙ ВТУЛКИ И СВЕРЛОМ НА ВЕЛИЧИНУ УВОДА СВЕРЛА

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Определение величины наибольшего увода сверла в зависимости от точности диаметра отверстия кондукторной втулки и сравнение ее с расчетным значением.

ИНСТРУМЕНТ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ К РАБОТЕ

1. Сверлильное устройство.
2. Приспособление кондукторное.
3. Режущий инструмент (набор сверл).
4. Микрометр МК (ГОСТ 6507-78) с ценой деления 0,01 мм и пределом измерений 25 мм.
5. Микроскоп инструментальный БМИ-1.
6. Заготовка.

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

При выполнении определенных операций механической обработки (сверления, зенкерования, развертывания) жесткость режущего инструмента бывает недостаточной. Для повышения его жесткости, а, следовательно, для уменьшения упругих отжимов инструмента относительно заготовки в станочных приспособлениях применяют направляющие элементы - кондукторные втулки. Кондукторные втулки также определяют положение оси режущего инструмента относительно установочных элементов приспособления. Применение кондукторных

втулок приводит к повышению точности диаметра и расположения обрабатываемого отверстия, уменьшению величины увода сверла, к повышению производительности труда за счет исключения операции разметки и возможности обработки на более высоких режимах резания.

Кондукторные втулки бывают неподвижные и вращающиеся. Вращающиеся втулки применяются для уменьшения их износа при обработке больших по величине диаметров отверстий.

Неподвижные кондукторные втулки по конструкции делятся на 4 группы: постоянные, сменные, быстросменные и специальные. Первые три группы стандартизованы.

Постоянные втулки применяются в мелкосерийном производстве при обработке отверстий одним инструментом. При малой партии заготовок, характерной для этого производства, не производится замена втулок, вызванная износом их рабочей поверхности.

В приспособлениях крупносерийного и массового производства при обработке отверстий одним инструментом применяются сменные кондукторные втулки. Они устанавливаются в промежуточных втулках по посадке **H7/g6**, что позволяет обеспечить быструю их замену при износе ее рабочей поверхности. От поворота и подъема при обработке они удерживаются винтом.

В приспособлениях серийного производства при обработке отверстий последовательно несколькими инструментами с одной установки заготовки применяют быстросменные кондукторные втулки. Они отличаются от сменных срезом на буртике, позволяющим производить их замену без вывинчивания крепежного винта.

Специальные кондукторные втулки применяются в тех случаях, когда использование стандартных втулок нецелесообразно или невозможно.

Допуск на диаметр отверстия кондукторной втулки для сверл и зенкеров назначается по **F8**, а для разверток по **G7** в системе основного вала. При точности обработки отверстий по 6 - 7 квалитетам и выше допуски на диаметр отверстия сверл (для направления) назначаются по **H7**, а для чистового развертывания – по **G6** той же системы.

Расстояние от нижнего торца втулки до поверхности заготовки выбирают равным $a = (0,3...1) \cdot d$, где d - диаметр режущего инструмента. Меньшее расстояние выбирают при обработке чугуна, большее при обработке стали. При такой установке втулки стружка не попадает в направляющее отверстие и не изнашивает его. В случае зенкерования это расстояние выбирают, $a = 0,3d$.

Для изготовления втулок при обработке отверстий диаметром до 25 мм используют сталь марок У10А, У12А, 9ХС и закаливают ее до твердости HRC 62...65. При обработке отверстий диаметром свыше 25 мм для втулок применяется сталь 20 или 20Х с цементацией поверхностного слоя на глубину 0,8...1,2 мм с последующей закалкой до той же твердости. Посадочные поверхности втулок обрабатываются до шероховатости с параметром $Ra = 1,25...0,63$ мкм, а рабочее отверстие втулки обрабатывается, как правило, до $Ra = 0,32...0,16$ мкм для повышения срока ее службы.

Точность расположения отверстия в заготовке зависит от точности ориентации кондукторной втулки относительно установочных элементов приспособления, определяющих положение в нем заготовки. Точность размеров отверстия, а также величина возможного увода инструмента зависит от наибольшего зазора между диаметрами отверстия втулки и инструмента, величины a , высоты втулки h и глубины сверления (рис.3.1).

Величина увода сверла может быть определена по формуле:

$$\Delta_{ув} = \frac{S}{h} \cdot (0,5h + a + b), \quad (3.1)$$

где S – максимальный зазор между диаметрами отверстия втулки и сверла;

a – расстояние от нижнего торца втулки до поверхности заготовки;

h – высота кондукторной втулки;

b – глубина сверления.

Эта формула получена из рис.3.1. Из формулы видно, что при конкретных конструктивных параметрах приспособления и заготовки величина $\Delta_{ув}$ зависит от величины S , которая при обработке увеличивается за счет износа рабочей поверхности кондукторной втулки, что и определяет необходимость в ее замене.

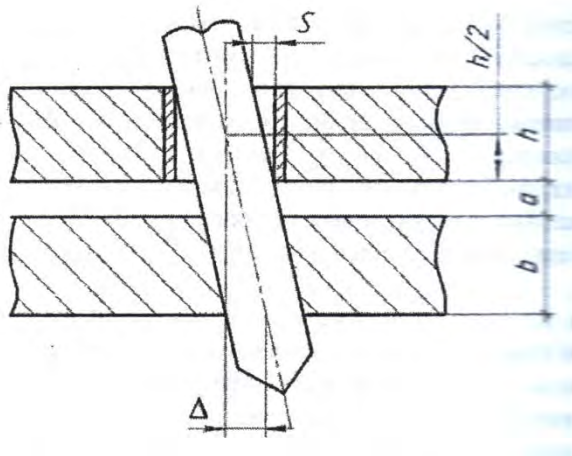


Рис. 3.1. Увод сверла

Устройство приспособления и базирование детали.

Приспособление состоит из неподвижной кондукторной плиты 2, в которой размещены четыре кондукторные втулки 7, четырех ножек 1 и винтового зажимного механизма 3 (рис.3.2).

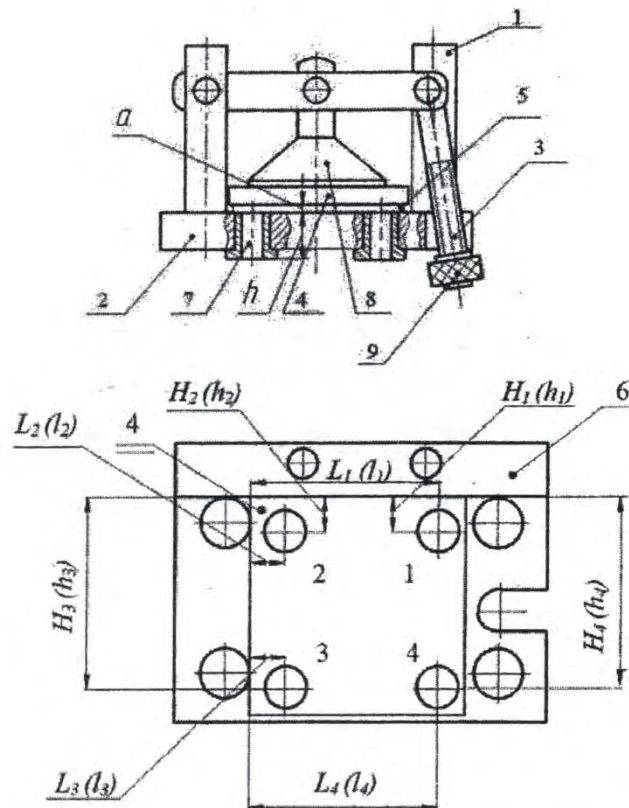


Рис. 3.2. Кондукторное приспособление

Базирование детали производится следующим образом. Расстояние a между нижним торцом втулки и поверхностью заготовки 4 обеспечивается двумя концевыми мерами длины 5 одинакового размера, которые одновременно являются установочной базой. Направляющей базой является планка 6 и опорной базой - наружная поверхность одной из ножек 1, касающихся планки.

Устройство микроскопа БМИ

Большой инструментальный микроскоп модели БМИ-1 (рис. 3.3) предназначен для измерения линейных и угловых размеров деталей, основных параметров наружных резьб, а также шаблонов, фасонных резцов, вырубных штампов и т.п.

Микроскоп БМИ-1 (рис. 3.3) имеет литое чугунное основание 5, на котором на шариковых направляющих установлен стол 6,

перемещающийся в двух взаимно перпендикулярных направлениях с помощью микрометрических винтов 7 и 8, имеющих цену деления отсчетных устройств 0,005 мм и диапазон измерения 0 – 25 мм.

Устанавливая на специальную подставку плоскопараллельные концевые меры длины можно увеличивать диапазон измерения в продольном направлении до 150 мм, и, (проделывая аналогичные операции) в поперечном направлении – до 50 мм.

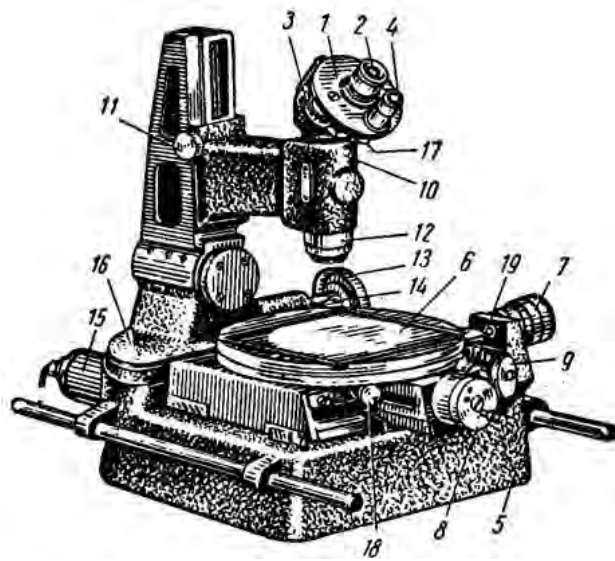


Рис. 3.3. Большой инструментальный микроскоп БМИ – 1

Измерение диаметра отверстия

Измерить диаметры отверстий можно с помощью окулярной головки. Для измерения диаметров отверстий на градусной шкале с помощью маховика 3 (см. рис. 3.3) устанавливают ноль, и деталь устанавливают так, чтобы горизонтальная ось перекрестия $X-X$ (или вертикальная $Y-Y$) была касательной к окружности (рис. 3.4, а). После этого с помощью барабана 1 или 16 смещают перекрестие к противоположной точке диаметра (рис. 3.4, б). Диаметр отверстия определяют как разность отсчетов по шкале барабана.

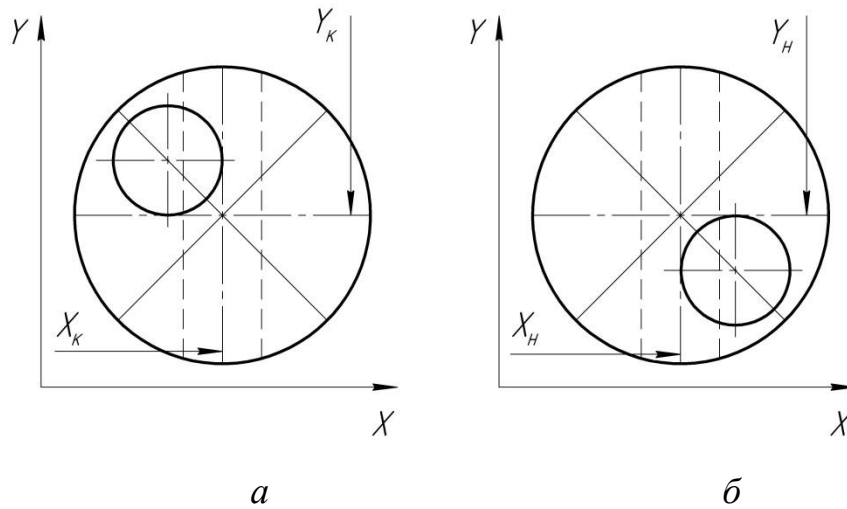


Рис. 3.4. Схема измерения диаметра
отверстия при помощи головки ОГУ-21

Измерение координат центров отверстий с помощью головки двойного изображения

Вначале на шкале отсчетного микроскопа угломерной окулярной головки нужно установить ноль и расположить деталь на предметном столике так, чтобы торцевая поверхность была параллельна направлению продольного перемещения стола. Контроль положения детали производится с помощью угломерной головки: торцевые поверхности детали должны быть параллельны осям окуляра. После закрепления детали взамен угломерной головки установить специальную головку двойного изображения. В поле зрения подвести угол детали, который принимается за начало отсчета, и совместить его мнимое и действительное изображения, как показано на рис. 3.5. Снять координаты нулевой точки по шкалам микровинтов. Затем, перемещая столик с деталью при помощи барабана *1* и *1б* последовательно произвести измерения координат центров всех отверстий, совмещая их мнимое и действительное изображения.

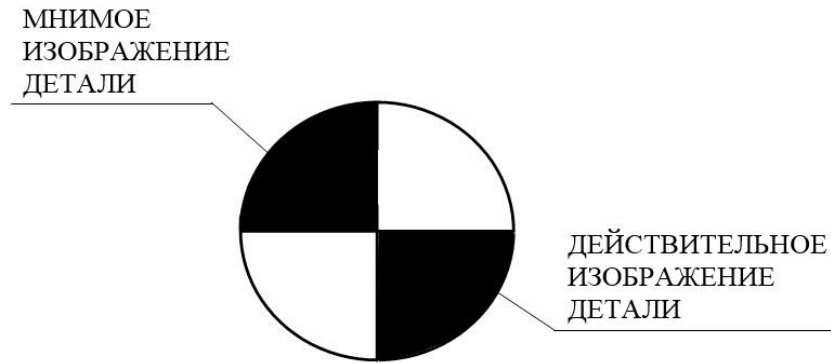


Рис. 3.5. Определение координат вершины заготовки при помощи головки двойного изображения

Измерение координат центров отверстий с помощью угломерной окулярной головки

В поле зрения подвести угол детали, который принимается за начало отсчета, и горизонтальную ось перекрестия $X-X$ (или вертикальную $Y-Y$) совместить с торцом детали, как показано на рис. 3.6.

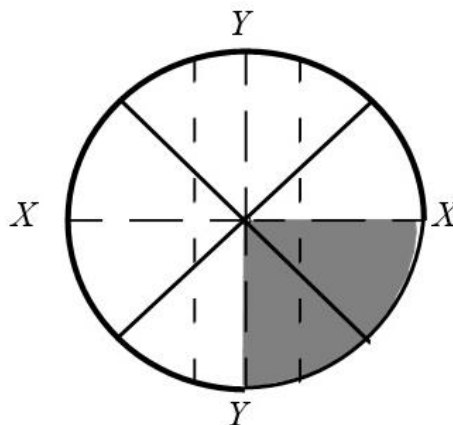


Рис. 3.6. Схема установки детали вдоль осей микроскопа

Предварительно установить ноль на шкале отсчетного микроскопа. По шкалам снять координаты начала отсчета. Затем, перемещая столик с деталью последовательно, измерить координаты центров отверстий. Для этого в поле зрения окуляра подвести отверстие так, чтобы горизонтальная ось перекрестия $X-X$ (вертикальная $Y-Y$) была касательной к окружности (рис. 3.4, *а*). Снять отсчет. После этого с помощью барабана сместить перекрестие к противоположной точке диаметра (см. рис.3.4, *б*).

8. Обработанную деталь установить на стол микроскопа и измерить координаты центров отверстий со стороны выхода сверла. Для этого:

а) установить ноль на шкале отсчетного микроскопа угломерной головки;

б) произвести точную установку детали таким образом, чтобы торцовая поверхность была параллельна направлению продольного перемещения стола. Контроль положения детали производится с помощью угломерной головки: торцовые поверхности детали должны быть параллельны осям окуляра (см. рис.3.6);

в) определить координаты точки O пересечения торцовых поверхностей (рис. 3.7, а);

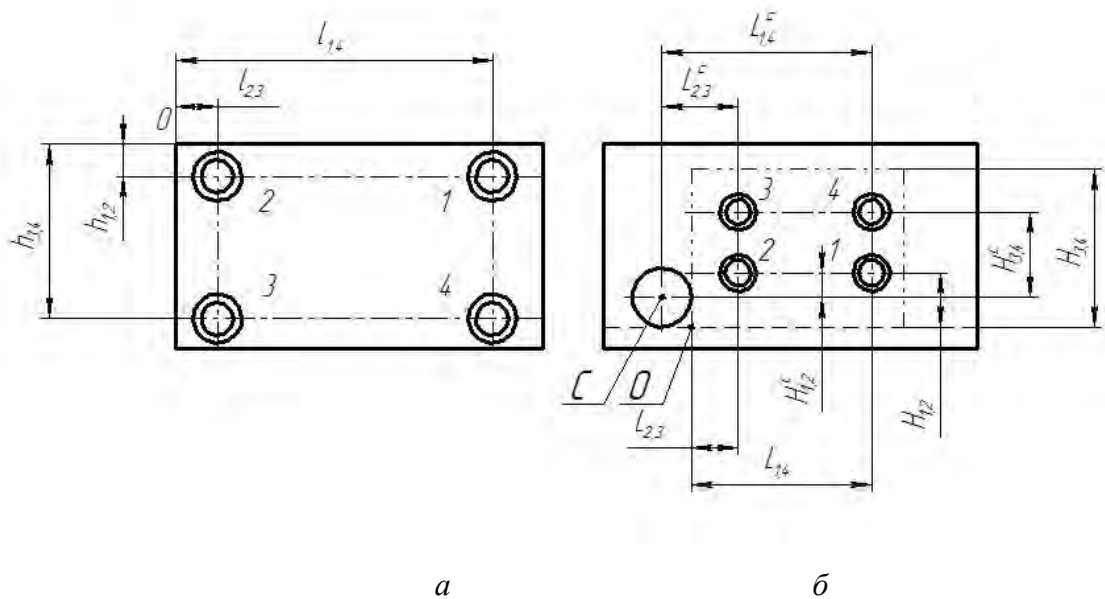


Рис. 3.7. Схемы измерения детали (а) и приспособления (б)

г) определить координаты центров отверстий $1, 2, 3, 4$;

д) вычислить координаты центров отверстий обработанной детали $l_1, l_2, l_3, l_4, h_1, h_2, h_3, h_4$ относительно точки O (рис. 3.7, а) и полученные значения записать в таблицу (для этого из результата, полученного в п.8, з) нужно вычесть координаты точки O , полученные в п.8, в).

9. Установить приспособление на столик микроскопа аналогично п.8, б).

10. Измерить диаметры отверстий D_L , D_H кондукторных втулок 1, 2, 3, 4 вдоль осей L и H , приняв наибольшее из них за D_{\max} и полученные значения записать в таблицу.

11. Определить значение максимального зазора для каждой пары кондукторной втулки и сверла $S_i = D_{i \max} - d_{\text{св}}$ и полученные значения записать в таблицу.

12. Определить координату оси C центрального отверстия ножки, которая выполняла роль опорной базы L_c , H_c (рис. 3.7, б).

13. Определить координаты центров отверстий кондукторных втулок 1, 2, 3, 4 (рис. 3.7, б).

14. Вычислить координаты центров отверстий кондукторных втулок относительно оси C ножки (аналогично п.8, д).

15. Вычислить координаты центров отверстий кондукторных втулок $L_1, L_2, L_3, L_4, H_1, H_2, H_3, H_4$ относительно точки O (см. рис. 3.7, б), для чего к полученным в п.13 значениям H прибавить радиус ножки, а из значений L вычесть радиус ножки $r_n = d_n / 2$. Полученные значения занести в таблицу.

16. Определить величину увода сверла $\Delta_{\text{ув}}$ в двух взаимно перпендикулярных направлениях для всех четырех отверстий, как разницу величин:

$$\Delta_{\text{ув}Li} = L_i - \ell_i;$$

$$\Delta_{\text{ув}Hi} = H_i - h_i.$$

17. По формуле (3.1) рассчитать возможную наибольшую величину увода сверла $\Delta_{\text{ув.расч}}$ и сравнить ее с экспериментальными данными.

Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Инструмент и принадлежности к работе.

3. Операционный эскиз заготовки.
4. Схемы измерений.
5. Результаты измерений и расчет действительной величины увода сверла.
6. Результаты расчета наибольшей возможной величины увода сверла.
7. Выводы и рекомендации.

Контрольные вопросы

1. Кондукторные втулки. Классификация, область применения, особенности конструкций.
2. Что дает применение кондукторных втулок?
3. От чего зависит увод сверла? Вывести формулу.
4. Как экспериментально определить величину увода сверла?
5. Способы точного измерения межосевых расстояний отверстий.

Пояснить схемами.

6. Как совместить измерительные базы детали и приспособления для вычисления увода сверла?

Литература

1. Корсаков, В.С. Основы конструирования приспособлений: учеб. для вузов / В.С. Корсаков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – С.156–160.

Лабораторная работа № 4

АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Цель работы: Определение необходимой точности фрезерного приспособления.

Инструмент и принадлежности к работе

- 1 Чертеж детали.
2. Операционный эскиз.
3. Чертеж приспособления.

Основные теоретические сведения

При обработке заготовки в данном приспособлении цель проверочного точностного расчета заключается в оценке возможности получения точности размеров и взаимного расположения поверхностей, заданных на чертеже детали.

В основу расчета положено необходимое обеспечение точности при обработке на построенных станках

$$T \geq \Delta, \quad (4.1)$$

где T – допуск на выдерживаемый на данной операции размер заготовки или требование к точности взаимного расположения обрабатываемой поверхности заготовки относительно необрабатываемой;

Δ – суммарная погрешность обработки (получение заданного размера) в приспособлении.

Погрешность обработки заготовки в приспособлении на настроенном станке определяется по формуле

$$\Delta = K \sqrt{\varepsilon_y^2 + \Delta_H^2 + \Delta_{\text{обр}}^2} + \sum \Delta_{\Phi},$$

где K – коэффициент, характеризующий отклонение действительных кривых распределения погрешностей от кривых нормального закона распределения (при обработке на настроенных станках $K = 1,2$);

ε_y – погрешность установки заготовки;

Δ_H – погрешность настройки станка;

$\Delta_{обр}$ – погрешность данного метода обработки;

$\sum \Delta_{\phi}$ – сумма погрешности формы заготовки и геометрических неточностей станка.

Погрешность установки заготовки в приспособление зависит от многих факторов и ее принято определять по формуле

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{б}^2 + \varepsilon_{з}^2 + \varepsilon_{пр}^2},$$

где $\varepsilon_{б}$ – погрешность базирования;

$\varepsilon_{з}$ – погрешность закрепления;

$\varepsilon_{пр}$ – погрешность положения заготовки, вызываемая неточностью изготовления и сборки приспособления.

Погрешность базирования $\varepsilon_{б}$ определяется разностью предельных расстояний от конструкторской базы заготовки до установленного на размер режущего инструмента, возникающей вследствие неточности изготовления заготовки на предыдущих операциях. Установка режущего инструмента на размер производится от соответствующих опорных элементов приспособления. Погрешность базирования возникает при несовмещении конструкторской и технологической баз заготовки при ее установке на опорные элементы приспособления. Погрешность определяется геометрическим расчетом исходя из схемы базирования заготовки для каждого из выполняемых на данной операции размеров.

Для определения погрешности необходимо:

- по операционному эскизу определить положение конструкторской и технологической баз для каждого из координирующих размеров или допусков расположения обрабатываемых поверхностей;
- спроецировать базы на направление соответствующего координирующего размера;

- если конструкторская и технологическая базы (или их проекции на направление координирующего размера) совпадают, то погрешность базирования равняется нулю;

- если конструкторская и технологическая базы не совпадают, то погрешность базирования численно равна допуску на расстояние между конструкторской и технологической базами (или их проекциями на направление координирующего размера).

Конструкторской базой обрабатываемой поверхности называется элемент детали (поверхность, ось, точка и т.п.) с которыми данная поверхность или ее ось связаны координирующим размером или допуском расположения на чертеже (операционном эскизе) детали.

Технологической базой обрабатываемой поверхности называется элемент детали, который служит для определения положения этой поверхности (или ее оси) относительно режущего инструмента.

Технологические базы указываются специальными значками на операционном эскизе.

Погрешность базирования $\varepsilon_6 = 0$, если:

- совмещены технологическая и конструкторская (измерительная) базы, к чему всегда следует стремиться при проектировании специальных приспособлений;

- размер получен мерным инструментом (например, ширина шпоночного паза при фрезеровании концевой фрезой за один проход) и т. п.

Погрешность закрепления ε_3 определяется разностью предельных расстояний от конструкторской базы заготовки до установленного на размер режущего инструмента, возникающей вследствие смещения заготовки под действием сил закрепления (осадка конструкторской базы).

Смещение заготовки под действием зажимных сил происходит из-за ее общей и контактной деформации, а также из-за отхода поверхностей заготовки от опор приспособления.

Погрешность закрепления $\varepsilon_3 = 0$, если:

- сила закрепления заготовок постоянна ($W = \text{const}$);
- качество базовых поверхностей всех заготовок в партии одинаково;
- сила закрепления перпендикулярна выполняемому размеру.

Если величина ε_3 отлична от нуля, то для учебных целей допустимо полагать ε_3 от $1 \cdot 10^{-5}$ до $10 \cdot 10^{-5}$ м в зависимости от качества базовых поверхностей заготовки и формы опорных элементов приспособления.

При установке заготовок чисто обработанной базой на опоры с большой поверхностью контакта $\varepsilon_3 = 1 \cdot 10^{-5}$ м, а при установке заготовок на точечные опоры $\varepsilon_3 = 10 \cdot 10^{-5}$ м.

Погрешность положения заготовки $\varepsilon_{\text{пр}}$, вызываемая неточностью приспособления, определяется погрешностями при изготовлении и сборке его установочных элементов $\varepsilon_{\text{ус}}$, износом последних $\varepsilon_{\text{и}}$ и погрешностями установки приспособления на станке $\varepsilon_{\text{с}}$.

Составляющая $\varepsilon_{\text{ус}}$ характеризует неточность положения установочных элементов приспособления и зависит в основном от точности изготовления и сборки деталей приспособления. При использовании одного приспособления ее можно частично или полностью устранить настройкой станка. При использовании нескольких одинаковых приспособлений (приспособлений-дублеров, приспособлений-спутников) эта величина не компенсируется настройкой станка и полностью входит в состав $\varepsilon_{\text{пр}}$.

Величина $\varepsilon_{\text{ус}}$ определяется допуском на размер, связывающий установочную и посадочную поверхности приспособления, а также допуском на взаимное расположение этих поверхностей. Установочные

поверхности приспособления – это поверхности, с которыми соприкасается заготовка при базировании.

В качестве посадочных поверхностей служат поверхности (или их оси), с помощью которых оно ориентируется на столе станка относительно режущего инструмента.

Составляющая $\varepsilon_{\text{и}}$ характеризует износ установочных элементов приспособления. Величина износа зависит от программы выпуска изделий (времени работы приспособления), конструкции и размеров опор, материала и массы заготовки, состояния ее базовых поверхностей, а также условий установки заготовки в приспособление и снятия ее.

Составляющая $\varepsilon_{\text{с}}$ выражает погрешность установки приспособления на станке, обусловленную смещением корпуса приспособления на столе станка. В массовом производстве при неизменяемом закреплении приспособления на станке $\varepsilon_{\text{с}}$ доводится выверкой до определенного минимума и постоянна во времени. Она может быть компенсирована настройкой станка. В серийном производстве периодически сменяют приспособление на станках, при этом величина $\varepsilon_{\text{с}}$ становится некомпенсируемой, случайной. То же происходит на автоматических линиях при использовании приспособлений-спутников. На величину $\varepsilon_{\text{с}}$ дополнительно влияет износ поверхностей сопряжения при регулярной смене приспособлений.

Погрешность установки приспособления на станке $\varepsilon_{\text{с}}$ возникает из-за зазоров между направляющими шпонками или установочными пальцами приспособления и Т-образными пазами или отверстиями стола станка, что характерно для фрезерных, расточных и других приспособлений.

Погрешность установки вращающихся приспособлений на токарные, зубофрезерные и другие станки зависит от точности базирования приспособлений в гнездах станка (корпусное отверстие шпинделя,

центральное отверстие поворотного стола, центрирующий поясok шпинделя или планшайбы станка и т. д.). Если приспособление базируется на центрирующий поясok шпинделя (планшайбы), то погрешность положения в виде отклонения от соосности осей шпинделя и устанавливаемого приспособления (эксцентриситета) возникает из-за имеющегося зазора между выточкой корпуса приспособления и центрирующим пояском шпинделя или планшайбы. Расчет ε_c в каждом конкретном случае следует вести по схеме установки приспособления на станке.

С учетом изложенного выше погрешность положения заготовки определяется по следующим формулам:

- при использовании приспособлений в серийном производстве:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{3\varepsilon_{\text{и}}^2 + \varepsilon_{\text{с}}^2 + \varepsilon_{\text{yc}}},$$

- при использовании приспособлений в массовом производстве (операции закреплены за каждым рабочим местом и ε_{yc} , $\varepsilon_{\text{с}}$ компенсируются настройкой станка):

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \varepsilon_{\text{и}};$$

- если используется многоместное приспособление, то:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{yc}}^2 + 3\varepsilon_{\text{и}}^2},$$

- при использовании приспособлений-спутников на автоматической линии

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{3\varepsilon_{\text{и}}^2 + \varepsilon_{\text{yc}}^2 + \varepsilon_{\text{с}}^2}.$$

Погрешность настройки станка $\Delta_{\text{н}}$ представляет собой неточность установки режущего инструмента на выполняемый при обработке размер. Настройка фрезы на размер производится по установу и щупу. Погрешность ее установки зависит от точности местоположения рабочей

поверхности установка на корпусе приспособления, точности щупа и квалификации станочника и может быть определена по формуле

$$\Delta_{\text{H}} = \sqrt{\Delta_{\text{H}1}^2 + \Delta_{\text{H}2}^2 + \Delta_{\text{H}3}^2}, \quad (4.2)$$

где $\Delta_{\text{H}1}$ – допуск на координату установка (допуск на расстояние от опорных элементов приспособления до рабочей поверхности установка);

$\Delta_{\text{H}2}$ – допуск на толщину щупа (при использовании щупа толщиной $3 \cdot 10^{-3}$ м, $\Delta_{\text{H}2} = 0,6 \cdot 10^{-5}$ м);

$\Delta_{\text{H}3}$ – погрешность установки фрезы, вызванная квалификацией станочника, $\Delta_{\text{H}3} = 2 \cdot 10^{-5} \dots 5 \cdot 10^{-5}$ м.

Зная схемы базирования и закрепления заготовки, можно подсчитать величины $\varepsilon_{\text{б}}$ и $\varepsilon_{\text{з}}$.

На заключительном этапе проектирования приспособления конструктор решает задачу назначения допуска на координату установка и определения возможной степени неточности изготовления и сборки деталей приспособления ε_{yc} . Для этого конструктор разрабатывает технические требования на конструкцию приспособления, в которых указываются все допустимые неточности формы и расположения поверхностей, определяющих положение заготовки в приспособлении. Величина ε_{yc} может быть подсчитана по формуле

$$\varepsilon_{\text{yc}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{yc}1}^2 + \varepsilon_{\text{yc}2}^2 + \dots + \varepsilon_{\text{yc}n}^2},$$

где $\varepsilon_{\text{yc}1}, \varepsilon_{\text{yc}2}, \dots, \varepsilon_{\text{yc}n}$ – погрешности положения заготовки, возникающие от неточности изготовления и сборки приспособления, регламентированные техническими требованиями на его конструкцию.

Величина допуска $\Delta_{\text{H}1}$ и величины $\varepsilon_{\text{yc}1}, \varepsilon_{\text{yc}2}, \dots, \varepsilon_{\text{yc}n}$ назначаются конструктором, исходя из выполнения условия (4.1).

Если в результате расчетов окажется, что допуски на размеры и взаимное расположение поверхностей приспособления малы и не могут быть обеспечены, необходимо проанализировать пути уменьшения составляющих погрешности $\varepsilon_{пр}$. В числе таких возможных путей можно указать следующие: предусмотрение окончательной обработки установленных элементов и установка в собранном приспособлении, обработка рабочих поверхностей установочных элементов после установки готового приспособления на столе станка, где его будут применять, выверка приспособления на столе станка и т. д. Если такие мероприятия не могут привести к желаемому результату, то необходимо изменить схему базирования и закрепления заготовки.

Порядок выполнения работы

1. Получить у преподавателя или инженера чертежи детали и приспособления для выполнения одной из операций обработки данной детали.
2. По операционному эскизу определить величины погрешности базирования $\varepsilon_б$ и закрепления $\varepsilon_з$ для выполняемых на данной операции размеров.
3. Вычертить эскиз приспособления и составить технические требования к нему.
4. Рассчитать погрешность положения заготовки ε_{yc} по формуле (4.2) и назначить допуск на координату установка $\Delta_{Н1}$.
5. Проверить правильность назначенных величин ε_{yc} и $\Delta_{Н1}$, определяющих точность изготовления, сборки приспособления и настройки режущего инструмента по формуле (4.1).

Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Операционный эскиз заготовки.

3. Эскиз приспособления с размерами и техническими требованиями, определяющими точность положения заготовки.
4. Расчет погрешности обработки заготовки в приспособлении.
5. Вывод о пригодности по точности данного приспособления.

Контрольные вопросы

1. Структура суммарной погрешности обработки заготовки в приспособлении. Основные термины и определения.
2. Методики расчета:
 - погрешности базирования;
 - погрешности закрепления;
 - погрешности приспособления;
 - погрешности настройки инструмента на выполняемый размер.
3. Практическое применение вышеуказанных методик расчета погрешностей (на примере выданного задания к лабораторной работе).

Литература

1. Корсаков, В.С. Основы конструирования приспособлений: учеб. для вузов / В.С. Корсаков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – С.16–23.
2. Горохов, В.А. Проектирование и расчет приспособлений: учебное пособие для студентов вузов машиностроительных специальностей. – Минск.: Вышэйшая школа, 1986. – С.83–87.

Лабораторная работа № 5

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАСПОЛОЖЕНИЯ БАЗОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНТРОЛЬНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ НА ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ

Цель работы: определение влияния расположения базовых элементов контрольного приспособления на величину погрешности измерения.

Инструмент и принадлежности к работе

1. Плита установочная.
2. Призма с углом $\alpha = 90^\circ$.
3. Угольник с углом 90° .
4. Специальное контрольное приспособление.
5. Индикаторы часового типа ИЧ-10.
6. Наконечник тарельчатой формы.

Основные теоретические сведения

Контрольные приспособления применяют для проверки заготовок, деталей и узлов машин. Приспособления для проверки деталей применяют на промежуточных этапах обработки (межоперационный контроль) и для окончательной приемки, выявляя точность размеров, взаимного расположения поверхностей и правильность их геометрической формы. Применение контрольных приспособлений повышает производительность труда, значительно увеличивая качество и объективность контроля.

Контрольные приспособления состоят из установочных, зажимных, измерительных и вспомогательных элементов, смонтированных в корпусе приспособления.

На установочные элементы (опоры) проверяемую деталь или заготовку (узел) ставят своими измерительными базами в процессе

контроля. Для установки на базовые плоскости применяют постоянные опоры со сферическими и плоскими головками, опорные пластины, а также специальные детали (секторы, кольца) в зависимости от конфигурации базы в плане. Опоры со сферическими головками применяют для установки деталей на необработанные базы. Для установки на обработанные базы используют опоры с гладкой и достаточно развитой поверхностью. Для повышения износостойкости опоры рекомендуется цементировать на глубину 0,8–1,2 мм и термически обрабатывать до твердости 55–60 HRC.

Для установки на внешние цилиндрические поверхности используют призмы.

В качестве разжимных элементов при базировании по внутренней цилиндрической поверхности используют шарики, планки и разрезные втулки. Для точного центрирования применяют также втулки с гидропластмассой, гофрированные втулки и устройства мембранного типа.

Также в контрольных приспособлениях для установки деталей в качестве установочных баз применяют различные сочетания элементарных поверхностей.

Зажимные устройства в контрольных приспособлениях предупреждают смещения установленной для проверки детали относительно измерительного устройства и обеспечивают плотный контакт установочных баз детали с опорами приспособления. Для предупреждения деформаций проверяемых изделий силы закрепления должны быть небольшими, а их величина стабильна.

Измерительные устройства контрольных приспособлений делятся на предельные (бесшкальные) и отсчетные (шкальные). Особую группу составляют устройства, работающие по принципу нормальных калибров. Предельные устройства не дают численного значения измеряемых величин, а все проверяемые изделия делят на три категории: годные, брак

«плюс» и брак «минус». В качестве отсчетных измерителей обычно используют рычажно-механические приборы (индикаторы часового типа или многооборотные индикаторные головки).

При выборе отсчетных измерительных средств в зависимости от допусков и серийности производства необходимо учитывать их метрологические и экономические показатели (погрешность средства, цена деления шкалы, предел измерения, чувствительность, порог чувствительности и т. д.).

Рабочий наконечник измерительного устройства может быть сферическим, плоским или ножеобразным и выбирается в зависимости от формы поверхности, параметры которой контролируются, и метода контроля.

В качестве устройств, работающих по принципу нормальных калибров, в контрольных приспособлениях используют контурные, плоские или объемные шаблоны.

Вспомогательные устройства контрольных приспособлений имеют различное целевое назначение (поворотные устройства, ползуны для перемещения измерительных элементов, приводные механизмы, подъемные устройства, выталкиватели и т. д.).

При конструировании контрольного приспособления одной из основных задач является уменьшение или полное устранение общей суммарной погрешности измерения.

Погрешностью измерения называется отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины.

Под **точностью** измерений понимается качество измерений, отражающее близость их результатов к истинному значению измеряемой величины.

Обязательными компонентами всякого измерения являются метод и средства измерения; очень часто измерения выполняются с участием

человека. Несовершенство каждого компонента измерения вносит вклад в погрешность измерения.

Поэтому в общем виде

$$\Delta = \Delta_{\text{м}} + \Delta_{\text{и}} + \Delta_{\text{оп}},$$

где Δ - погрешность измерения;

$\Delta_{\text{м}}$ – погрешность методическая;

$\Delta_{\text{и}}$ – погрешность инструментальная;

$\Delta_{\text{оп}}$ – погрешность оператора.

Каждая из составляющих погрешности измерения в свою очередь может вызываться рядом причин. Так, методические погрешности могут возникать вследствие недостаточной разработанности тех явлений, которые положены в основу измерения, и неточности тех соотношений, которые используются для нахождения оценки измеряемой величины. Одной из причин, существенно влияющих на методическую погрешность измерения, является погрешность базирования.

Инструментальные погрешности измерения – погрешности из-за несовершенства средств измерения, вызванных погрешностями изготовления и сборки их отдельных элементов.

Погрешность оператора – в конкретном случае к ней можно отнести погрешности из-за неправильного отсчитывания десятых долей деления шкалы прибора.

Погрешности измерения Δ в зависимости от назначения контролируемого изделия допускаются в пределах 8–30 % поля допуска на контролируемый размер.

Элемент контролирует детали (например, диаметр) имеет две точки на окружности, между которыми на её чертеже проставлен проверяемый размер. Согласно принципу обратимости конструкторских баз любая из них может быть измерительной базой по отношению к другой.

При выборе схем контрольного приспособления следует совмещать технологическую базу и одну из измерительных баз детали, придавая им строго фиксированное положение. Другая точка должна контактировать с измерительным элементом приспособления. Если положение этой точки изменяется только вдоль линии измерения, то погрешность положения $\Delta_{\text{пол.}} = 0$, если нет, то $\Delta_{\text{пол.}} \neq 0$.

На рис. 5.1 показана схема контрольного приспособления для проверки диаметра детали 1 в призме 2. Технологическая база (точка C) не совмещена с измерительной базой (образующая 4). Поэтому возникает погрешность базирования, численно равная половине допуска на диаметр проверяемых деталей $T/2$. Вторая точка (образующая 5) занимает при проверке партии деталей разное положение по высоте относительно линии постройки (ось измерительного прибора 3), вызывая погрешность положения

$$\varepsilon_{\text{пол.мин}} = \frac{d}{2} - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{d^2 - \frac{T^2}{\sin^2 \frac{\alpha}{2}}}, \quad (5.1)$$

где d – наименьший диаметр детали;

T – величина допуска на диаметр детали;

α – угол призмы.

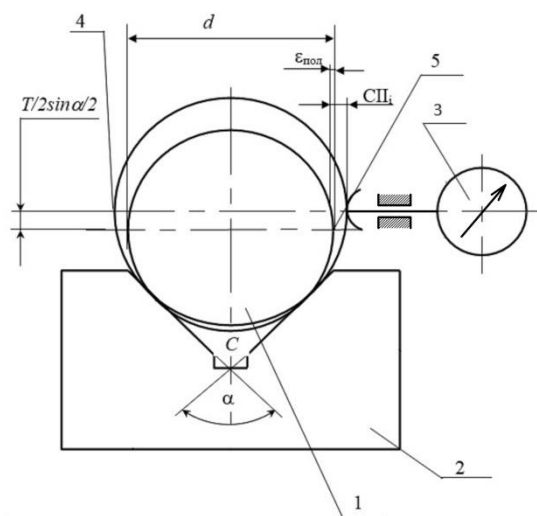


Рис. 5.1. Схема контроля диаметра детали со сферическим наконечником

При контроле партии деталей пределы измерения равны не допуску на диаметр, а величине:

$$СП = T - \varepsilon_6 + \varepsilon_{\text{пол}} = T/2 + \varepsilon_{\text{пол}}.$$

На рис. 5.2 показана другая схема контрольного приспособления, в которой используется плоский наконечник 3. В этом случае (при условии, что рабочая плоскость наконечника перпендикулярна линии постройки 4 и линии измерения 5 погрешность положения $\varepsilon_{\text{пол}} = 0$. В реальных контрольных приспособлениях перпендикулярность этих элементов находится в пределах 0,01...0,015 мм на 100 мм длины, что вызывает появление погрешности положения величиной в сотые доли микрометра, поэтому ею можно пренебречь, т.е. $\Delta_{\text{пол}} = 0$. Также равна нулю и погрешность базирования, т. к. совмещены технологическая база (плоскость 1) с измерительной базой (образующая 2).

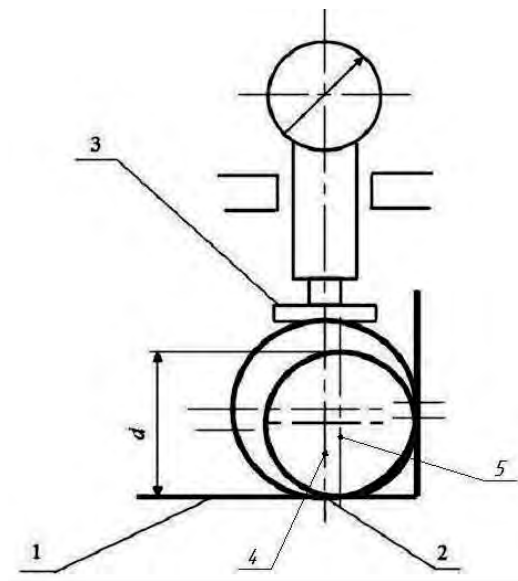


Рис. 5.2. Схема контроля диаметра детали плоским наконечником

Порядок выполнения работы

1. Эталонную деталь (деталь №1) установить в приспособление по схеме, представленной на рис. 5.2, и настроить стрелку индикатора на «0».

2. В данном приспособлении последовательно измерить величину $\delta_{\text{экс.}i}$ – отклонение диаметра контролируемых деталей от диаметра эталонной детали. Значение $\delta_{\text{экс.}i}$ с учетом знака (+/-) записать в таблицу.

3. Подсчитать величину CI_i по формуле:

$$CI_i = \delta_{\text{экс.}i} - \delta_{\text{экс.}.\text{min}},$$

где $\delta_{\text{экс.}.\text{min}}$ – наименьшее из всех полученных отклонений (с учетом знака). Значения CI_i записать в таблицу 5.1.

4. Деталь максимального диаметра, определенного по предыдущей схеме, установить в призму по схеме, представленной на рис. 5.1, и настроить стрелку индикатора на «0».

5. В данном приспособлении последовательно измерить величину CI_i (величина положительная). Значение CI_i записать в таблицу.

6. Микрометром измерить диаметр детали и определить диаметры d_{min} и d_{max} с учетом данных таблицы.

7. Вычислить экспериментальную погрешность, вызванную положением измерительного наконечника для каждой детали, по формуле

$$\varepsilon_{\text{пол.экс.}i} = CI_i - \frac{d_{\text{max}} - d_1 - \delta_{\text{экс.}i}}{2}.$$

8. По формуле (5.1) найти расчетное значение погрешности $\varepsilon_{\text{пол.}.\text{max}}$ для партии деталей. Полученное значение записать в таблицу.

9. Экспериментальное значение погрешности положения сопоставить с расчетным по формуле

$$A = \frac{\varepsilon_{\text{пол.экс.}.\text{max}} - \varepsilon_{\text{пол.}.\text{max}}}{\varepsilon_{\text{пол.}.\text{max}}} \cdot 100 \%$$

Таблица 5.1. Результаты измерений

№ детал и	Схема базирования по рис. 5.2		Схема базирования по рис. 5.1	$\varepsilon_{\text{пол.экс.}}$	$\varepsilon_{\text{пол.}.\text{max}}$	Примечание
	$\delta_{\text{экс.}i}$	CI_i	CI_i			

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Инструмент и принадлежности к работе.
3. Схемы измерения.
4. Расчетная таблица с результатами измерений.
5. Расчет погрешностей.
6. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Показать на схемах измерения величины $\delta_{\text{экср.}i}$, CI_i , CI_j .
2. Почему при измерении диаметра детали по схеме, представленной на рис.5.2, отсутствуют погрешности базирования и погрешности положения измерительного элемента?
3. Определить величину и показать на схеме погрешность базирования при измерении диаметра детали по схеме, представленной на рис.5.1.
4. Вычислить погрешность положения $\varepsilon_{\text{пол}}$ для схемы на рис. 5.1. Почему она возникает в этом случае?
5. Что необходимо сделать при использовании схемы, представленной на рис. 5.1, чтобы исключить:
 - погрешность базирования;
 - погрешность положения;
 - одновременно погрешность базирования и положения?

Литература

1. Корсаков, В.С. Основы конструирования приспособлений: учеб. для вузов / В.С. Корсаков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – С.235–248.

Лабораторная работа № 6

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСИЛИЯ ЗАЖИМА НА ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ

Цель работы: ознакомление с зажимными механизмами приспособлений, определение влияния усилия зажима на точность обработки деталей.

Инструмент и принадлежности к работе

1. Патрон трехкулачковый.
2. Ключ динамометрический.
3. Индикаторы многооборотные 1МИГ.
4. Штатив для измерительных головок.
5. Заготовки.

Общие сведения о зажимных механизмах приспособлений

Зажимные механизмы приспособлений выполняют очень важную функцию по обеспечению надежного контакта заготовки с установочными элементами и предотвращают ее смещение и вибрацию в процессе обработки.

Зажимные устройства также используются для обеспечения правильной установки и центрирования заготовки, выполняя функцию установочно-зажимных устройств. К ним относятся самоцентрирующие патроны, цанговые зажимы и др.

Необходимость закрепления заготовки отпадает, если ее масса велика, а силы резания малы, а также в том случае, когда силы, возникающие при обработке, прижимают заготовку к установочным элементам и не могут нарушить положение заготовки, достигнутое установкой.

К зажимным механизмам приспособлений предъявляют ряд

требований:

- удобство в работе и свободный доступ к зажимам;
 - простота конструкции и невысокая стоимость изготовления;
- надежность закрепления заготовок и неизменность их положения при обработке;
- быстрота действия зажима;
 - устранение влияния зажима на деформации заготовки и частей приспособления;
 - направленность действующих усилий зажима на неподвижные опоры;
 - сохранность положения заготовки, достигнутая базированием.

Силовые механизмы приспособлений делятся на простые и комбинированные, т. е. состоящие из двух-трех сблокированных простых.

К простым механизмам относятся клиновые, винтовые, эксцентриковые, рычажные, рычажно-шарнирные и т. п.

По числу ведомых звеньев механизмы делятся на однозвенные, двухзвенные и многозвенные (многоточечные).

Каждый силовой механизм имеет ведущее звено, к которому прикладывается исходная сила, и одно или несколько ведомых звеньев (прижимных планок, плунжеров, кулачков), передающих обрабатываемой детали силы зажима. Многозвенные механизмы зажимают одну деталь в нескольких точках или несколько деталей в многоместном приспособлении одновременно и с равными силами. Особую группу многозвенных механизмов составляют самоцентрирующие патроны и оправки.

По степени механизации зажимные механизмы делят:

на *ручные*, требующие применения мускульной силы. При использовании ручных механизмов для зажима заготовок усилие зажима

не должно превышать 147 Н. Ручные механизмы применяют в единичном и мелкосерийном производстве;

механизированные, представляющие собой компоновку простых или комбинированных механизмов с механизированными приводами. Применяют их в серийном и массовом производстве;

автоматизированные зажимные механизмы, которые приводятся в действие перемещающимися частями станков (столами, суппортами, шпинделями и др.), силами резания или центробежными силами вращающихся масс. Зажим и раскрепление заготовки при их использовании происходит без участия рабочего. Автоматизированные зажимные механизмы применяют в крупносерийном и массовом производстве.

Главной задачей при разработке любого приспособления является установление типа и размеров зажимного устройства, а также определение силы, развиваемой приводом. Задача решается путем построения схемы закрепления деталей в приспособлении и определения:

- а) места приложения и направления сил зажима;
- б) величины сил резания и их моментов, действующих на обрабатываемую деталь, а при необходимости – инерционных и центробежных сил, возникающих при обработке;
- в) величины усилий зажима при решении задачи статики на равновесие твердого тела, находящееся под действием всех приложенных к нему сил;
- г) требуемой величины сил зажима путем умножения найденного значения сил зажима на коэффициент запаса K .

Коэффициент запаса K рассчитывается применительно к конкретным условиям обработки по формуле

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6,$$

где $K_0 = 1,5$ – гарантированный запас для всех случаев;

K_1 – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки. Для черновой заготовки $K_1 = 1,2$, для чистовой заготовки $K_1 = 1,0$;

K_2 – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания от прогрессирующего затупления инструмента: $K_2 = 1,0–1,9$;

K_3 – коэффициент, учитывающий увеличение силы резания при прерывистом резании. При работе с ударами $K_3 = 1,2$;

K_4 – коэффициент, учитывающий постоянство силы зажима, развиваемой силовым приводом приспособления: $K_4 = 1$ для механизированных силовых приводов (пневматических, гидравлических и т. д.); $K_4 = 1,3$ для ручного привода;

K_5 – характеризует зажимные механизмы с ручным приводом. При удобном положении рукоятки зажима и малом диапазоне угла ее отклонения $K_5 = 1,0$; при большом диапазоне угла отклонения рукоятки (более 90) или неудобном расположении рукояток $K_5 = 1,2$;

K_6 – коэффициент, учитываемый только при наличии крутящих моментов, стремящихся повернуть обрабатываемую деталь. $K_6 = 1,0$, если обрабатываемая деталь установлена базовой плоскостью на опоры с ограниченной поверхностью контакта; $K_6 = 1,5$, если обрабатываемая деталь установлена на планки или другие элементы с большой поверхностью контакта.

Силу, развиваемую силовым приводом, можно определить по формуле

$$Q = K \cdot W / i,$$

где i - передаточное отношение зажимного механизма, которое зависит от его конструкции и размеров.

Влияние усилия зажима на погрешность формы деталей

При закреплении нежестких деталей типа колец возникают погрешности формы цилиндрической поверхности заготовки, что влияет на точность обработки деталей.

В зажимных устройствах (патронах) с обычными (узкими) кулачками наибольшие прогибы колец возникают в местах приложения сил, а наибольшие выпучивания – в сечениях симметрии между кулачками. При наличии широких кулачков деформация колец снижается.

Методика расчета деформации тонкостенных колец при закреплении радиальными силами применима при отношении толщины стенки кольца к среднему радиусу ($h / r \leq 0,2$) и при условии что кольцо полностью перекрыто кулачками или длина участков кольца, выступающих за кулачками, не превышает

$$\ell_{\text{пред}} = 1,3 r \cdot n^{-1} \sqrt{\frac{r}{(n^2 - 1) \cdot h}},$$

где n – число кулачков;

r и h – средний радиус и толщина стенки кольца соответственно, мм:

$$r = \frac{D + d}{4};$$

$$h = \frac{D - d}{2}.$$

На рис. 6.1 представлена номограмма, позволяющая быстро найти $\ell_{\text{пред}}$ при известных n , r и h/r .

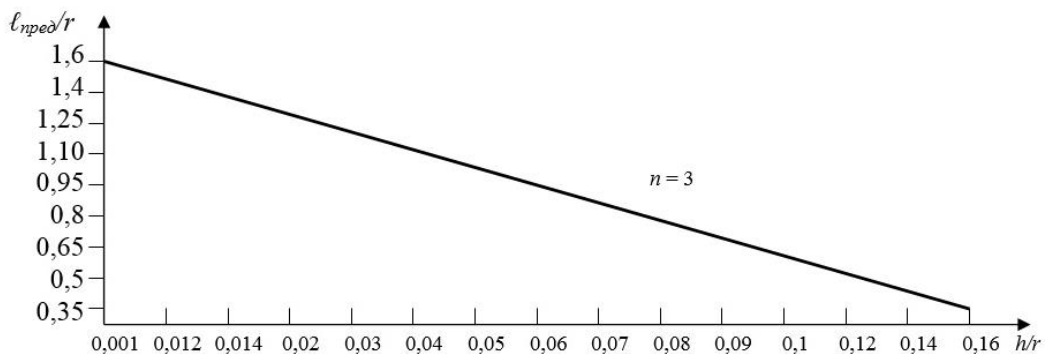


Рис.6.1. Номограмма для определения $\ell_{\text{пред}}$

На рис. 6.2 представлена схема закрепления тонкостенного кольца в трехкулачковом патроне.

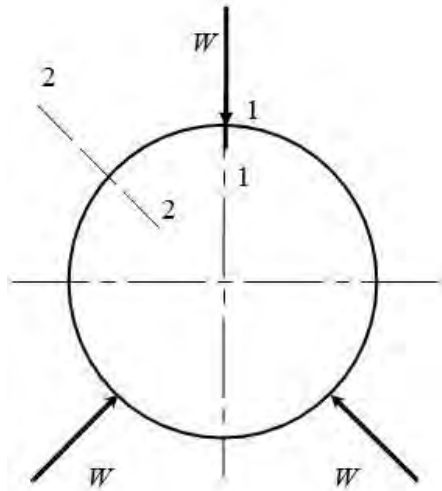


Рис. 6.2. Схема закрепления кольца в трехкулачковом патроне

Наибольший прогиб кольца в сечении подсчитывается по формуле

$$\delta_{1-1} = 0,016 \frac{W \cdot r^3}{E \cdot I}, \quad (6.1)$$

где $r = (D + d)/4$ – радиус нейтральной окружности кольца;

W – сила зажима от кулачка (для удобства расчета суммарная сила зажима отнесена к одному кулачку);

E – модуль упругости материала кольца;

I – момент инерции поперечного сечения кольца относительно нейтральной оси:

$$I = \frac{bh^3}{12},$$

где b – высота кольца.

Наибольшее выпучивание в сечении 2–2 можно подсчитать по формуле

$$\delta_{2-2} = -0,014 \frac{W \cdot r^3}{E \cdot I}. \quad (6.2)$$

Силу зажима от одного кулачка W можно определить из условия равновесия кольца:

$$k \cdot M_{\text{рез}} = W \cdot D/2 \cdot f.$$

Отсюда:

$$W = \frac{2 \cdot k \cdot M_{\text{рез}}}{f \cdot D}, \quad (6.3)$$

где W – суммарная сила зажима, отнесенная к одному кулачку;

k – коэффициент запаса;

$M_{\text{рез}}$ – момент резания;

f – коэффициент трения между кольцом и кулачками: $f = 0,16–0,18$;

D – наружный диаметр кольца.

При закреплении тонкостенного кольца двумя призмами возникают погрешности формы, зависящие от силы прижима и угла призм. На рис. 6.3 представлена схема закрепления тонкостенного кольца двумя призмами с углом $\alpha = 90^\circ$.

Перемещения в сечениях 2–2, 3–3, 4–4 – определяются следующим образом:

$$\delta_{2-2} = 0,005 \frac{W \cdot r^3}{E \cdot I} \text{ – прогиб} \quad (6.4)$$

$$\delta_{3-3} = 0,004 \frac{W \cdot r^3}{E \cdot I} \text{ – прогиб} \quad (6.5)$$

$$\delta_{4-4} = -0,012 \frac{W \cdot r^3}{E \cdot I} \text{ – выпучивание} \quad (6.6)$$

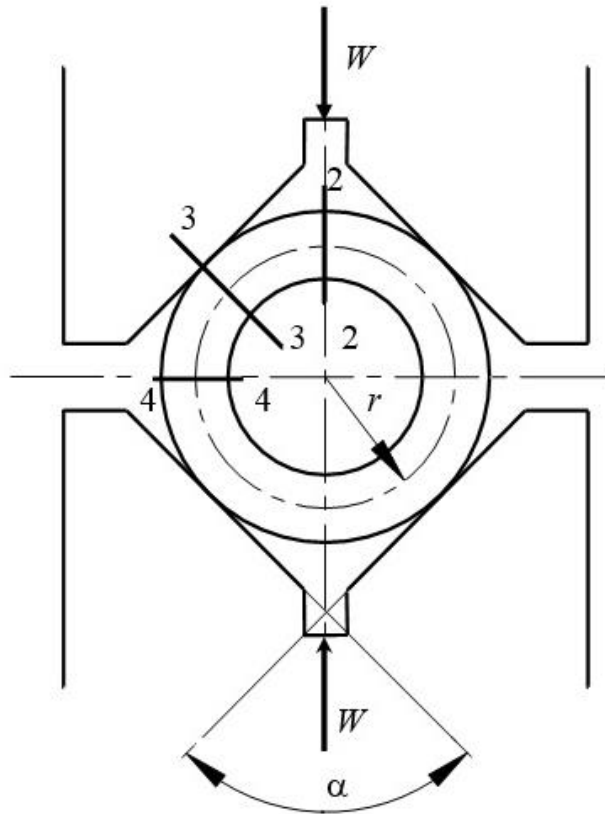


Рис. 6.3. Схема закрепления кольца в призму

Сила зажима детали в призмах определяется по формуле

$$W = k \cdot M_{\text{рез}} \cdot \sin \alpha / (f \cdot D), \quad (6.7)$$

где k – коэффициент запаса;

$M_{\text{рез}}$ – момент резания;

α – угол призмы;

f – коэффициент трения между кольцом и двумя самоцентрирующими призмами: $f = 0,16-0,18$);

D – наружный диаметр кольца.

Порядок выполнения работы

1. У выданных преподавателем тонкостенных колец определить наружный диаметр D , внутренний диаметр d и высоту h .

2. Пользуясь формулой (6.3) определить усилие зажима W от кулачков при растачивании кольца, закрепленного в трехкулачковом патроне, при следующих значениях момента резания:

а) $M = 0,15 \text{ Н}\cdot\text{м};$

б) $M = 0,2 \text{ Н}\cdot\text{м};$

в) $M = 0,25 \text{ Н}\cdot\text{м}.$

3. Определить наибольший прогиб и выпучивание кольца для каждого полученного усилия зажима W по формулам 6.1 и 6.2. Данные занести в табл. 6.1.

4. Определить исходную силу Q , прикладываемую к рукоятке динамометрического ключа, для получения необходимого усилия зажима при различных моментах резания. Уравнение сил механизма патрона в общем виде

$$W = Q \cdot \eta_{\text{п}} \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot i_3,$$

где i_1, i_2, i_3 – передаточные отношения сил рычажных и центрирующего клиноплунжерного механизмов. В нашем случае $i_1 = 16,4;$
 $i_2 = 0,89;$ $i_3 = 6,65.$

КПД патрона определяется по формуле

$$\eta_{\text{п}} = \eta_{\text{кз}} \cdot \eta_{\text{к}} \cdot \eta_{\text{пп}},$$

где $\eta_{\text{п}}$ – КПД патрона;

$\eta_{\text{кз}} = 0,96$ – КПД конического зацепления;

$\eta_{\text{к}} = 0,153$ – КПД клиновой пары «спираль – рейка кулачка»;

$\eta_{\text{пп}} = 0,81$ – КПД поступательной пары кулачок – направляющие корпуса патрона.

5. По тарировочному графику (рис. 6.4) определить показания индикатора динамометрического ключа для полученной исходной силы Q .

6. Зажать кольцо в трехкулачковый патрон с исходной силой Q и измерить значение прогибов и выпучиваний (перемещений) в сечениях

1–1, 2–2 (см. рис. 6.2.) по показаниям стрелки индикатора. Повторить опыт три раза для каждого найденного усилия зажима.

Данные занести в табл. 6.1.

Таблица 6.1. Результаты измерений

№ детали	D, мм	d, мм	h, мм	M _{рез} , Н·м	Перемещение, мкм				Возможность закрепления
					теоретическое		практическое		
					1–1	2–2	1–1	2–2	

7. Пользуясь формулой (6.7), определить усилие зажима W от призмы при растачивании кольца, закрепленного в призмах самоцентрирующего механизма, при следующих значениях момента резания:

а) $M_{рез} = 0,3 \text{ Н·м}$;

б) $M_{рез} = 0,4 \text{ Н·м}$;

в) $M_{рез} = 0,5 \text{ Н·м}$.

8. Определить прогибы δ_{2-2} , δ_{3-3} и выпучивание δ_{4-4} для каждого полученного усилия зажима W по формулам (6.4), (6.5), (6.6).

Данные занести в табл. 6.2.

Таблица 6.2. Результаты измерений

№ детали	D, мм	d, мм	h, мм	M _{рез} , Н·м	Перемещение, мкм						Возможность закрепления
					теоретическое			практическое			
					2–2	3–3	4–4	2–2	3–3	4–4	

В табл. 6.2 представлять прогиб в виде положительной величины, а выпучивание кольца в виде отрицательной величины.

Значение модуля нормальной упругости для колец, изготовленных из стали 45 ГОСТ 1050–88 $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$.

9. Определить исходную силу Q , прикладываемую к рукоятке динамометрического ключа, для получения необходимого усилия зажима

при различных моментах резания. Сила зажима, развиваемая винтовым механизмом:

$$W = Q \frac{l}{r_{\text{ср}} \cdot \text{tg} (\alpha + \varphi_{\text{пр}})},$$

где $l = 160$ мм – длина рукоятки ключа;

$r_{\text{ср}} = 20$ мм – средний радиус резьбы;

$\alpha = 2...4^\circ$ – угол подъема резьбы;

$\varphi_{\text{пр}}$ - приведенный угол трения для метрической резьбы ($\varphi_{\text{пр}} = 6^\circ$).

10. См. п. 5.

11. Зажать кольцо в призмах и измерить значения прогибов и выпучиваний в сечениях 2–2, 3–3, 4–4. Повторить опыт три раза для каждого найденного усилия зажима.

Данные занести в табл. 6.2.

12. Определить возможность закрепления колец для полученных усилий зажима, если допустимая погрешность формы Δ не должна превышать значение 0,00001 м. При закреплении в трехкулачковом патроне погрешность формы заготовки

$$\Delta_{\text{ф}} = (|\delta_1| + |\delta_2|),$$

а при закреплении в призмах

$$\Delta_{\text{ф}} = (|\delta_2| + |\delta_4|).$$

Содержание отчета

- 1 Наименование и цель работы.
2. Инструмент и принадлежности к работе.
3. Эскиз зажимаемой детали.
- 4 Схемы закрепления детали.
- 5 Результаты измерений.
- 6 Выводы.

Контрольные вопросы

1. Зажимные механизмы. Классификация, особенности конструкции, требования, предъявляемые к ним.
2. От чего зависит усилие зажима детали в приспособлении?
3. Что учитывает коэффициент запаса?
4. От чего зависит и как определить:
 - наибольший прогиб?
 - наибольшее выпучивание?
 - погрешность формы детали от усилия зажима?
5. Как можно уменьшить деформации нежестких деталей при их обработке?
6. Самоцентрирующие зажимные механизмы с упругодеформируемыми элементами.

Литература

1. Корсаков, В.С. Основы конструирования приспособлений: учеб. для вузов / В.С. Корсаков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – С.32–36.
2. Ансеров, М.А. Приспособления для металлорежущих станков / М.А. Ансеров. – М.: Машиностроение, 1966. – С.73 – 77, 134 – 140.

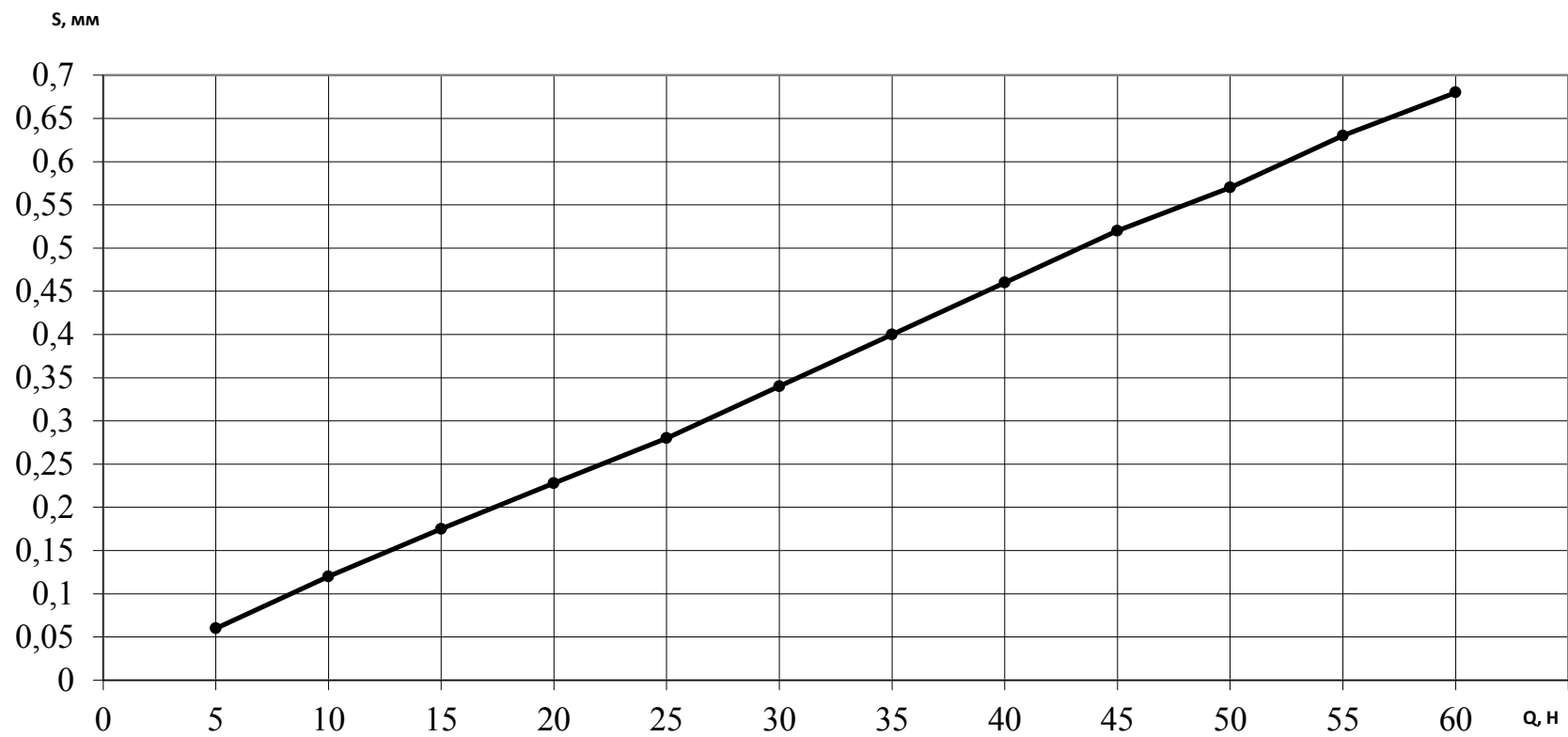


Рис. 6.4. Тарировочный график динамометрического ключа

Лабораторная работа № 7

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Цель работы: Изучение конструкции и принципа действия электростатических приспособлений и определение сил закрепления заготовок из различных материалов и с различной опорной поверхностью.

Инструмент и принадлежности к работе

1. Приспособление электростатическое с блоком питания.
2. Регулятор напряжения.
3. Вольтметр.
4. Набор аттестованных грузов.
5. Штангенциркуль ШЦ-II с пределом измерений 0-160мм и величиной отсчета по нониусу 0,05 мм.
6. Диэлектрическая палочка.
7. Неметаллический ножевой съемник.
8. Комплект деталей.

Основные сведения об электростатических приспособлениях

Хорошо известны и широко применяются в машиностроении магнитные и электромагнитные плиты, патроны и другая оснастка для закрепления стальных деталей, обладающих магнитными свойствами. В приборостроении же, где большая часть деталей выполняется из цветных металлов и сплавов, где большинство деталей не жестки и требуется большая точность их изготовления, перспективными являются приспособления, в которых используются электростатические силы притяжения. Такие приспособления обеспечивают достаточно надежное закрепление деталей с равномерным нагружением по их опорной поверхности.

Электростатические крепежные устройства (ЭКУ) обладают рядом достоинств по сравнению с другими типами оснастки:

- высокой универсальностью. ЭКУ дает возможность крепить детали, выполненные как из магнитных, так и немагнитных металлов и сплавов, с самым разнообразным контуром опорной поверхности, с различными по конфигурации отверстиями и полостями. Благодаря тому, что электростатическая зажимная система основана на поверхностном эффекте, тонкие изделия крепятся на ЭКУ с тем же усилием, что и толстые;

- высокой точностью обработки при достаточно высокой производительности процесса. Это связано с равномерностью притяжения деталей по всей опорной поверхности приспособления и отсутствием у закрепленных деталей короблений и значительных упругих деформаций, иногда имеющих место даже при использовании полюсных магнитных приспособлений;

- отсутствием в обработанных на ЭКУ деталях остаточного магнетизма, благодаря чему не требуется введения в технологический процесс дополнительных операций по их размагничиванию;

- быстродействием операций закрепления и съема деталей, открывающим широкие возможности для автоматизации и механизации технологического процесса.

К недостаткам электростатических станочных приспособлений можно отнести следующее:

- так как глубина проникновения электростатического поля значительно меньше, чем магнитного, то детали с большой шероховатостью или неровной поверхностью не могут быть закреплены с достаточной силой. Снижает усилие закрепления и грязь, попадающая между деталью и рабочей поверхностью приспособления;

- невозможность использования для охлаждения при механической обработке стандартных СОЖ на водяной основе, которые способствуют пробоем диэлектрического покрытия. В качестве СОЖ при обработке на ЭКУ рекомендуется использовать только диэлектрические жидкости, например, трансформаторное масло, что требует дополнительных расходов.

Электростатическое крепежное устройство представляет собой прибор, непосредственно преобразующий энергию электростатического поля в механическую силу притяжения. Наиболее простым ЭКУ является конденсатор, у которого сила притяжения обкладок друг к другу незначительна и согласно закону Кулона равняется:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_1\epsilon_0} \cdot \frac{q_1q_2}{r^2},$$

где q_1, q_2 – электрические заряды на обкладках конденсатора;

ϵ_1, ϵ_0 – диэлектрические проницаемости окружающей среды и вакуума;

r – расстояние между зарядами.

В современном приборостроении ЭКУ получили применение главным образом в качестве электростатических плит или планшайб для закрепления деталей из немагнитных металлов и неметаллических материалов при их механической обработке (фрезеровании, точении, шлифовании, полировании). Усилие притяжения в них возникает между деталью и полупроводящей плитой с нанесенной на нее диэлектрической пленкой при наличии между ними разности потенциалов. Контактная поверхность закрепляемых деталей должна быть чистой, свободной от загрязнения, заусенцев и вмятин. Неплоскостность должна быть не более 0,1 мм. Неметаллические детали, например из стекла, пластмассы, керамики, требуют нанесения токопроводящего слоя на базовую поверхность контакта.

Электростатическое приспособление состоит из корпуса *1* (рис. 7.1), в котором размещено полупроводящее тело *2*, изолированное с боковых сторон изолирующим компаундом *3*, а снизу фольгированным стеклотекстолитом *4*, служащим одновременно для передачи отрицательного заряда от блока питания *5* к полупроводящему телу. На поверхности полупроводящего тела нанесено диэлектрическое покрытие *6*, на котором размещаются закрепляемые детали *7*, соединенные посредством контактного угольника *8* с положительным зарядом блока питания *5*.

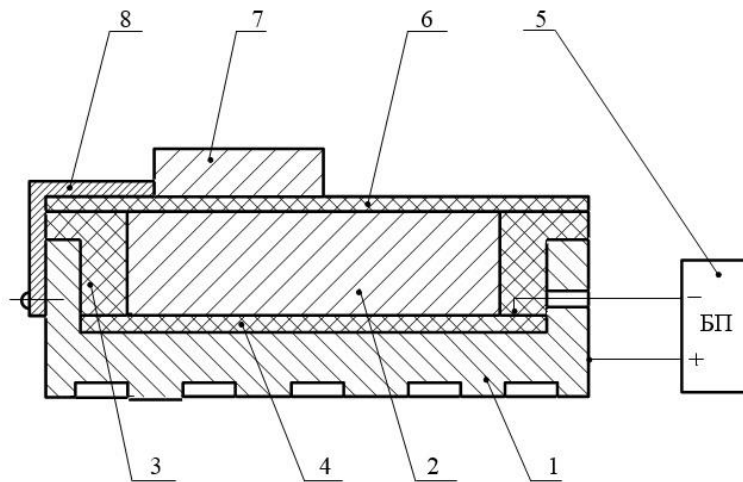


Рис. 7.1. Схема электростатической плиты

Принцип действия электростатической плиты основан на взаимодействии разноименно заряженных тел (закон Кулона).

Отрицательный заряд, скапливаясь в полупроводящем теле, вызывает переориентацию диэлектрических частиц покрытия, в результате чего деталь, закрепленная положительным зарядом, взаимодействует с концами диполей покрытия и притягивается к покрытию с усилием

$$F_{\text{пр}} = F_{\text{уд}} \cdot S_{\text{ак}} \cdot K_{\text{н}} \cdot K_{\text{з}};$$

где $F_{\text{уд}}$ - удельная сила притяжения электростатической плитой единичного электрода площадью 1 см^2 , $\text{кгс}/\text{см}^2$;

$S_{\text{ак}}$ – активная площадь притяжения детали, см^2 ;

$K_{\text{н}}$ – коэффициент неплоскостности поверхности;

$K_{\text{з}}$ – коэффициент заполнения деталями рабочей поверхности плиты.

Значения коэффициента неплоскостности поверхности представлены в табл.7.1

Таблица 7.1. Коэффициент неплоскостности поверхности

Величина неплоскостности, мм	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
$K_{\text{н}}$	1	1	0,9	0,7	0,5	0,3

Значения коэффициента заполнения деталями представлены в табл. 7.2

Таблица 7.2. Коэффициент заполнения деталями плиты

Заполнение деталями поверхности плиты	До 30%	До 50%	До 70%	До 90%
K_3	0,85	0,75	0,70	0,65

В общем случае удельная сила притяжения определяется зависимостью:

$$F_{\text{уд}} = \frac{\varepsilon U^2}{8\pi d}, \quad (7.1)$$

где ε – диэлектрическая проницаемость покрытия;

U – разность потенциалов;

d – толщина диэлектрического покрытия.

Анализ формулы (7.1) показывает, что теоретически достижимы сколько угодно большие усилия притяжения, для чего необходимо увеличить значения ε , U и уменьшить толщину диэлектрического слоя d . Однако на практике максимальное усилие притяжения ограничивается электрической прочностью диэлектрического покрытия.

Надежность закрепления деталей на ЭКУ определяется в первую очередь его тяговыми характеристиками, при этом большое влияние на качество обработки оказывает коэффициент трения деталей по диэлектрическому покрытию, определяющий возможность микросдвигов.

Усилие притяжения в ЭКУ чаще всего определяют путем замера силы отрыва закрепляемой детали, действующей нормально к плоскости притяжения устройства. Вполне допустим также и косвенный метод определения усилия притяжения ЭКУ, заключающийся в замере усилия сдвига деталей, т. е. при сдвиге детали за счет касательных усилий. В этом случае

$$F_{\text{пр}} = \frac{F_{\text{сдвиг}} \cdot a}{f},$$

где f – коэффициент трения деталей по поверхности ЭКУ, который определяется экспериментально путем нагружения деталей нормальной нагрузкой с последующим сдвигом.

Следует отметить, что коэффициент трения, замеренный на обесточенном приспособлении, несколько отличается от коэффициента трения во время работы ЭКУ вследствие изменения механических характеристик диэлектрического покрытия под влиянием электростатического поля, что приводит к погрешностям в определении удельных усилий притяжения ЭКУ.

С другой стороны, прямой метод измерения при малейшем смещении прилагаемых отрывающих усилий относительно центра детали приводит к неравномерному отрыву, к появлению опрокидывающего момента и, как следствие этого, к значительному снижению регистрируемых данных по сравнению с истинными значениями.

Для ЭКУ, предназначенных для механической обработки деталей, определяющим является усилие сдвига, так как усилие резания направлено преимущественно по касательной к рабочей поверхности приспособления.

Схема лабораторной установки для выполнения лабораторной работы представлена на рис. 7.2.

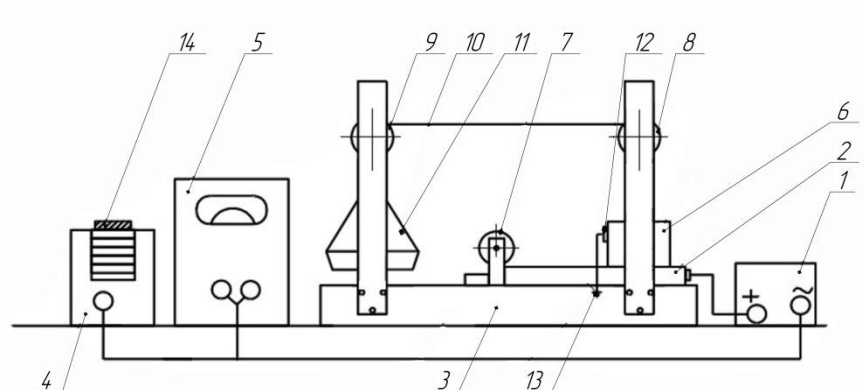


Рис.7.2. Схема лабораторной установки

Установка состоит из высоковольтного блока питания 1, электростатической плиты 2, которая закреплена на основании 3, регулятора входного напряжения 4 и показывающего прибора (вольтметра) 5. На плиту устанавливается закрепляемая деталь 6, которая через проводник 12 и клемму 13 электрически соединяется с плитой 2. На основании 3 установлены кронштейны с блоками 7, 8 и 9. Один конец тросика 10, перекинутого через блоки, прикреплен к детали 6, а другой - к платформе 11, на которую помещаются аттестованные грузы (рис. 7.3).

Используя трособлочную систему, можно реализовать две схемы измерений. На рис. 7.3, а представлена схема определения усилия притяжения деталей, а на рис. 7.3, б - усилие сдвига.

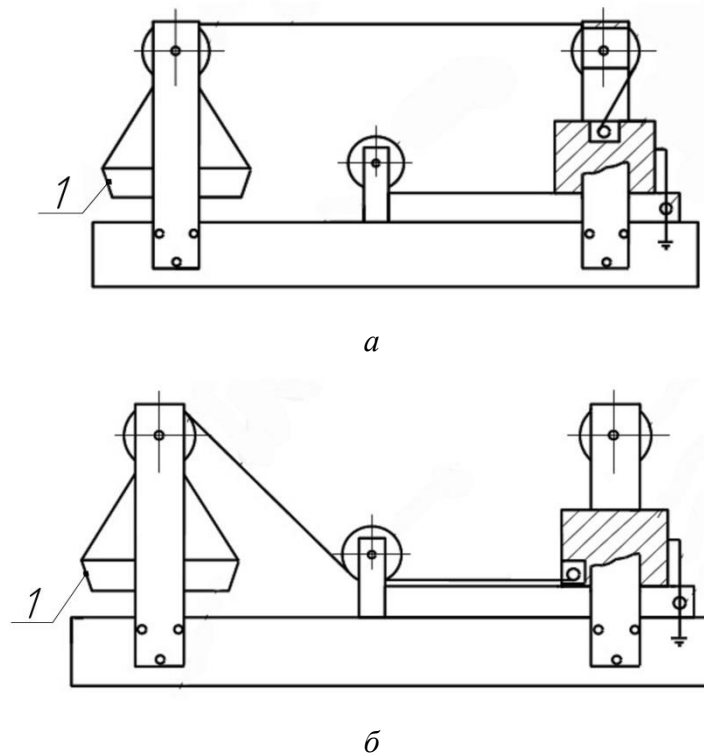


Рис. 7.3. Схемы определения усилия притяжения (а) и усилия сдвига (б) детали

Требования техники безопасности

1. К работе на электростатическом станочном приспособлении допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности и изучившие данную инструкцию.

2. Блок питания и плита ЭКУ должны быть надежно заземлены.

3. Запрещается работать на электростатических приспособлениях, имеющих повреждения высоковольтного кабеля или сквозные (до полупроводящего тела) повреждения диэлектрического покрытия.

4. Запрещается голыми руками определять степень закрепления деталей на приспособлении. Проверку закрепления деталей следует производить путем приложения сдвигающих усилий в пределах 5 кгс/см^2 (0,5 МПа) посредством диэлектрической палочки.

5. При загорании сигнальной лампочки «перегрузка» на блоке питания работу прекратить, выключив тумблер «Сеть». Для выявления и устранения неполадок обратиться к инженеру или преподавателю.

6. Запрещается вскрывать блок питания.

7. Высоковольтные соединения должны быть полностью затянуты соединительными гайками, законтрены, и в процессе работы они не должны давать искрения.

Порядок выполнения работы

1. Перед началом работы проверить приспособление на отсутствие на его покрытии внешних механических повреждений, забоин, складок и т. д., препятствующих установке деталей.

Если будут обнаружены участки с оголенным полупроводящим телом, то немедленно сообщить инженеру или преподавателю. Работать с таким приспособлением запрещается (см. п.3 требований безопасности).

2. Перед установкой деталей поверхность диэлектрического покрытия протереть салфеткой.

3. Закрепляемые детали должны быть очищены от грязи, стружки, обезжирены и не иметь заусенцев.

4. Последовательно измерить все предложенные детали и определить площадь опорной поверхности каждой из них. Полученные данные занести в табл. 7.3.

Таблица 7.3. Результаты измерений

№ п. п.	Материал детали	Площадь опорной поверхности и $S_{ак}, м^2$	Усилия притяжения детали $F_{пр}, Н$				Усилия сдвига детали $F_{сдвига}, Н$				Примечание
			№ опыта			Среднее значение e	№ опыта			Среднее значение	
			1	2	3		$\frac{\sum n}{n}$	1	2		

5. Получить экспериментальные данные, необходимые для построения графика зависимости усилия притяжения детали от площади опорной поверхности. С этой целью:

а) подобрать, в порядке возрастания площади опорной поверхности, детали из одного материала;

б) собрать установку, как показано на рис. 7.3, а;

в) по показывающему прибору 5 с помощью рукоятки регулятора 14 (см. рис. 7.2.) установить заданное напряжение питания $U = 200 В$;

г) закрепление подобранных деталей на приспособлении производить при отключенном положении тумблера высокого напряжения блока питания. Детали установить на опорной поверхности, прижимая их усилием не менее 50 Н, одновременно приводя в соприкосновение с контактной пленкой;

д) включить рабочее напряжение и проконтролировать включение с помощью индикаторной лампочки, установленной на блоке питания;

е) проверить закрепление деталей на приспособлении при помощи диэлектрической палочки и, пытаясь сдвинуть, определить надежность их контакта;

ж) при искрении контактных соединений необходимо выключить рабочее напряжение, устранить зазор, произвести включение и повторную проверку;

и) нагружая платформу 1 (см. рис. 7.3, а) аттестованными грузами, определить момент отрыва детали от поверхности плиты. Результат записать в табл. 7.3;

к) отключить рабочее напряжение на блоке питания, разгрузить платформу 1 и опустить деталь на поверхность электростатической плиты;

л) повторить действия, изложенные в п. 5, з – 5, к для каждой подобранной детали. Полученные данные занести в табл. 7.3;

м) построить график зависимости $F_{\text{пр}} = f(S_{\text{ак}})$ для различных материалов (по указанию преподавателя).

6. получить экспериментальные данные, необходимые для построения графика зависимости усилия сдвига детали от площади опорной поверхности. С этой целью:

а) собрать установку, как показано на рис. 7.3, б.

б) последовательно выполнить действия, изложенные в п. 5, а, 5, в – 5, ж;

в) нагружая платформу 1 (см. рис. 7.3, б) аттестованными грузами, определить момент начала движения детали по поверхности электростатической плиты. Результаты записать в табл. 7.3;

г) отключить рабочее напряжение на блоке питания, разгрузить платформу 1, затем повторить действия по п. 5, з – 5, е, б, в по три раза для каждой подобранной детали. Полученные данные занести в табл. 7.3. Деталь отделять от плиты с помощью неметаллического ножа-съемника;

д) построить график зависимости $F_{\text{сдвига}} = f(S_{\text{ак}})$ для различных материалов (по указанию преподавателя).

7. получить экспериментальные данные, необходимые для построения графика зависимости усилия притяжения детали от питающего напряжения. С этой целью:

а). собрать установку, как показано на рис. 7.3, а;

б) установить по показывающему прибору 5 (см. рис. 7.2) требуемое напряжение питания $U_{\text{пит}} = 200 \text{ В}$;

в) установить деталь на приспособлении, выполнив действия, описанные в п. 5, з – 5, к.

г) изменяя (уменьшая) с заданным шагом напряжение питания (например, через $\Delta U = 20$ В), определить усилие притяжения детали для каждого значения $U_{\text{пит}}$. Эксперимент повторить по три раза. Полученные данные занести в табл. 7.4;

д) построить график зависимости $F_{\text{пр}} = f(U_{\text{пит}})$.

Таблица 7.4. Результаты измерений

Напряжение питания, В	Усилие притяжения детали $F_{\text{пр}}$, Н			Среднее значение $F_{\text{пр}}$, Н	Примечание
	1	2	3		

Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Инструменты и принадлежности к работе.
3. Схемы измерений.
4. Таблицы с результатами измерений и графики зависимостей

$$F_{\text{пр}} = f(S_{\text{ак}});$$

$$F_{\text{сдвига}} = f(S_{\text{ак}});$$

$$F = f(U_{\text{пит}}).$$

Контрольные вопросы

1. Электростатические приспособления. Достоинства и недостатки. Особенности конструкций.
2. Принцип действия электростатических приспособлений.
3. От чего зависят усилие притяжения и усилие сдвига в электростатической плите?
4. Как изменяется усилие притяжения в зависимости от неплоскостности детали и коэффициента заполнения деталями рабочей поверхности плиты?

Литература

1. Корсаков, В.С. Основы конструирования приспособлений: учеб. для вузов / В.С. Корсаков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – С.134–139.

Лабораторная работа № 8

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Цель работы: Изучить методы базирования и методики выполнения измерений отклонений формы и расположения поверхностей, радиального и торцевого биений деталей типа тел вращения.

Инструмент и принадлежности к работе

1. Прибор ПБ-250.
2. Стойка ГОСТ 10197-70.
3. Индикатор часового типа ИЧ-10 (или 2МИГ).
4. Набор призм с углом 120° .
5. Специальное приспособление.
6. Комплект чертежей деталей.
7. Набор деталей.

Основные теоретические сведения

Контроль качества изделий весьма важен в современном приборостроении, в особенности велика роль контроля при производстве изделий по принципу полной взаимозаменяемости. Применение универсальных измерительных инструментов и калибров малопроизводительно, не всегда обеспечивает нужную точность и удобство контроля, а в условиях поточно-автоматизированного производства вообще неприемлемо.

Контрольные приспособления повышают производительность труда контролеров, улучшают условия их работы, повышают качество и объективность контроля.

Контрольные приспособления применяют для проверки заготовок, деталей и узлов машин. Приспособления для проверки деталей применяют на промежуточных этапах обработки (межоперационный контроль) и для

окончательной приемки, выявляя точность размеров, взаимного положения поверхностей и правильность их геометрической формы.

Высокая точность современных приборов и машин обуславливают использование в контрольных приспособлениях измерителей высокой чувствительности и важность правильного выбора принципиальной схемы и конструкции приспособления.

Для проверки небольших и средних деталей применяют стационарные контрольные приспособления, а для крупных – переносные. Наряду с одномерными находят широкое применение многомерные приспособления, где за одну установку проверяют несколько параметров.

Контрольные приспособления делят на пассивные и активные. Пассивные применяют после выполнения операций обработки. Активные устанавливают на станках. Эти приспособления контролируют детали в процессе обработки, давая сигнал на органы станка или рабочему на прекращение обработки или изменение условий ее выполнения.

Контрольные приспособления, обычные и автоматические, должны обеспечивать заданную точность и производительность контроля, быть удобными в эксплуатации, простыми в изготовлении, надежными при длительной работе и экономичными.

Для снижения себестоимости изготовления контрольных приспособлений используются методы проектирования и сборки их из типовых деталей и узлов (комплект универсально-сборных контрольных приспособлений).

В частности, этот метод практикуют при создании контрольных приспособлений для контроля параметров цилиндрических деталей (тел вращения).

Рассмотрим основные отклонения формы и расположения поверхностей, присущих цилиндрическим деталям.

Отклонения формы цилиндрических поверхностей

В основу нормирования и количественной оценки отклонений формы и расположения поверхностей положен принцип прилегающих прямых, поверхностей, профилей.

Прилегающая прямая – прямая, соприкасающаяся с реальным профилем и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от нее наиболее удаленной точки реального профиля в пределах нормируемого участка имело минимальное значение.

Прилегающая окружность – окружность минимального диаметра, описанная вокруг реального профиля наружной поверхности вращения, или максимального диаметра, вписанная в реальный профиль внутренней поверхности вращения.

Прилегающая плоскость – плоскость, соприкасающаяся с реальной поверхностью и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от нее наиболее удаленной точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка имело минимальное значение.

Среди разновидностей отклонения формы цилиндрических поверхностей различают отклонение от круглости, отклонение от профиля продольного сечения и отклонение от цилиндричности.

Отклонение от круглости – наибольшее расстояние от точек реального профиля до прилегающей окружности (рис. 8.1).

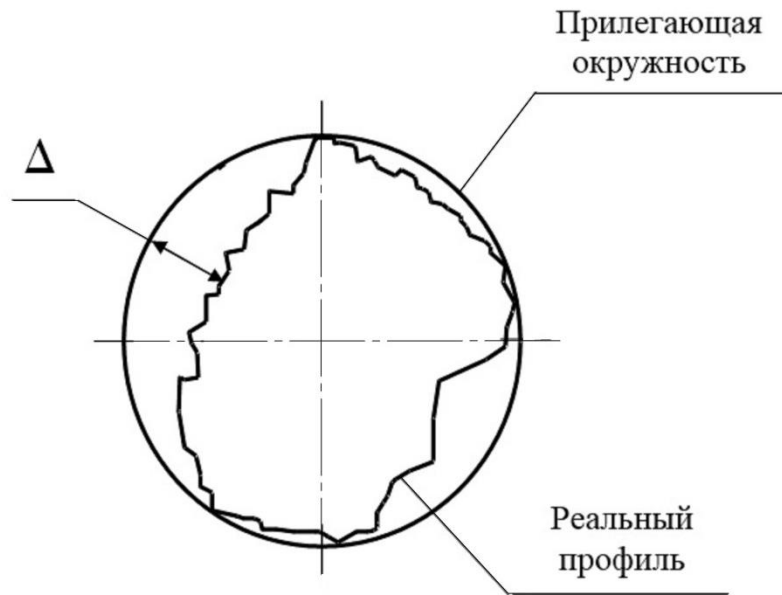


Рис. 8.1. Отклонение от круглости

Частными видами отклонения от круглости являются:

овальность – отклонение от круглости, при котором реальный профиль представляет собой овалообразную фигуру, наибольший и наименьший диаметры которой находятся во взаимноперпендикулярных направлениях;

огранка – отклонение от круглости, при котором реальный профиль представляет собой многогранную фигуру. Огранка может быть с четным и нечетным числом граней. Огранка с нечетным числом граней характеризуется равенством диаметра d (рис. 8.2).

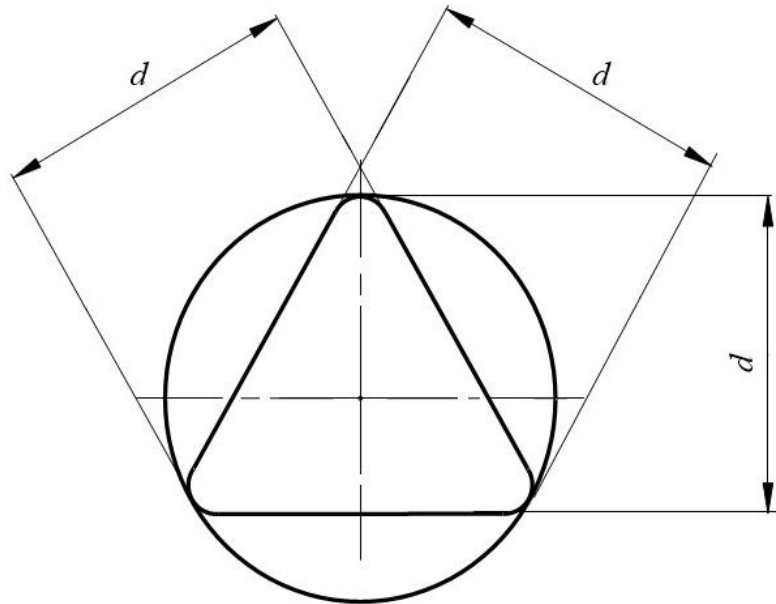


Рис. 8.2. Нечетная огранка

Овальность детали возникает, например, вследствие биения шпинделя токарного или шлифовального станка, дисбаланса или других причин.

Появление огранки вызвано изменением положения мгновенного центра вращения детали, например при бесцентровом шлифовании.

Отклонение от профиля продольного сечения – наибольшее расстояние Δ от точек образующих реальной поверхности, лежащих в плоскости, проходящей через ее ось, до соответствующей стороны прилегающего профиля в пределах нормируемого участка L (рис. 8.3, в).

Частными видами отклонения от профиля продольного сечения являются конусообразность, бочкообразность, седлообразность и изогнутость оси.

Отклонение от цилиндричности – наибольшее расстояние Δ от точек реальной поверхности до прилегающего цилиндра в пределах нормируемого участка L .

Контроль круглости цилиндрических поверхностей

Для определения отклонения от круглости необходима материальная база – идеальная окружность, от которой как от прилегающего профиля должны отсчитываться измеряемые отклонения. Для вала такой базой может

быть разрезное кольцо с отсчетной головкой. Внутренний диаметр кольца выполнен (регулируется) по диаметру вала. Надетое на вал кольцо поворачивается относительно его оси, и отсчетное устройство фиксирует некруглость поверхности вала.

Практически во всех приборах для измерения отклонений от круглости заложен прямой или разностный (косвенный) метод измерения.

Прямой метод измерения

На этом методе построены схемы приборов, которые обеспечивают сравнение измеряемого сечения с поверхностью образцового круга или с траекторией прецизионного вращения. К первому из этих вариантов относится способ, основанный на дифференциальной схеме измерения. Если закрепить на торце вала образцовое кольцо, отклонением формы которого можно пренебречь, и ввести в контакт с измеряемым сечением вала и с образцовым кольцом два преобразователя линейных перемещений, включенных в дифференциальную схему, то при вращении вала вместе с кольцом сигналы от обоих преобразователей подаются через усилители в блок управления, а результирующий сигнал (пропорциональный их разности) поступает на показывающий прибор.

На результаты измерения значительное влияние оказывает биение измеряемой поверхности относительно базовой, поэтому расстояние между ними должно быть как можно меньше (чтобы не сказалась изогнутость оси вала) и кольцо необходимо тщательно выверять относительно вала при его установке. Этот метод экономически целесообразен только для коротких валов.

Второй вариант прямого метода измерения (с траекторией прецизионного вращения) применяется во многих кругломерах отечественного и зарубежного производства, в основе которого лежит одна из конструктивных схем: с прецизионным вращением измерительного преобразователя или измеряемой детали.

Кругломеры обоих типов оснащаются различными приспособлениями, обеспечивающими центрирование детали, расширяющими сферу применения приборов и ускоряющими обработку профилограмм.

С помощью прямого метода контроля круглости измеряются отклонения формы валов в центрах. Возникающие при этом погрешности обусловлены значительными погрешностями траекторий вращения центров металлорежущих станков вследствие неточности подшипников и износа шпинделей, погрешностями формы центровых отверстий валов и их расположением. Это приводит к нарушению теоретических условий контакта – вместо контакта по коническим поверхностям возникает контакт по кромкам в отдельных точках сечения отверстия.

При обработке такого вала его ось «плавает» в пространстве, на поверхности возникают значительные отклонения формы, а отсчетная головка, введенная в контакт с поверхностью, показывает суммарное отклонение формы, имеют место биение относительно геометрической оси вала, биение центров станка, причем вдоль оси вала результаты измерения будут различны. При установке вала на другой станок или при его переустановке условие контакта центра с отверстием будет меняться и соответственно будут меняться показания измерительного прибора, поэтому измерение в центрах допустимо лишь для ориентировочной оценки отклонений формы, причем для поверхностей невысокой точности.

Разностный метод измерений

Этот метод осуществляется с помощью двух- и трехконтактных устройств. Применение двухконтактных приборов (микрометр, штангенциркуль, индикаторная скоба) возможно только при овальности или четной огранке (четырёх, шести и восьмигранными и т. д.). При этом необходимо плавно поворачивать деталь не менее чем на 180° , чтобы выявить максимальный и минимальный диаметры. Отклонение будет равно полуразности этих диаметров. Если же измерять деталь в двух взаимно перпендикулярных направлениях без вращения, как это обычно делается на

производстве, то в зависимости от случайно выбранного направления измерения овальность или четная огранка могут быть измерены полностью, частично или вообще не обнаружены. Первый случай имеет место при совпадении направлений измерений с максимальным и минимальным диаметрами, третий – при измерении под углом 45° к наибольшему диаметру, второй – при всех остальных направлениях измерения. Схема контроля овальности в призме представлена на рис. 8.3.

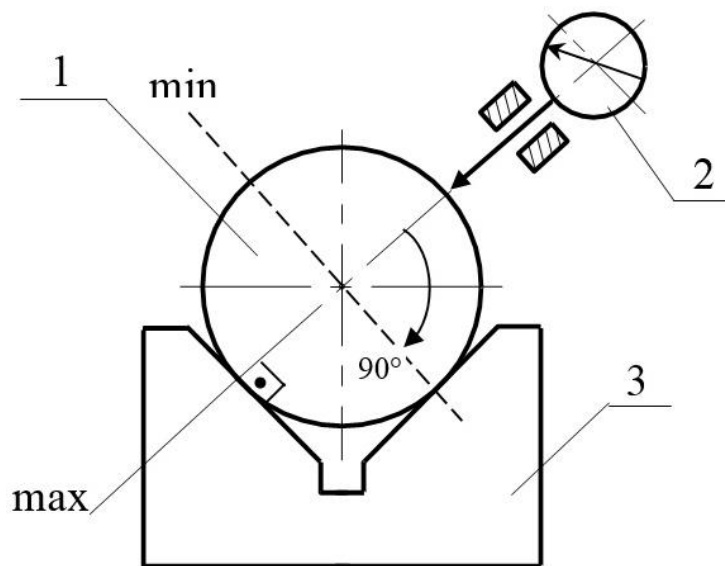


Рис. 8.3. Схема измерения овальности

1 – проверяемая деталь; 2 – измерительная головка; 3 – призма

Огранка с нечетным числом граней не может быть измерена двухконтактными приборами ибо как не поворачивай вокруг оси деталь или двухконтактный прибор вокруг детали, он будет фиксировать один диаметр без отклонений. Для контроля нечетной огранки используется трехточечный способ измерения деталей. Простейшим вариантом является призма, на которую опирается вращающийся вал с измерительным прибором, наконечник которого направлен по биссектрисе угла призмы (рис. 8.4, а) или параллельно одной из ее граней (рис. 8.4, б). В зависимости от фактического числа граней и значения некруглости ось вала, вращающегося в призме, «плавает», что вносит погрешность в результат измерений.

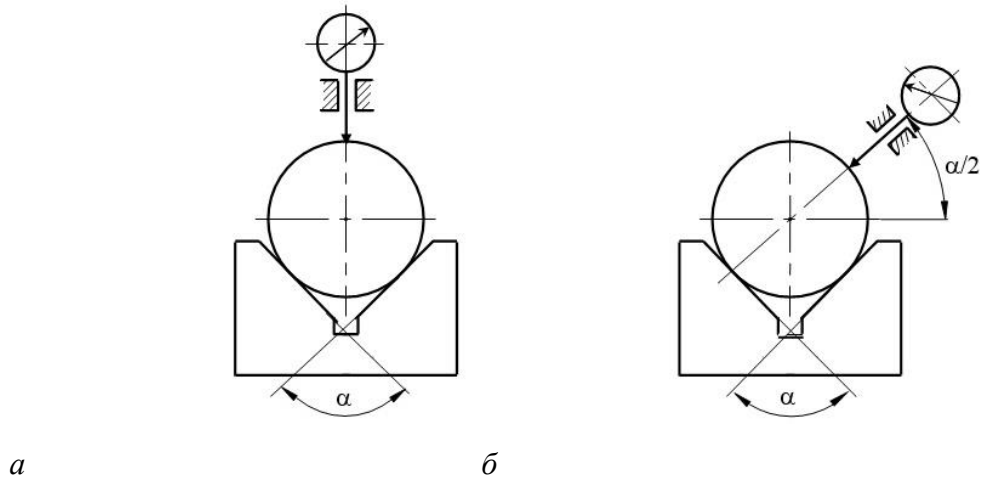


Рис. 8.4. Схема измерения огранки с нечетным числом граней:

a – симметричное устройство;

б – несимметричное устройство

Наиболее популярным вариантом трехточечного устройства является седлообразный прибор, представляющий собой призму с измерительным устройством, наконечник которого направлен по биссектрисе угла призмы (рис. 8.4, *a*). Значение коэффициента воспроизведения седлообразного прибора в зависимости от угла призмы и количества граней приведены в табл. 8.1.

Таблица 8.1 Коэффициенты воспроизведения призм при контроле огранки

Угол призмы, градус	Число граней							
	2	3	4	5	6	7	8	9
60	2	3	2	0	-1	0	2	3
90	1	2	2,41	2	1	0	-0,41	0
120	0,42	1	1,58	2	2,15	2	1,58	1

Отрицательные значения коэффициентов воспроизведения показывают, что положительные отклонения (выступы) отсчитываются по шкале прибора от нуля против часовой стрелки.

Так как не существует оптимального угла для всех многогранников, создан ряд конструкций призм с переменными углами. В частности, в ФРГ выпускаются шариковые призмы, в которых имеются четыре шарика, в виде двух пар точечных контактов с валом, который укладывают посередине. Измерительная головка, закрепленная на отдельной стойке, вводится в контакт с валом, который вращается от руки. Меняя мерные прокладки, разделяющие шарики, можно шарики попарно сдвигать и раздвигать, меняя угол раствора призмы, таким образом в одной шариковой призме можно измерять различные типы огранки, используя два угла раствора, для чего призму поворачивают на 90° . Конструкция шариковых блоков позволяет измерять форму валов в диапазоне от 1 до 250 мм. Кроме того, в случае износа шарики могут поворачиваться и в контакт с измеряемой деталью вступают другие элементы их поверхностей, что значительно повышает срок службы шариковых призм по сравнению с обычными.

Рассмотренные приборы удобны для измерения формы сечений, представляющих собой геометрически правильную форму. Однако профиль реального сечения вала представляет собой сумму наложенных друг на друга гармоник (огранок), отличающихся периодами, фазами, амплитудами. Последовательное измерение некруглости такой детали с помощью двух–трехконтактных устройств с различными углами, последующее определение коэффициента воспроизведения и высчитывание амплитуд каждой гармоники представляют собой весьма трудоемкий процесс.

Определение отклонения профиля продольного сечения

Отклонение профиля продольного сечения определяют путем измерения отклонения от прямолинейности образующей контролируемой детали. Для этого при одной установке детали записывают профилограммы обеих образующих, принадлежащих одному продольному сечению. На записанных профилограммах проводят прилегающий профиль (пару параллельных прямых) и от сторон последнего в перпендикулярном направлении определяют наибольшее отклонение точек профилограмм.

Полученная величина с учетом масштаба увеличения характеризует отклонение профиля продольного сечения (см. рис. 8.5).

При отсутствии изогнутости оси отклонение профиля продольного сечения определяют как полуразность наибольшего и наименьшего диаметров сечений, измеренных двухконтактным прибором.

Конусообразность, бочкообразность и седлообразность измеряют двухконтактными приборами (см. рис. 8.5).

Измерение изогнутости оси показано на рис. 8.6. При измерении по первой схеме (рис.8.6, а) изогнутость равна размаху показаний измерительной головки, а при измерении по второй схеме (рис. 8.6, б) – половине размаха колебаний.

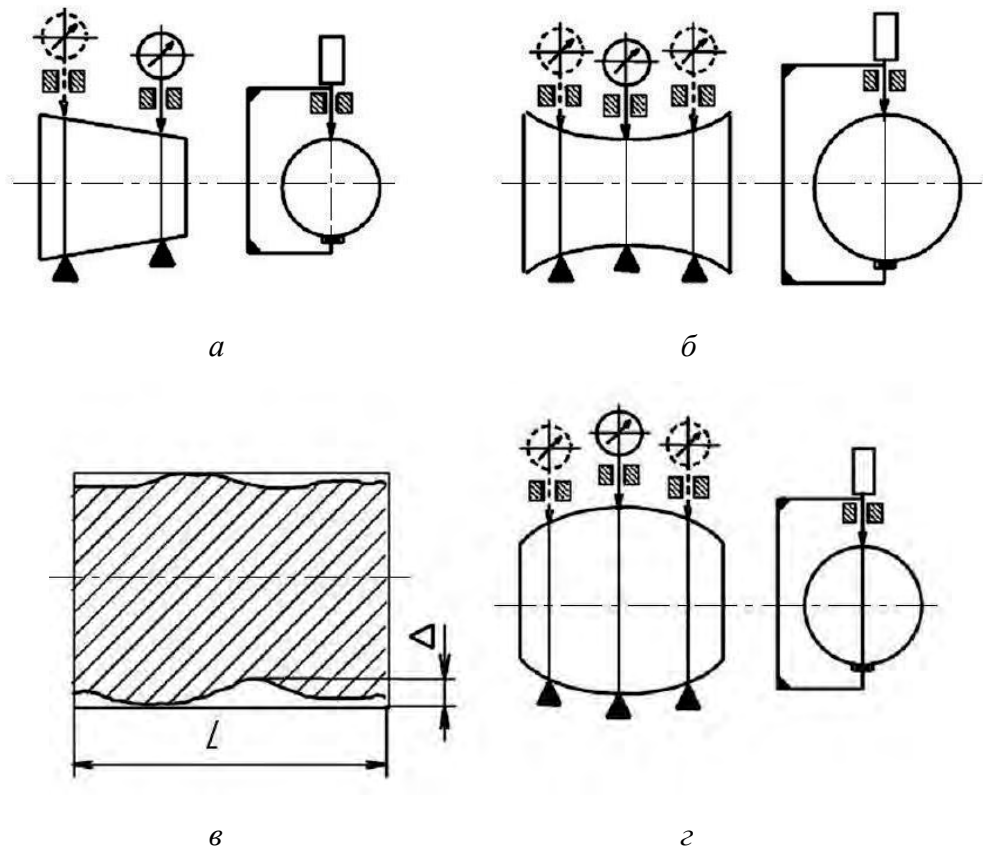


Рис. 8.5. Отклонение профиля продольного сечения (в) и схемы измерения конусообразности (а), седлообразности (б), и бочкообразности (г)

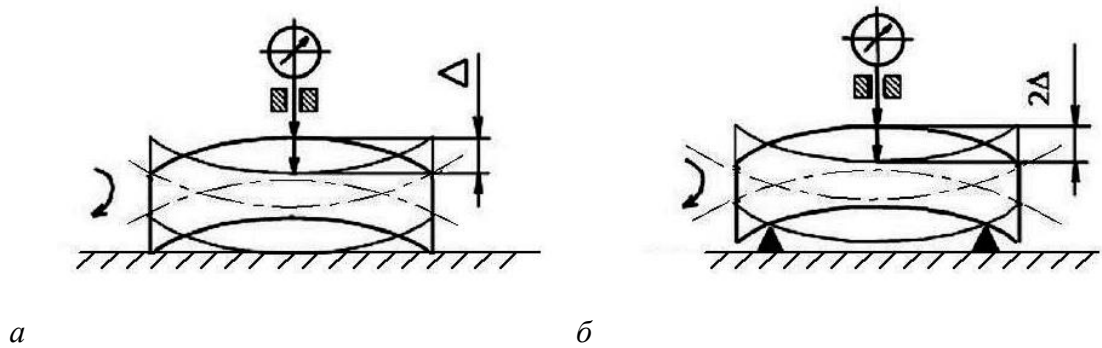


Рис. 8.6. Схемы измерения изогнутости оси: на плите (а) и на ножевых опорах (б)

Суммарные отклонения формы и расположения поверхностей

Радиальное биение поверхности вращения определяется суммарным отклонением от круглости поверхности и отклонением от соосности относительно базовой оси. Оно равно разности наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля поверхности вращения до базовой оси в сечении плоскостью, перпендикулярной базовой оси (рис. 8.7).

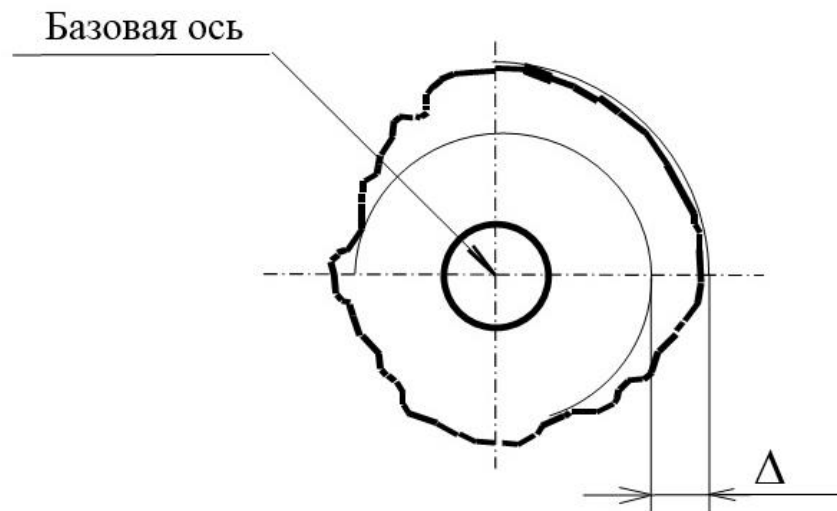


Рис. 8.7. Радиальное биение

Полное радиальное биение относится только к поверхностям с номинальной цилиндрической формой; определяется разностью наибольших и наименьших расстояний от всех точек реальной поверхности вращения до базовой оси в пределах нормируемого участка и является результатом совместного проявления отклонения от цилиндричности и отклонения от соосности рассматриваемой поверхности относительно базовой оси.

Поле допуска – область в пространстве, ограниченная двумя цилиндрами, оси которых совпадают с базовой осью.

Полное торцевое биение относится только к торцевым поверхностям с номинальной плоской формой; определяется разностью наибольшего и наименьшего расстояний от точек всей торцевой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси; является результатом совместного проявления отклонения от плоскостности и отклонения от перпендикулярности рассматриваемой поверхности относительно базовой оси.

Поле допуска – область в пространстве, ограниченная двумя параллельными плоскостями, перпендикулярными базовой оси.

Торцевое биение – разность между наибольшим и наименьшим расстоянием от точек реального профиля торцевой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси. Профиль расположен в сечении торцевой поверхности цилиндром заданного диаметра, соосным с базовой осью (рис. 8.8), а если диаметр не задан – то в сечении любого, в том числе и наибольшего, диаметра. Торцевое биение является результатом совместного проявления отклонения от общей плоскости точек, расположенных на линии пересечения торцевой поверхности с секущим цилиндром (непрямолинейность), и отклонения от перпендикулярности торца относительно базовой оси на длине, равной диаметру рассматриваемого сечения.

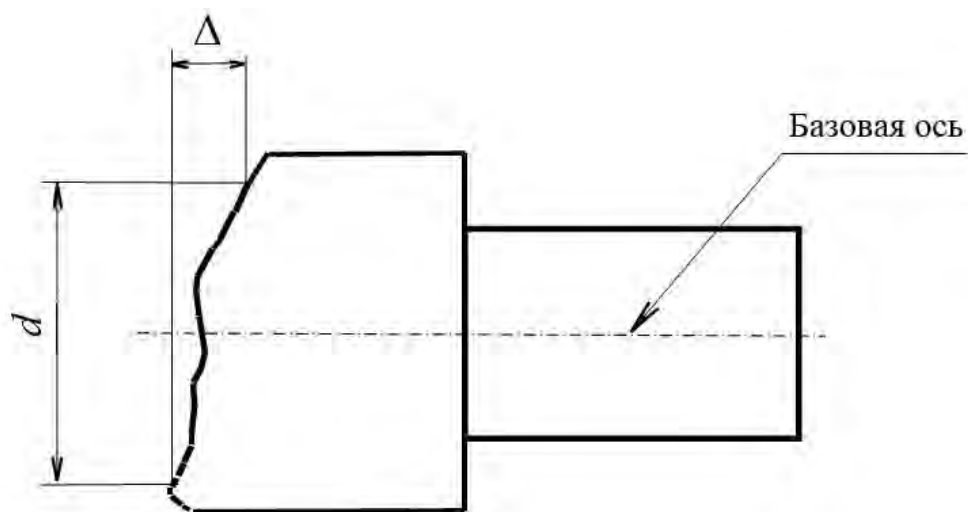


Рис. 8.8. Торцевое биение

Поле допуска – область на боковой поверхности секущего цилиндра, ограниченная двумя параллельными плоскостями, перпендикулярными базовой оси.

Измерение радиального и торцевого биений

Материализация оси базовой поверхности может осуществляться аппаратурно или аналитически. Аппаратурная реализация предусматривает вращение детали, закрепленной за базовую поверхность, в самоцентрирующем патроне либо (если базой является общая ось двух поверхностей) вращение детали, установленной базируемыми поверхностями на призмы. В случае если радиальное биение базовых поверхностей относительно оси центров детали пренебрежимо мало, в качестве измерительной базы можно использовать ось центров.

Аналитическая реализация оси базовой поверхности предусматривает использование тех же базирующих устройств, но с учетом погрешностей, возникающих из-за неправильности формы базовых поверхностей или из-за несовпадения конструкторских и измерительных баз.

При установке детали на две измерительные призмы *б* (рис. 8.9) на плите ось детали должна быть параллельна поверхности плиты. Это достигается установкой призмы на измерительные прокладки (в случае необходимости) и контролируется с помощью показывающего прибора *4* на

стойке 2 по ординатам крайних точек образующих базовых 5 или контролируемых 3 поверхностей, которые для одной поверхности и для поверхности равных диаметров должны быть одинаковы. Один из торцов контролируемой детали должен устанавливаться в жесткий упор 1 с контактом через шарик 7 в точке на оси вращения детали, чтобы исключить влияние биения этого торца на результат измерений.

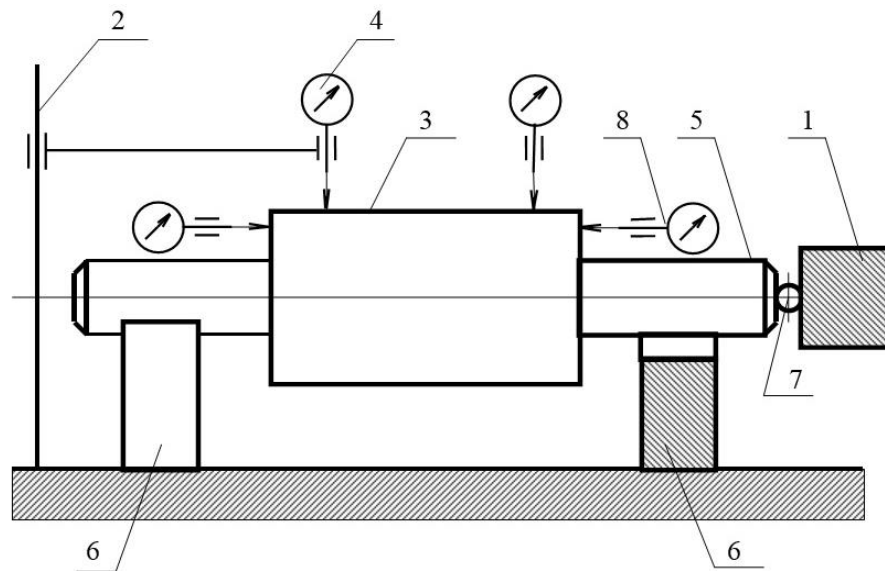


Рис. 8.9. Контроль детали в двух призмах

Для контроля радиального биения поверхности измерительная головка 4 устанавливается так, чтобы линия измерения совпадала с направлением радиуса контролируемой поверхности, и настраивается на ноль по произвольной точке поверхности. Записи подлежит модуль максимальной алгебраической разности показаний в каждом контролируемом сечении за полный оборот детали. Необходимое число сечений должно обеспечивать выявление наибольшего значения радиального биения.

Для контроля торцевого биения измерительная головка 8 устанавливается так, чтобы линия измерения проходила параллельно оси базовой поверхности (поверхностей), а точка контроля находилась на предписанном радиусе. Если этот радиус не оговорен, контроль ведут максимально близко к периферии, отступив от края на столько, чтобы фаски, «завалы» края и другие возможные дефекты не оказали существенного

влияния на результат. Настройка на ноль осуществляется по произвольной точке поверхности, искомое числовое значение биения определяют как модуль алгебраической разности показаний за полный оборот детали.

Обозначения баз

Базы обозначаются зачерненным равнобедренным треугольником, который соединяют с рамкой допуска (рис. 8.10, а). В случаях когда треугольник соединить простым и наглядным образом с рамкой допуска невозможно, базу обозначают прописной буквой в отдельной рамке и ту же букву вписывают в третье поле рамки допуска (рис. 8.10, б).

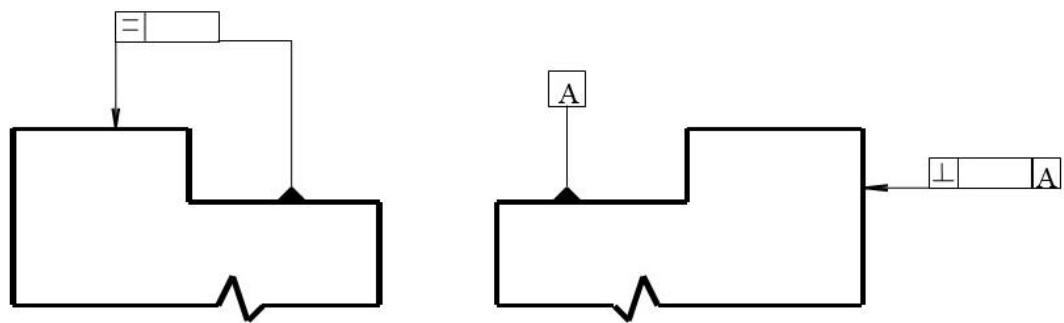


Рис. 8.10. Обозначение баз на чертежах

Порядок выполнения работы

1. Получить у преподавателя чертеж контролируемой детали.
2. Проанализировать требования, предъявляемые к данной детали с точки зрения точности размеров, допусков формы и расположения поверхностей. Примеры обозначения допусков формы и расположения поверхностей приведены в приложении.
3. На основе этого анализа выбрать схему базирования и средства измерения.
4. Вычертить схему контрольного приспособления и собрать его.
5. Произвести измерения контролируемых параметров и их значения сравнить с допускаемыми.
6. Оформить отчет. Результаты измерений контролируемых параметров могут быть представлены в виде табл. 8.2.

Таблица 8.2. Результаты измерений

Параметры	Контролируемые параметры			
Численное значение контролируемого параметра, мкм				
Допускаемое значение контролируемого параметра, мкм				

Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Инструмент и принадлежности к работе.
3. Эскиз контролируемой детали.
4. Схемы контрольных приспособлений.
5. Схемы измерений.
6. Таблицы с результатами измерений.
7. Заключение о годности детали по контролируемым параметрам.
8. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Контрольные приспособления. Назначение и область применения.
2. Отклонения формы цилиндрических поверхностей и методы их контроля:
 - отклонение от круглости и частные виды ее проявления;
 - отклонение профиля продольного сечения и частные случаи его проявления.
3. Суммарные отклонения формы и расположения поверхностей и методы их контроля.
4. Способы обозначения допусков формы и расположения поверхностей на чертежах.

Литература

1. Якушев, А.И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: учеб. для вузов / А.И. Якушев, Л.Н. Воронцов, Н.М. Федотов. – М.: Машиностроение, 1986. – 352 с.

2. Корсаков, В.С. Основы конструирования приспособлений: учеб. для вузов / В.С. Корсаков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – С.235–249.

Классификация допусков формы и расположения по ГОСТ 24642–81 и условные знаки допусков по ГОСТ 2.308–79

Группа допусков	Вид допуска	Знак
Допуска формы	Допуск прямолинейности	—
	Допуск плоскостности	
	Допуск круглости	○
	Допуск цилиндричности	
	Допуск профиля продольного сечения	≡
Допуска расположения	Допуск параллельности	//
	Допуск перпендикулярности	⊥
	Допуск соосности	◎
	Допуск симметричности	≡
Суммарные допуски формы и расположения	Допуск радиального биения	
	Допуск торцевого биения	
	Допуск биения в заданном направлении	
	Допуск полного радиального биения	
	Допуск полного торцевого биения	

Методические указания к выполнению курсового проекта

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Конструирование и производство приборов»

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНАСТКА В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

Методические указания
к выполнению курсового проекта
для студентов специальностей
1-38 01 01 «Механические и электромеханические
приборы и аппараты»,
1-38 02 02 «Биотехнические и медицинские
аппараты и системы»,
1-52 02 01 «Технология и оборудование
ювелирного производства»

Минск
БНТУ
2011

Введение

Создание материально-технической базы и необходимость непрерывного повышения производительности труда ставит перед приборо- и машиностроителями весьма ответственные задачи.

Основное требование к современному производству – дать как можно больше продукции лучшего качества и с наименьшей стоимостью – относится прежде всего, к приборостроению, призванному обеспечить технический прогресс всех отраслей народного хозяйства. Выполнение этого требования обеспечивается не только за счет простого количественного роста производства (нового капитального строительства, увеличение рабочей силы, модернизации устаревшего оборудования и создания нового), но и путем лучшего использования имеющейся техники, хорошей организации труда, внедрения передовой технологии, распространения передового опыта и применения прогрессивной оснастки.

Интенсификация производства в приборостроении связана с модернизацией средств производства на базе применения новейших достижений науки и техники. Техническое перевооружение, подготовка производства новых видов продукции машиностроения и модернизация средств производства неизбежно включают процессы проектирования средств технологического оснащения и их изготовления.

В приборо- и машиностроении в общем объеме средств технологического оснащения примерно 50 % составляют станочные приспособления. Применение станочных приспособлений позволяет:

- надежно базировать и закреплять обрабатываемую деталь с сохранением ее жесткости в процессе обработки;
- стабильно обеспечивать высокое качество обрабатываемых деталей при минимальной зависимости качества от квалификации рабочего;
- повысить производительность и облегчить условия труда в результате механизации приспособлений;
- расширить технологические возможности используемого оборудования.

В настоящее время в области конструирования и эксплуатации приспособлений накоплен большой опыт как в отечественной, так и в зарубежной машиностроительной промышленности. Созданы типовые конструкции высокопроизводительных приспособлений, обеспечивающие высокую точность и экономичность изготовления деталей.

Некоторые вопросы конструирования приспособлений получили научное обоснование. К ним относятся вопросы принципов базирования и расчета погрешностей изготовления деталей в приспособлениях, создание методики расчета усилий закрепления и обеспечения прочности зажимных устройств. Разработана методика расчета экономической целесообразности выбора того или иного варианта приспособлений.

Предусмотренный учебным планом специальностей 38 01 01 «Механические и электромеханические приборы и аппараты», 38 02 02 «Биотехнические и медицинские аппараты и системы», 52 02 01 «Технология и оборудование ювелирного производства» курсовой проект по технологическому оборудованию и оснастке является частью технологической подготовки будущих инженеров приборостроителей. В ходе курсового проектирования обобщаются и углубляются теоретические знания, полученные в процессе изучения дисциплины «Технологическое оборудование и оснастка в приборостроении».

Целью курсового проекта является приобретение первоначальных практических навыков и умений в конструировании сравнительно несложных специальных приспособлений для металлорежущих станков.

Полностью выполненный курсовой проект защищается перед комиссией, назначаемой заведующим кафедрой в предусмотренные учебным планом сроки. В докладе студента должны найти отражение следующие вопросы:

- 1) задание на курсовое проектирование;
- 2) анализ конструкции детали и операционного эскиза для данной операции технологического процесса;

- 3) выбор и обоснование конструкции разработанного приспособления;
- 4) расчеты, подтверждающие работоспособность и точность приспособления;
- 5) принятые оригинальные решения.

По результатам защиты комиссией выставляется оценка, учитывающая не только разносторонность и глубину технических знаний и умений студентов, но и ритмичность работы студента в течение семестра, а также качество выполнения графической части проекта и пояснительной записки.

1 СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Задание на курсовое проектирование выдается руководителем проекта в течение первых двух недель учебного семестра.

Курсовой проект включает:

- пояснительную записку объемом 30-40 с., в которую, входит весь текстовый материал, в также необходимые рисунки, схемы, формулы, таблицы и т.д.;

- графическую часть - 2-3 листа формата А1.

Пояснительная записка должна содержать следующие разделы:

1) Введение, в котором кратко указывается роль приспособлений в повышении производительности и качества выпускаемой продукции; актуальность выбранной темы проекта; цели и задачи, решаемые в проекте; достигнутые результаты.

2) Техническое задание на проектирование приспособления, выполненное в соответствии с ГОСТ 15.001 (пример оформления ТЗ см. приложение 1).

3) Анализ конструкции детали и операционного эскиза.

3) Краткое описание выполняемой в разрабатываемом приспособлении операции, применяемого инструмента, оборудования и расчет режимов резания.

4) Анализ существующих конструкций приспособлений и обоснование выбранных решений.

5) Выбор принципиальной схемы разрабатываемого приспособления, описание конструкции и принципа его действия.

6) Силовой расчет приспособления, выбор и расчет силового привода.

7) Расчет погрешности механической обработки детали в приспособлении.

8) Выводы.

9) Список использованной литературы.

10) Приложения.

Графическая часть курсового проекта должна включать:

- 1) чертеж детали;
- 2) операционный эскиз на данную операцию;
- 3) чертеж общего вида разработанного приспособления;
- 4) принципиальную схему приспособления;
- 5) рабочие чертежи отдельных деталей приспособления (не обязательен для специальностей выполняющих курсовую работу).

Курсовой проект должен быть оформлен в полном соответствии с СТП БНТУ 3.01-2003 «Курсовое проектирование. Общие требования и правила оформления», требованиями ЕСТД И ЕСКД.

2 Выполнение основных этапов проекта

2.1 Общие положения методики конструирования специальных станочных приспособлений.

Конструирование приспособления тесно связано с разработкой технологического процесса изготовления данной детали, поэтому между технологом и конструктором должны существовать тесное взаимодействие и творческое содружество.

В задачи технолога входят: выбор заготовки и установление маршрута обработки; уточнение содержания технологических операций с разработкой операционных эскизов, дающих представление об установке и закреплении заготовки; выбор технологических баз и определение промежуточных размеров по всем операциям и допусков на них; установление режимов резания; нормирование техпроцесса с определением штучного времени на операцию по элементам; выбор типа к модели станка.

В задачи конструктора входят: конкретизация предложенной технологом схемы установки заготовки в приспособлении; выбор конструкции и размеров установочных элементов приспособления; определение величины необходимой силы закрепления заготовки; уточнение схемы и размеров зажимного устройства; выбор силового привода; определение размеров направляющих деталей приспособления; общая компоновка приспособления с назначением допусков на его сборку и на изготовление отдельных деталей.

Таким образом, общая схема приспособления и принцип его действия определяются технологом, разрабатывающим технологический процесс, и выдаются конструктору в качестве исходных данных.

По числу устанавливаемых для обработки заготовок схемы станочных приспособлений делят на одно- и многоместные, а по числу инструментов - на одно - и многоинструментные. В зависимости от порядка работы инструментов и расположения заготовок в приспособлении эти схемы могут быть последовательного, параллельного и параллельно-последовательного

выполнения. При сочетании указанных признаков образуется несколько различных схем. Варианты схем оценивают по производительности и себестоимости с безусловным обеспечением заданного качества обработки.

Конструкцию специального приспособления разрабатывают в два основных этапа:

- проектирование приспособления;
- конструирование приспособления.

На первом этапе выбирают, обосновывают и рассчитывают отдельные элементы приспособления, определяют техническую (с точки зрения обеспечения требуемой точности) и экономическую целесообразность возможных вариантов конструкций приспособлений.

На втором этапе из выбранных элементов разрабатывают общий вид приспособления и рабочие чертежи оригинальных деталей.

Для правильного решения всех вопросов проектирования конструктор должен иметь полные исходные данные, к которым относятся:

1) Рабочие чертежи заготовки и готовой детали с техническими требованиями. Изучая их, конструктор получает сведения о форме, размерах, припусках и допусках на деталь, шероховатости поверхностей, материале детали, местах разъема штампов или опок и др. По возможности, следует пользоваться образцами детали;

2) Операционные эскизы на предшествующую и выполняемую операции. Они характеризуют схему базирования и закрепления детали на этих операциях, показывают, какие поверхности уже обработаны, какие являются черновыми до и после обработки; из них видно, какие размеры и с какой точностью должны быть получены на данной операции;

3) Карты технологического процесса обработки детали, в которых указаны последовательность и содержание операций, базирование, применяемые инструменты и оборудование, режимы резания, проектная норма штучного времени с выделением времени на установку, закрепление и снятие детали;

4) Объем выпуска деталей (годовая программа), который необходим в тех случаях, когда неизвестна производительность операции и не оговорено вспомогательное время;

5) ГОСТы и нормали на детали и узлы станочных приспособлений, паспорта или данные о размерах посадочных мест станков.

Прежде чем приступить к конструированию приспособлений, конструктор должен тщательно изучить исходные данные. Кроме того, целесообразно ознакомиться со станком в цехе, выявить технологические возможности инструментального цеха, где будут изготавливать приспособление, выявить наличие на складе нормализованных заготовок, деталей и узлов приспособлений, изучить работу аналогичных приспособлений.

Если в результате глубокой проработки исходных данных конструктор создает более рациональную схему приспособления, улучшающую построение операции, то после согласования с технологом эти изменения вносят в технологический процесс.

Работа по конструированию приспособлений проходит в следующем порядке:

1) Исходя из схемы базирования обрабатываемой детали, точности и шероховатости базовых поверхностей, определяют тип и размер установочных элементов, их количество, взаимное расположение и рассчитывают погрешности установки;

2) Исходя из заданной производительности операции, определяют тип приспособления (одно- или многоместное, одно- или многопозиционное);

3) По заданным режимам резания (силам резания) в выбранной схеме установки составляют схему действия сил на деталь в процессе обработки;

4) Выбирают точку приложения и направления силы зажима и рассчитывают ее величину, а также погрешность закрепления;

5) По силе зажима, числу мест ее приложения и в зависимости от конфигурации и точности детали выбирают тип зажимного механизма,

рассчитывают его основные конструктивно-размерные параметры и величину необходимой исходной силы привода;

6) По исходной силе и регламентированному времени на закрепление и открепление детали выбирают тип силового привода и рассчитывают его размеры. По нормальям и ГОСТам уточняют рассчитанные размеры силового привода;

7) Устанавливают тип и размеры моментов для определения положения и направления режущего инструмента. Для сверлильных и расточных приспособлений производят расчет допусков на расстояние до оси кондукторной втулки;

8) Выбирают необходимые вспомогательные устройства, определяют их конструкцию, размеры, расположение, исходя из массы заготовки, выполняемой операции и необходимой точности обработки;

9) Разрабатывают общий вид приспособления и определяют точность его исполнительных размеров;

10) Рассчитывают на прочность и износоустойчивость, нагруженные и движущиеся элементы приспособления;

11) Рассчитывают экономическую целесообразность разработанной конструкции приспособления.

2.2 Силовой расчет приспособления, выбор и расчет силового привода

Цель силового расчета приспособления - определение размеров зажимного устройства, развивающего требуемую величину усилия, необходимого для обеспечения надежного контакта заготовки с установочными элементами и предупреждения ее смещения и вибрации в процессе обработки. При использовании в приспособлении нормализованного силового устройства силовой расчет носит проверочный характер и состоит в том, чтобы убедиться в соответствии величины, развиваемого силовым приводом, с величиной усилия, необходимого для закрепления заготовки.

Рассчитывая силы зажима, необходимо учитывать упругую характеристику зажимного устройства. В приспособлениях применяют зажимные устройства двух типов.

В устройствах первого типа величины упругого отжима прямо пропорциональны приложенным силам. К ним относятся самотормозящие зажимные механизмы (винтовые, клиновые, эксцентриковые и др.), привод которых может быть ручным или механизированным (пневматический, гидравлический и др.).

К устройствам второго типа относятся пневматические, гидравлические и пневмогидравлические механизмы прямого действия. При приложении к зажимному элементу этих устройств (например, штоку пневмо- или гидроцилиндра) возрастающей по величине силы перемещения штока не будет до тех пор, пока приложенная сила не превысит противодействующую ей силу (от давления жидкости или воздуха на поршень). В устройствах этого типа с промежуточными звеньями без самоторможения величина отжима зажимного элемента сначала изменяется по линейному закону из-за упругих деформаций звеньев, а затем при определенном значении прилагаемой силы элемент может резко переместиться на значительную величину.

Отношение сил P_1 и P_2 , соответствующих моменту отрыва заготовки от опор приспособления с зажимным устройством первого и второго типов, можно определить из формулы [1]:

$$\frac{P_1}{P_2} = 1 + \frac{I_1}{I_2}, \quad (2.1.)$$

где I_1 и I_2 – жесткости зажимных и установочных элементов приспособления.

Величину зажимного усилия W можно определить на основе решения задачи статики, рассматривая при этом равновесие заготовки под действием приложенных к ней сил.

Рекомендуется следующий порядок выполнения силового расчета:

1) Вычислить силы или моменты резания, массу заготовки, инерционные силы.

Силы резания по значению и направлению определяются в зависимости от способа обработки, свойств обрабатываемого материала и материала режущей части инструмента, режимов резания и углов заточки инструмента. Величину составляющих сил резания и моментов резания для различных способов обработки можно определить из выражений, представленных в работах [2, 4]. Направления сил, действующих на заготовку при различных способах обработки, показаны на рис. 1-6. При многоинструментальной обработке силы резания, воздействующие на заготовку от каждого инструмента, определяются независимо. Для расчета следует рассматривать такое положение инструмента, в котором сдвигающие усилия, крутящие и опрокидывающие моменты, действующие на заготовку со стороны инструмента, будут наибольшими.

Силы, обусловленные инерцией и приложенные к заготовке, вызываются действием ускорения (линейного и углового) на саму заготовку или на элементы зажимных устройств. Они возникают при наличии неравномерного движения заготовки, например, при пусках и остановках станка, при автоматическом изменении режимов в процессе резания и др. Эти силы направлены противоположно ускорению рассматриваемого тела, линия их действия проходит через его центр массы. Обычно силы инерции невелики по сравнению с силами резания, и поэтому ими можно пренебречь, за исключением чистового точения при больших скоростях резания. В этом случае при пуске или остановке станка силы инерции вызывают действие крутящего момента M_k , стремящегося повернуть заготовку относительно опор.

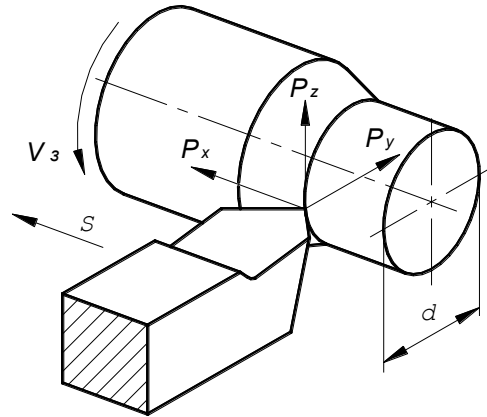
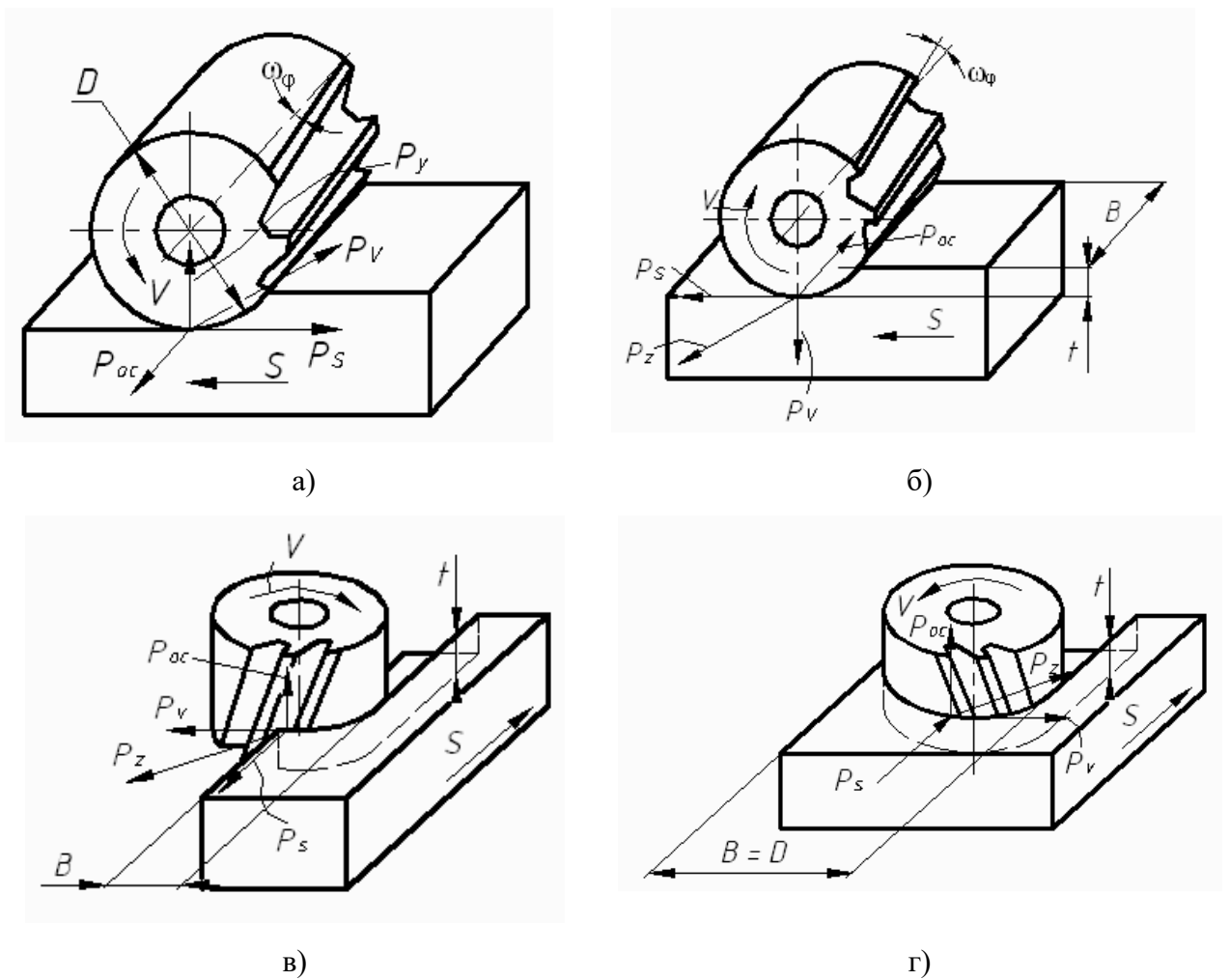


Рисунок 1- Точение: $P_z : P_y : P_x = 1 : 0,45 : 0,35$ (при $\gamma=15^\circ, \theta=45^\circ, \lambda=0^\circ$)



а) цилиндрическими фрезами встречное: $P_s=(1-1,2) P_z; P_v=(0,2-0,3) P_z;$

б) цилиндрическими фрезами попутное: $P_s=(0,8-0,9) P_z; P_v=(0,75-0,80) P_z;$

в) торцевыми фрезами несимметричное встречное: $P_s=(0,6-0,9) P_z; P_v=(0,45-0,70) P_z;$ то же попутное $P_s=(0,15-0,30) P_z; P_v=(0,9-1,0) P_z;$

г) торцевыми фрезами симметричное: $P_s=(0,3-0,4) P_z; P_v=(0,85-0,95) P_z; P_{oc}=0,28 P_z \operatorname{tg} \omega$

Рисунок 2 – Фрезерование

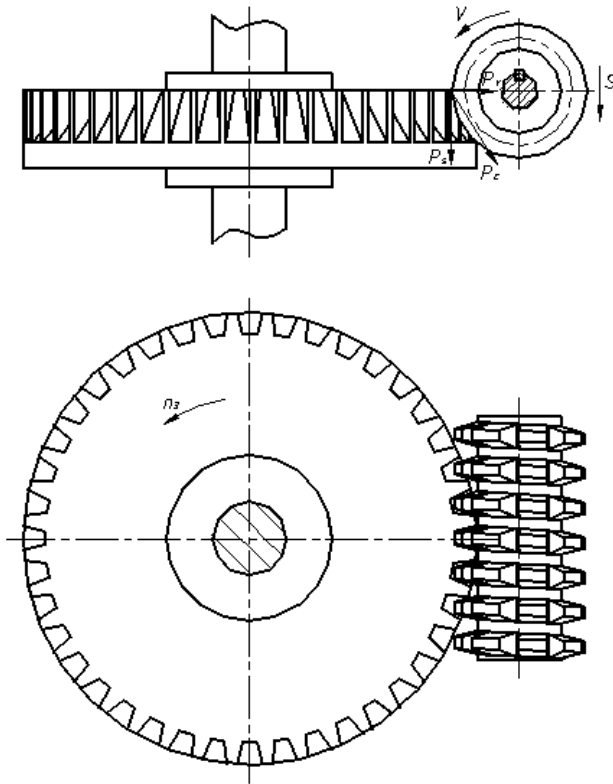


Рисунок 3 - Зубофрезерование:

$$P_s = 0,85 P_z; P_v = 0,75 P_z;$$

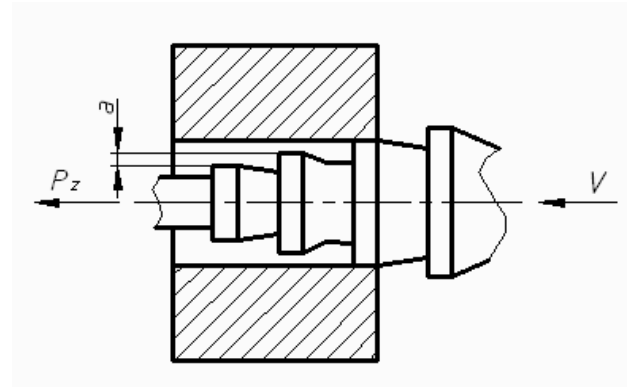
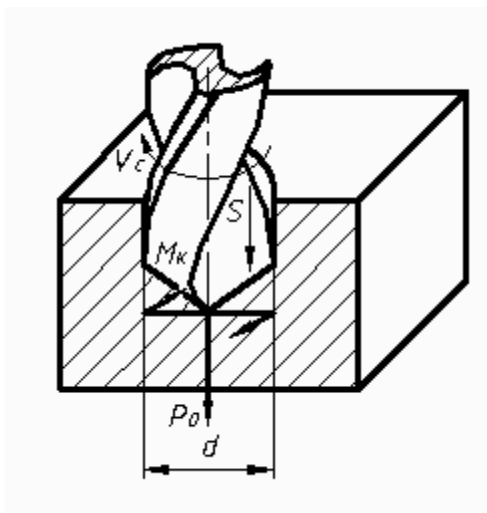
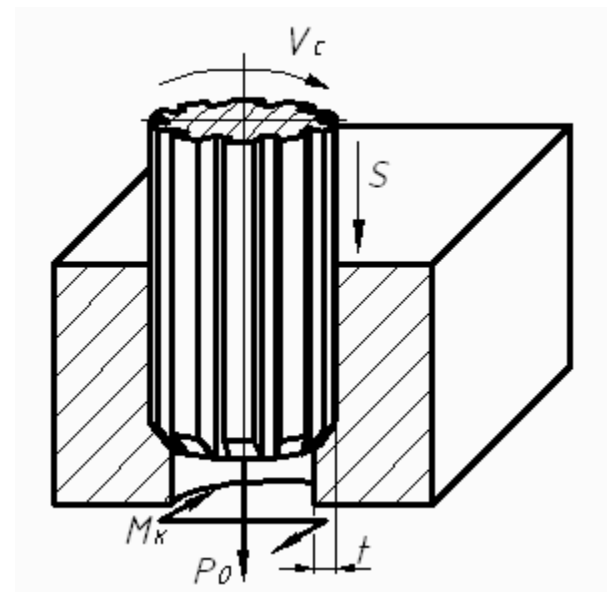


Рисунок 4 - Протягивание



а) сверление, рассверливание



б) зенкерование, развертывание

Рисунок 5 - Обработка осевым инструментом

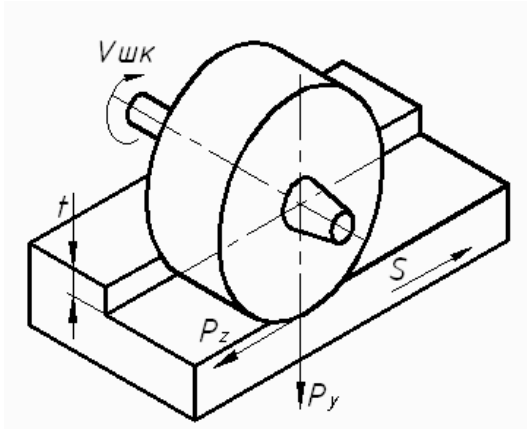
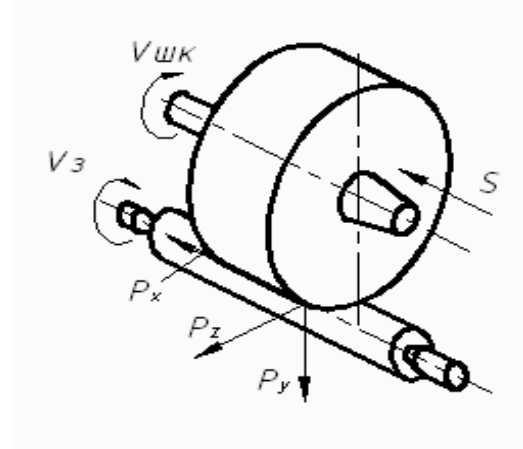
а) плоское $P_y=(0,4-0,65) P_z$;б) круглое $P_y=(1,5-3) P_z$; $P_y=0,1 P_z$;

Рисунок 6 - Шлифование

Момент M_k определяется по формуле

$$M_k = I_x \cdot e, \quad (2.2)$$

где I_x - момент инерции заготовки относительно оси ее вращения;

e - угловое ускорение.

Для цилиндрической заготовки

$$I_x = \frac{1}{8} m d^2, \quad [\text{кг} \cdot \text{м}^2], \quad (2.3)$$

где m - масса заготовки, кг;

d - диаметр заготовки, м.

Угловое ускорение определяется через время пуска или останова и частоту вращения шпинделя станка и приближенно вычисляется так:

$$\varepsilon = 0,2 n_{ш}, \quad [c^{-2}], \quad (2.4)$$

где $n_{ш}$ - частота вращения шпинделя, об/мин.

При чистовом точении значение M_k , полученное по выражению (2.2), может быть больше, чем момент, возникающий от сил резания, поэтому для чистовой обработки при $m > 1 \text{ кг}$ и $n_{ш} > 1000 \text{ об/мин}$ в расчете зажимных устройств следует учитывать инерционные силы. При этом расчет ведут по большему из двух значений моментов, найденных с учетом или сил резания $M_{рез}$, или сил инерции M_k .

Разновидностью инерционных сил являются центробежные силы, которые порождаются неуравновешенностью вращающихся масс

относительно оси вращения, например, при растачивании отверстий в корпусных деталях на токарных станках. Эти силы действуют как на саму заготовку, так и на зажимные элементы. Они приложены в центре тяжести тела и направлены всегда по радиусу от оси вращения. В зависимости от расположения центра тяжести заготовки и зажимных элементов относительно оси вращения и опор эти силы могут действовать в одном или противоположных направлениях с силой зажима.

Центробежная сила определяется по формуле

$$P_{ц} = m \omega^2 c, \text{ [H]}, \quad (2.5)$$

где:

m - масса рассматриваемого тела, кг;

ω - угловая скорость вращения тела, с^{-1} ;

c - расстояние от центра тяжести тела (центра масс) до оси вращения,

м.

Угловую скорость вращения ω можно определить из выражения

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_{ш}}{30}, \quad (2.6)$$

2) Составить расчетную схему сил, действующих в процессе обработки на заготовку.

Для этого:

Изобразить заготовку с опорными точками (при необходимости в нескольких проекциях).

Изобразить все активные силы, действующие на заготовку (силы резания, инерции, тяжести и зажима). При этом силы тяжести и силы инерции следует учитывать в том случае, когда их величины составляют более 10% от сил резания.

Условно отбросить опоры и заменить их действие реакциями связей, которые должны быть направлены по нормали к поверхности заготовки.

Изобразить силы трения, которые определяются как $F_{тр} = f \cdot R$ или

$F_{mp} = f \cdot W$, (где R - реакция опоры; W - сила зажима; f - коэффициент трения скольжения). Их направление противоположно возможному смещению заготовки по опорам. В общем случае силу трения следует раскладывать на составляющие по координатным осям. Для практических расчетов потребных сил зажима значения коэффициента трения можно принимать по табл.3 на стр.384 [5].

Убедиться, что данная задача является статически определенной, т.е. число алгебраических неизвестных (сил реакции опор и сил зажима) - не более шести.

Выбрать систему осей декартовых координат так, чтобы наибольшее возможное число сил было параллельно или перпендикулярно этим осям (что уменьшит число составляемых уравнений для проекции сил) и чтобы линии действия неизвестных сил пересекали эти оси.

Расчетную схему сил следует составить для наиболее неблагоприятного варианта местоположения режущего инструмента по длине обрабатываемой поверхности, при котором для удержания заготовки от перемещения и поворота под действием силы резания требуется приложить наибольшее зажимное усилие.

3) Составить систему уравнений статики, т.е. уравнений сил и моментов из условия равновесия заготовки (количество уравнений должно быть равно количеству неизвестных в расчетной схеме).

4) Определить величину зажимного усилия W , решая систему уравнений сил и моментов.

Типовые расчетные схемы, уравнения равновесия и формулы для расчета зажимных сил приведены в работах: [1] с.68-85, [5] с.375-382, [7] с.121-129.

5) Полученное значение зажимного усилия W увеличить, умножив его на коэффициент запаса K , методика определения которого предложена в работе [5] с.382-384.

6) Построить расчетную схему силового (передаточного) механизма по

аналогии с п.2. Размеры силового механизма ориентировочно можно определить, используя принципиальную схему приспособления.

Если передаточный механизм является комбинированным, состоящим из нескольких элементарных (простых) механизмов (винтового, эксцентрикового, рычажного, клиноплунжерного и т.п.), то расчетные схемы необходимо построить для каждого элементарного зажима, начиная с механизма, непосредственно зажимающего заготовку.

7) Составить систему уравнений статики для элементарного силового механизма и решить ее, определив величину искомой силы W_1 на ведущем его звене.

Если передаточный механизм приспособления не содержит других элементарных зажимов, то сила W_1 будет равна исходной силе Q , развиваемой силовым приводом приспособления.

В случае применения комбинированного зажимного механизма необходимо поочередно составить и решить системы уравнений статики для других элементарных механизмов и определить исходную силу Q , принимая во внимание, что на ведомом звене каждого последующего элементарного зажима будет действовать сила W_{n-1} , где n - число элементарных зажимных механизмов, входящих в передаточную силовую систему приспособления, равная по величине и обратная по знаку ранее вычисленной силе на ведущем звене предыдущего элементарного зажима.

Упрощенный расчет схем распространенных элементарных и комбинированных зажимных механизмов приведен в работе [5] с.384-424.

8) По величине исходной силы Q определить размеры силового привода - габариты силового привода, диаметры поршней пневмо- или гидроцилиндра, размеры диафрагмы пневмокамеры или соответствующие элементы других силовых узлов.

При использовании в конструкции приспособления нормализованного силового привода необходимо сравнить полученную в результате расчета величину усилия Q с величиной усилия Q' , развиваемого выбранным по

нормалюм силовым приводом, причём должно соблюдаться условие $Q \leq Q'$.

2.3 Расчет погрешности механической обработки детали в приспособлении

Цель проверочного точностного расчета заключается в оценке возможности получения при обработке заготовки в разработанном приспособлении точности размеров и взаимного расположения поверхностей, заданных на чертеже детали.

В основу расчета положено необходимое условие обеспечения точности при обработке на настроенных станках:

$$T \geq \Delta_y, \quad (2.7)$$

где T - допуск на выдерживаемый в данной операции размер заготовки или заготовки относительно необрабатываемой;

Δ_y - суммарная погрешность обработки заготовки в приспособлении.

В общем случае суммарная погрешность Δ_y складывается из первичных погрешностей, обусловленных влиянием многочисленных факторов, и может быть определена по формуле [1]

$$\Delta_y = K \sqrt{\varepsilon_y^2 + \Delta_n^2 + \Delta_{обр}^2} + \sum \Delta_\phi, \quad (2.8)$$

где K – коэффициент, характеризующий отклонение действительных кривых распределения погрешностей от кривых нормального закона распределения (при обработке на настроенных станках $K=1,2$);

ε_y - погрешность установки заготовки в приспособлении;

Δ_n - погрешность настройки станка;

$\Delta_{обр}$ - погрешность данного метода обработки;

Δ_ϕ - суммарная погрешность формы обрабатываемой поверхности в результате геометрических неточностей станка и деформаций заготовки при ее закреплении.

Погрешность установки заготовки в приспособлении определяется по формуле

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_\delta^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2}, \quad (2.9)$$

где ε_δ - погрешность базирования;

ε_3 - погрешность закрепления;

ε_{np} - погрешность положения заготовки, вызываемая неточностью изготовления приспособления.

Погрешности базирования и закрепления следует определять расчетным путем, используя при этом схему базирования заготовки и ее закрепления (операционный эскиз). Наиболее полные данные по расчету этих погрешностей приведены в работах [5] с.522-533 и [7] с.98-103, 205-210.

Погрешность базирования $\varepsilon_\delta = 0$, если:

- совмещены технологическая и конструкторская (измерительная) базы, к чему всегда следует стремиться при проектировании специальных приспособлений;

- размер получен мерным инструментом (например, ширина шпоночного паза при фрезеровании концевой фрезой за один проход и т.п.).

Погрешность закрепления $\varepsilon_3 = 0$, если:

- сила закрепления заготовок постоянна ($W = \text{const}$);

- качество базовых поверхностей всех заготовок в партии одинаково ($C = \text{const}$);

- сила закрепления перпендикулярна выполняемому размеру.

Погрешность положения заготовки ε_{np} , вызываемая неточностью приспособления, определяется погрешностями при изготовлении и сборке его установочных элементов ε_{yc} , износом последних $\varepsilon_{и}$ и погрешностями установки приспособления на станке ε_c .

Составляющая ε_{yc} характеризует неточность положения установочных элементов приспособления и зависит, в основном, от точности изготовления и сборки деталей приспособления. При использовании одного приспособления ее можно частично или полностью устранить настройкой станка. При использовании нескольких одинаковых приспособлений

(приспособлений-дублеров, приспособлений-спутников) эта величина не компенсируется настройкой станка и полностью входит в состав ε_{np} .

Величина ε_{yc} определяется допуском на размер, связывающий установочную и посадочную поверхности приспособления, а также допуском на взаимное расположение этих поверхностей.

Составляющая $\varepsilon_{и}$, характеризует износ установочных элементов приспособления. Величина износа зависит от программы выпуска изделий (времени работы приспособления), конструкции и размеров опор, материала и массы заготовки, состояния ее базовых поверхностей, а также условий установки заготовки в приспособление и снятия ее. Число установок, вызывающих износ опоры на 1 мкм, называют износостойкостью опор C . Величину C рассчитывают в порядке, указанном в табл.16 [5] с. 534-535.

По известной величине фактической износостойкости $C_{ф}$ можно определить погрешность обработки, связанную с износом опор при заданном числе установок N .

Зависимости для вычисления погрешности износа для различных случаев установки заготовок приведены в [8] с.38-41.

Составляющая ε_c выражает погрешность установки приспособления на станке, обусловленную смещением корпуса приспособления на столе станка. В массовом производстве при неизменяемом закреплении приспособления на станке ε_c доводится выверкой до определенного минимума и постоянна во времени. Она может быть компенсирована настройкой станка.

В серийном производстве периодически сменяют приспособления на станках, величина ε_c становится при этом некомпенсируемой, случайной. То же происходит на автоматических линиях при использовании приспособлений-спутников. На величину ε_c дополнительно влияет износ поверхностей сопряжения при регулярной смене приспособлений.

Погрешность установки приспособления на станке ε_c возникает из-за зазоров между направляющими шпонками или установочными пальцами

приспособления и Т-образными пазами или отверстиями стола станка, что характерно для фрезерных, расточных и других приспособлений.

Погрешность установки вращающихся приспособлений на токарные, зубофрезерные и другие станки зависит от точности их базирования в гнездах станка (конусное отверстие шпинделя, центральное отверстие поворотного стола, центрирующий поясок шпинделя или планшайбы станка и т.д.). Если приспособление базируется на центрирующий поясок шпинделя (планшайбы), то погрешность положения в виде отклонения от соосности осей шпинделя и устанавливаемого приспособления (эксцентриситета) возникает из-за имеющегося зазора между выточкой корпуса приспособления и центрирующим пояском шпинделя или планшайбы. Расчет ε_c в каждом конкретном случае следует вести по схеме установки приспособления на станке.

Примеры расчетов ε_c приведены в работах [7] с.104-106 и [8] с.15 -16.

С учетом изложенного выше погрешность положения заготовки определяется по следующим формулам [1]:

при использовании приспособлений в серийном производстве

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{3\varepsilon_u^2 + \varepsilon_c^2 + \varepsilon_{yc}}; \quad (2.10)$$

при использовании приспособлений в массовом производстве (операции закреплены за каждым рабочим местом и при условии, что ε_{yc} , ε_c компенсируются настройкой станка)

$$\varepsilon_{np} = \varepsilon_u; \quad (2.11)$$

если используются многоместные приспособления, то

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\varepsilon_{yc}^2 + 3\varepsilon_u^2}; \quad (2.12)$$

при использовании приспособлений-спутников на автоматической линии

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\varepsilon_{yc}^2 + 3\varepsilon_u^2 + \varepsilon_c^2}. \quad (2.13)$$

Погрешность настройки станка Δ_n представляет собой неточность

установки режущего инструмента на выполняемый при обработке размер.

При установке режущего инструмента (фрезы) с помощью установка и щупа погрешность настройки станка определяется по формуле:

$$\Delta_n = \sqrt{\Delta_{n1}^2 + \Delta_{n2}^2 + \Delta_{n3}^2} \quad (2.14)$$

где Δ_{n1} - допуск на координату установка (допуск на расстояние от опорных элементов приспособления до рабочей поверхности установка);

Δ_{n2} - допуск на толщину щупа (щуп изготавливается по $h6$);

Δ_{n3} - погрешность установки инструмента, вызванная квалификацией станочника.

Величина Δ_{n1} указывается на чертеже приспособления, а величина Δ_{n2} выбирается по системе допусков, и посадок в зависимости от толщины щупа.

Величину Δ_{n3} можно принимать в пределах 0,02...0,05 мм. В случае наличия в приспособлении направляющих элементов (кондукторных втулок, копиров) погрешность настройки станка может быть определена по формуле

$$\Delta_n = \sqrt{\Delta_{n1}^2 + \Delta_{n2}^2 + \Delta_{n3}^2 + \Delta_{n4}^2}, \quad (2.15)$$

где:

Δ_{n1} - допуск на размер, соединяющий опорную поверхность приспособления и ось кондукторной втулки, или допуск на межцентровое расстояние кондукторных втулок, или погрешность установки копира;

Δ_{n2} - максимальный зазор между инструментом и кондукторной втулкой, или увод инструмента, если последний больше зазора, или допуск на размер инструмента и допустимый его износ, если используется копир;

Δ_{n3} - максимальный зазор между быстросменной (сменной) и переходной втулками;

Δ_{n4} - эксцентриситет быстросменной или сменной втулки.

Величина Δ_{n1} указывается на чертеже приспособления. Допуски на диаметры кондукторных втулок и осевого инструмента приведены в работе [5] с. 563-568. Точность изготовления фрез дана в работе [9] (табл. 7.2 с.229, с.226-249).

Величина увода режущего инструмента может быть подсчитана по формуле:

$$\Delta_{\text{ув}} = \frac{S}{h} (0,5h + a + b), \quad (2.16)$$

где S - максимальный зазор между инструментом и кондукторной втулкой ($S = \Delta_{\text{н2}}$);

h - высота кондукторной втулки;

$a = 0,3...1d$ - зазор между торцом кондукторной втулки и заготовкой;

b - глубина сверления.

Погрешность метода обработки $\Delta_{\text{обр}}$ включает в себя три составляющие:

- погрешность, вызываемую упругими отжатыми технологической системы под влиянием сил резания;
- погрешность, вызываемую тепловыми деформациями технологической системы;
- погрешность от размерного износа инструмента.

В общем случае

$$\Delta_{\text{обр}} = 6\sigma, \quad (2.17)$$

где $\sigma = 0,02...0,0002$ мм - среднее квадратичное отклонение, характеризующее точность данного метода обработки (большие значения соответствуют черновой обработке).

Следует иметь в виду, что при использовании элементов для направления и определения положения режущего инструмента (кондукторные втулки) величина $\sigma = 0$.

Суммарная погрешность формы обрабатываемой поверхности $\sum \Delta_{\phi}$ определяется геометрическими неточностями станка и деформацией заготовки при ее закреплении.

К геометрическим неточностям станка Δ_{Γ} можно отнести:

- для токарных станков - биение шпинделя, перекос направляющих ($\Delta_{\Gamma} = 0,010...0,015$ мм);

- для фрезерных станков - биение шпинделя, непараллельность направления перемещения стола направлениям подач ($\Delta_r = 0,01 \dots 0,02$ мм);

- для сверлильных станков - биение шпинделя, неперпендикулярность оси вращения шпинделя плоскости стола ($\Delta_r = 0,015 \dots 0,020$ мм).

Более подробные и точные данные можно найти в технических требованиях на конкретные типы станков.

Деформацию заготовки при ее закреплении учитывают лишь в том случае, если обрабатываемая заготовка относится к нежестким деталям (отношение толщины стенки к среднему радиусу $h/r \leq 0,2$) [3]. Расчет погрешностей обработки, связанных с деформацией при закреплении нежестких заготовок, приводится в работе [5] с. 540-560.

Расчет погрешности механической обработки детали в приспособлении рекомендуется вести в такой последовательности:

1) Из размеров, выдерживаемых на операции, выделить те, точность которых зависит от приспособления. К ним относятся координирующие размеры, определяющие взаимное расположение элементарных поверхностей, а также допуски расположения (отклонение от параллельности, перпендикулярности, соосности и т.д.);

2) Определить элементарные погрешности (составлявшие суммарную погрешность обработки Δ_y), влияющие на точность выдерживаемых размеров;

3) Определить максимальные значения этих элементарных погрешностей, используя формулы (2.9 - 2.17);

4) Вычислить суммарную погрешность Δ_y ;

5) Сопоставить погрешность Δ_y с допуском T на проверяемый размер:

- если $\Delta_y \leq T$, то точность обеспечивается;

- если $\Delta_y > T$, то точность не обеспечивается, и необходимо изыскать возможности уменьшения Δ_y путем уменьшения элементарных составляющих погрешностей. Перечень возможностей уменьшения Δ_Σ с конкретными цифрами должен быть приведен в пояснительной записке

после таблицы с данными расчета погрешности механической обработки детали в приспособлении (см. Приложение 5).

2.4 Правила оформления разделов пояснительной записки.

В разделе «Анализ конструкции детали и операционного эскиза» необходимо описать назначение детали; механические и другие характеристики материала, из которого она сделана; термообработку (если имеется) и ее предназначение; выявить наиболее ответственные и свободные поверхности, дать им характеристику; оценить технологичность обрабатываемой детали и определить основные и вспомогательные конструкторские базы.

При анализе операционного эскиза необходимо ответить на следующие вопросы:

- какая схема базирования применяется на данной операции (полная или упрощенная);
- какое количество базовых поверхностей участвует в схеме базирования, как они классифицируются и сколько степеней свободы отнимают у заготовки;
- какая база является основной;
- выполняется ли принцип единства баз для обрабатываемых поверхностей (выполняемых размеров);
- какая схема закрепления (одиночным или двойным зажимом) реализована на данной операции;
- как выбраны направление и точка приложения зажимной силы (в соответствии с правилами и требованиями к зажимным элементам или нет). Если нет, то необходимо указать причину, по которой это сделано (например, удобство загрузки и выгрузки заготовки).

В качестве иллюстраций к тексту этого раздела можно использовать эскиз детали и упрощенный операционный эскиз, выполненный в тексте, либо ссылаться на соответствующих графический материал проекта.

В разделе «Краткое описание выполняемой в приспособлении

операции, применяемого инструмента, оборудования и расчет режимов резания» необходимо:

- описать, каким образом выполняется технологическая операция (или установ, переход), представленная на операционном эскизе;
- указать, за какое количество проходов снимается весь припуск и какие движения инструмента и (или) детали при этом задействованы;
- привести предполагаемый маршрут обработки детали и определить место (номер) данной операции в общем технологическом процессе;
- определить конфигурацию и геометрические параметры заготовки, которая поступит на выполняемую операцию;
- описать основные характеристики инструмента (набора инструментов): материал режущей части и геометрические параметры, - и выполнить эскиз инструмента со ссылкой на соответствующий нормативный документ;
- выбрать и обосновать оборудование (станок), на котором будет выполняться данная технологическая операция;
- указать его наименование и обозначение, привести основные технические характеристики (особое внимание обратить на диапазон скоростей и подач, размеры рабочей зоны, стола станка, количество и размеры пазов на его поверхности);
- рассчитать режимы резания, согласовав их с техническими данными станка;
- рассчитать силы и моменты резания, определить мощность, потребную для выполнения данной операции технологического процесса;
- вычислить $T_{шт}$ и определить тип производства и число приспособлений для выполнения годовой программы выпуска деталей.

В разделе «Анализ существующих конструкций приспособлений и обоснование выбранных решений» необходимо, пользуясь учебниками, справочниками, альбомами чертежей приспособлений и другими источниками информации, подобрать и проанализировать 3...4 конструкции

аналогичных приспособлений.

Подбор и анализ конструкций аналогичных или подобных приспособлений проводят по следующим критериям:

- 1) технологическому признаку (токарные, сверлильные, фрезерные, шлифовальные, контрольные и т. д. приспособления);
- 2) схеме базирования (расположение опорных точек по базам, количество базирующих поверхностей);
- 3) схеме закрепления (количество точек прижима детали, направление и точка приложения силы зажима);
- 4) наличию или отсутствию (ручной зажим) силового привода;
- 5) одно- или многоместное приспособление.

В пояснительной записке выполняют эскизы конструкций анализируемых приспособлений (допускаются ксерокопии из литературных источников), приводят краткое описание конструкций и принципа их действия с указанием достоинств и недостатков. По результатам анализа выбирают конструкцию того приспособления, которое ближе всего по выше перечисленным критериям к разрабатываемому и может служить аналогом, на основании которого будет разработана конструкция нового специального приспособления.

В разделе «Выбор принципиальной схемы разрабатываемого приспособления, описание конструкции и принципа его действия» на базе выбранного аналога приспособления разрабатывается принципиальная схема специального приспособления и конструкторская документация на него (чертеж общего вида и рабочие чертежи отдельных деталей).

Описание конструкции приспособления выполняется по чертежу общего вида со ссылкой на него в тексте пояснительной записки и с применением номеров позиций деталей этого чертежа.

Описание принципа действия разработанного приспособления можно производить как по чертежу общего вида, так и по принципиальной схеме. Ссылка на используемый графический материал в пояснительной записке

обязательна.

В разделе «Расчет погрешности механической обработки детали в приспособлении» приводят общую методику расчета погрешностей, затем расчет погрешности для каждого выполняемого размера и полученные значения заносят в таблицу (см. приложение 5).

2.5 Порядок разработки чертежа общего вида приспособления.

Чертеж общего вида приспособления разрабатывают методом последовательного вычерчивания отдельных его элементов в следующем порядке:

а) в нужном количестве проекций тонкими сплошными линиями изображают контуры обрабатываемой детали. Деталь вычерчивают на той стадии обработки, когда она поступает на данную операцию. Проекции следует располагать на таком расстоянии друг от друга и в границах листа, чтобы к ним можно было причерчивать детали приспособления. Желательно применять масштаб 1:1.

б) наносят на чертеж элементы приспособления для направления инструмента. Кондукторные втулки вычерчивают на нужном расстоянии от детали и сразу же определяют необходимую толщину корпуса или кондукторной плиты в месте установки втулок.

в) вычерчивают установочные элементы приспособления так, чтобы базовые поверхности детали с ними соприкасались.

г) вычерчивают зажимные механизмы и приводы.

д) наносят вспомогательные устройства и детали.

е) конструктивно оформляют корпус приспособления с учетом удобного размещения всех элементов и обеспечения безопасности работ.

ж) оформляют чертеж общего вида приспособления в соответствии с требованиями ЕСКД (ГОСТ 2.118 - ГОСТ 2.120).

Чертеж общего вида - это документ, определяющий конструкцию изделия и взаимодействие его составных частей и поясняющий принцип

работы изделия. Чертеж общего вида должен включать следующие элементы:

1. Виды, разрезы и сечения изделия, надписи или текстовую часть, необходимые для понимания его конструктивного устройства, взаимодействие его составных частей и принципы работы.

2. Наименования (если возможно, то и обозначения) составных частей изделия, для которых объясняется принцип работы, приводятся технические характеристики, материала, количество, и тех составных частей изделия, с помощью которых описывается принцип его работы, поясняется изображение общего вида и состав изделия.

3. Необходимые габаритные, присоединительные, установочные и конструктивные размеры, посадки сопрягаемых деталей, размерные цепочки, если требуется, схему изделия и технические характеристики, составляют перечень деталей чертежа общего вида приспособления с указанием материала, термообработки, ГОСТов и нормалей.

Выносные элементы изображения обозначают римскими цифрами, а виды, разрезы, сечения, поверхности, размеры и другие элементы чертежа - прописными буквами русского алфавита.

Наименования и обозначения составных частей изделия указывают тремя способами: 1) на полках линий-выносок, проведенных от деталей на чертеже общего вида; 2) в таблице, размещаемой на чертеже общего вида; 3) в таблице выполненной на отдельных листах формата А4 в качестве последующих листов чертежа общего вида.

При наличии таблицы номера позиций составных частей изделия указывают на полках линий-выносок в соответствии с этой таблицей.

Таблица в общем случае состоит из граф: «Поз.» (позиция), «Обозначение», «Кол.» (количество), «Доп. указания» (дополнительные указания), но может включать графы «Материал», «Наименование» и др. (рис.7).

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Доп. Указ.

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Матер.	Доп. Указ.

Рисунок 7 – Примеры выполнения заголовков таблиц составных частей изделия чертежа общего вида

Составные части в таблицу рекомендуется записывать в следующей последовательности (ГОСТ 2.119): заимствованные, покупные и вновь разрабатываемые изделия (см. приложение 3).

Прежде чем приступить к разработке конструкции приспособления, необходимо ознакомиться с аналогичными типовыми конструкциями приспособлений, для чего изучить учебную и справочную литературу, а также альбомы конструкций специальных приспособлений. Кроме того, необходимо располагать ГОСТами на детали и узлы станочных приспособлений. Все это значительно облегчит работу по проектированию приспособления и позволит максимально использовать существующие разработки и стандарты.

Литература

1. Корсаков В.С. основы конструирования приспособлений. М: Машиностроение, 1983. 227 с.
2. Режимы резания металлов: Справочник /Под ред. Ю.В. Барановского. М: Машиностроение, 1972. 407 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. /Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. М.: Машиностроение, 1985. Т.1. 656 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. /Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. М.: Машиностроение, 1986. Т.2. 496 с.
5. Станочные приспособления: справочник. В 2 т. /Под ред. Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова. – М.: Машиностроение, 1984. Т.1. 592 с.
6. Станочные приспособления: справочник. В 2 т. /Под ред. Б.Н. Вардашкина, В.В. Данилевского. М.: Машиностроение, 1984. Т.2. 656 с.
7. Горохов В.А. Проектирование и расчет приспособлений. Мн.: Вышэйшая школа, 1986. 283 с.
8. Микитянский В.В. Точность приспособлений в машиностроении. М.: Машиностроение, 1984. 128 с.
9. Справочник инструментальщика /И.А. Ординарцев, Г.В. Филиппов, А.Н. Шевченко и др.; Под общ. ред. И.А. Ординарцева. Л.: Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1987. 846 с.

Белорусский национальный технический университет
Приборостроительный факультет
Кафедра «Конструирование и производство приборов»
гр.113214

ПРИСПОСОБЛЕНИЕ СВЕРЛИЛЬНОЕ

Курсовой проект

Техническое задание

БНТУ 13.214.15.00.000 ТЗ

Разработал _____ И. И. Иванов

«___» _____ 2010 г.

Проверил _____ П.П. Павлов

«___» _____ 2010 г.

1. Наименование, область применения и назначение приспособления

Наименование изделия: «Приспособление сверлильное» (в дальнейшем «Приспособление»)

Обозначение разработки: БНТУ 13.214.15.00.000

Предназначено для сверления в промышленности.

2. Основание для разработки

Основанием для разработки является задание на курсовое проектирование, утвержденной кафедрой «КиПП» от 26.09.2010.

3. Исполнитель

Студент Иванов И.И., гр. 113214

4. Источники для разработки

Источниками для разработки являются: настоящее техническое задание; материалы информационных исследований по данному вопросу; аналогичные конструкции в литературных источниках.

5. Сроки выполнения

Начало работы над проектом 26.09.2010, окончание 25.12.2010.

6. Цель разработки

Целью разработки является создание приспособления, обеспечивающее требуемую точность обработки и разработка конструкторской документации на него.

7. Основные требования к изделию

Состав изделия и требования к конструктивному устройству.

7.1.1. Приспособление должно содержать следующие элементы:

- 1) установочные элементы;
- 2) зажимной механизм;
- 3) силовой механизированный привод;
- 4) элементы управления.

7.1.2. Требование к конструкции.

7.1.2.1. Приспособление должно состоять из унифицированных,

конструктивно и функционально законченных элементов: базирующих, передающих, силовых.

7.1.2.2. Питание силового привода должно осуществляться от пневмосети предприятия давлением 0,4 МПа.

7.2. Технические характеристики:

Приспособление предназначено для сверления отверстия.

Диаметром сверления.....8 мм

Глубина сверления.....5 мм

Точность сверления.....14 квалитет

Сила зажима (не менее).....2474 Н

7.3. Показатели надежности:

Срок службы – не менее 3-х лет.

7.4. Требования к безопасности.

7.4.1. требования к зажимным механизмам приспособления:

Усилие зажима берется с коэффициентами запаса, учитывающими реальные условия обработки и исключаящими возможность самопроизвольного открепления заготовки.

7.4.2. Требование к приводу приспособления:

В соответствии с ГОСТ 12.2.2009-80: приспособление не должно влиять на окружающую среду и должно обеспечивать надежную и безопасную работу, согласно требованиям техники безопасности.

7.5. Эстетические и эргономические требования:

Приспособление должно удовлетворять требованиям эстетики по ГОСТ 24750-88, согласно которым: конструкция приспособления должна обеспечивать свободный доступ к местам смазки, а также удобство в процессе эксплуатации, регулировании и технического обеспечения.

7.6. Требование к патентной чистоте:

Патентная чистота изделия должна быть обеспечена в пределах стран СНГ.

7.7. требования к исходным материалам:

Исходные материалы должны соответствовать требованиям на поставку материалов.

7.8. Требования по эксплуатации:

Допускаемый интервал температур $+5^{\circ}\text{C} \dots +50^{\circ}\text{C}$, влажность 90%. Вид обслуживания – периодический.

7.9 Требования к маркировке и упаковке:

Упаковка должна обеспечивать сохранность приспособления при хранении и транспортировке.

7.10. Требования к транспортабельности и хранению:

Приспособление должно сохранять работоспособность после транспортировки в упаковке изготовителя, в которой оно должно транспортироваться.

8. Этапы выполнения работы

8.1. Разработка приспособления.

8.2. Эскизная прорисовка конструкции изделия.

8.3. Разработка технического проекта.

8.4. Оформление пояснительной записки.

III. Контроль знаний

Экзаменационные вопросы к части 1

1. Обработка резанием. Кинематические и геометрические параметры процесса резания. Главное движение резания и движение подачи.
2. Элементы режима резания и геометрические параметры срезаемого слоя.
3. Конструктивные и геометрические параметры режущих инструментов. Элементы рабочей части токарного резца.
4. Координатные плоскости. Их назначение. Определение.
5. Геометрия режущего лезвия. Углы, лежащие в координатных плоскостях.
6. Влияние углов режущей части инструмента на процесс резания.
7. Классификация режущего инструмента по конструкции и по виду обрабатываемых поверхностей. Технологические возможности.
8. Инструментальные материалы. Требования, предъявляемые к ним. Инструментальные стали. Их назначение и обозначение.
9. Инструментальные материалы. Требования, предъявляемые к ним. Твердые сплавы. Их назначение и обозначение.
10. Инструментальные материалы. Требования, предъявляемые к ним. Керамические инструментальные материалы, природные алмазы и синтетические сверхтвердые материалы. Их назначение и обозначение.
11. Процесс образования стружки и ее типы. Усадка стружки.
12. Наростообразование при резании материалов. Влияние нароста на процесс резания.
13. Тепловые явления при резании. Основные зоны возникновения теплоты. Факторы, влияющие на температуру резания.
14. Методы оценки температуры в зоне резания. Косвенный способ. Достоинства и недостатки.
15. Непосредственные методы оценки температуры в зоне резания. Их достоинства и недостатки.
16. Сила и мощность резания. Составляющие силы резания. Факторы, влияющие на силу резания.
17. Изнашивание и стойкость инструмента. Виды износа режущих инструментов. Зависимость величины износа инструмента от времени его работы. Влияние износа на процесс резания.

18. Процессы, протекающие при изнашивании режущего инструмента. Период стойкости инструмента. Влияние скорости резания на интенсивность изнашивания.
19. Охлаждение и смазывание при резании. Требования, предъявляемые к смазочно-охлаждающим техническим средствам (СОТС). Их классификация. Способы подвода СОЖ в зону резания. Влияние СОТС на процесс резания.
20. Назначение и классификация металлорежущих станков. Примеры обозначения.
21. Типы резцов и их назначение.
22. Инструмент, применяемый при обработке поверхностей тел вращения. Проходные, подрезные и расточные токарные резцы. Их виды.
23. Инструмент, применяемый при обработке поверхностей тел вращения. Фасонные, резьбовые и отрезные токарные резцы. Их виды.
24. Последовательность назначения режимов резания при точении. Расчет частоты вращения шпинделя.
25. Станки токарной группы. Их классификация. Краткая характеристика.
26. Токарно-винторезные станки. Их компоновка. Виды выполняемых работ. Движения, осуществляющие процесс резания.
27. Токарно-револьверные станки. Назначение. Виды выполняемых работ. Движения, необходимые для осуществления процесса резания.
28. Токарные автоматы и полуавтоматы. Их классификация. Примеры.
29. Одношпиндельные токарные автоматы. Их классификация. Схемы обработки.
30. Многошпиндельные токарные автоматы. Схемы обработки. Расчет настройки автоматов и полуавтоматов.
31. Особенности процесса сверления. Технологические возможности. Элементы срезаемого слоя и параметры режима резания при сверлении.
32. Конструктивные элементы и геометрические параметры спирального сверла.
33. Инструмент, применяемый при обработке отверстий. Классификация сверл. Перовые сверла. Кольцевые сверла. Шнековые сверла.
34. Зенкеры. Назначение. Технологические возможности.
35. Развертки. Назначение. Технологические возможности. Комбинированные инструменты и метчики.
36. Станки сверлильной группы. Классификация. Движения резания.
37. Расточные станки. Назначение. Классификация. Горизонтально-расточные станки. Их компоновка. Виды выполняемых работ.

38. Алмазно-расточные станки. Компонировка. Виды выполняемых работ. Технологические возможности.
39. Координатно-расточные станки. Назначение. Компонировка и движения резания.
40. Инструменты, применяемые для расточных работ. Особенности конструкций и технологические возможности.
41. Оборудование и инструмент, применяемые при фрезеровании. Особенности процесса фрезерования. Элементы режима резания. Классификация фрез.
42. Конструктивные элементы и геометрические параметры фрез.
43. Станки фрезерной группы. Их классификация. Компонировка. Виды выполняемых работ.
44. Абразивная обработка. Особенности процесса шлифования. Элементы режима резания при шлифовании.
45. Абразивные материалы. Зернистость и твердость абразивного инструмента.
46. Связки, применяемые для абразивного инструмента. Структура шлифовального круга. Типы абразивных инструментов. Классы точности и неуравновешенности шлифовальных кругов.
47. Шлифовальные станки. Их назначение и классификация.
48. Круглошлифовальные станки. Их назначение. Схемы обработки.
49. Внутришлифовальные станки. Их назначение. Схемы обработки.
50. Плоскошлифовальные станки. Их назначение. Схемы обработки.
51. Бесцентровошлифовальные станки. Их назначение. Схемы обработки.
52. Отделочные технологические процессы. Хонингование. Схема обработки.
53. Отделочные технологические процессы. Притирка. Схема обработки.
54. Отделочные технологические процессы. Суперфиниширование. Схема обработки.
55. Основные сведения о зубчатых зацеплениях. Оборудование и инструмент, применяемые при обработке зубчатых колес. Их классификация. Сущность методов копирования и обкатки.
56. Нарезание цилиндрических зубчатых колес методом копирования. Схемы обработки на зубофрезерных станках. Достоинства и недостатки метода.
57. Нарезание цилиндрических зубчатых колес методом обката. Обработка на зубодолбежных и зубофрезерных станках. Схемы обработки.

58. Общие сведения о системах числового программного управления. Назначение и основные преимущества станков. Их достоинства и области рационального применения.

59. Системы координат станков с ЧПУ. Поколения станков с ЧПУ.

60. Позиционные, контурные, комбинированные, адаптивные и групповые системы ЧПУ. Их особенности и область применения.

Экзаменационные вопросы к части 2

1. Цели и задачи курса. Роль приспособлений в техническом перевооружении машино- и приборостроительного производства.

2. Определение понятий «приспособление» и «вспомогательный инструмент». Задачи, решаемые с помощью приспособлений. Требования, предъявляемые к ним.

3. Классификация приспособлений. Краткая характеристика различных систем приспособлений.

4. Станочные приспособления. Их классификация. Основные направления в проектировании станочных приспособлений.

5. Универсализация приспособлений.

6. Система УСПМ – ЧПУ.

7. Специализированные и специальные приспособления. Особенности конструкций. Область применения.

8. Универсально-наладочные приспособления.

9. Элементы конструкций станочных приспособлений. Их классификация и назначение.

10. Установка заготовок в приспособлении. Понятие о базах. Классификация баз. Основные термины и определения.

11. Принципы установки заготовок в приспособлениях. Типовые схемы установки. Полное и упрощенное базирование. Правило шести точек.

12. Правила выбора установочных баз.

13. Методика расчета станочного приспособления на точность. Погрешности приспособлений, их классификация и общая характеристика.

14. Расчет погрешности приспособлений $\varepsilon_{пр}$.

15. Погрешности закрепления деталей в приспособлении. Факторы, влияющие на ε_3 . Пути уменьшения этих погрешностей.

16. Погрешности установки заготовок в приспособлении. Причины возникновения этих погрешностей.

17. Расчет погрешностей базирования и закрепления деталей при установке их плоскостью.
18. Расчет погрешностей базирования и закрепления деталей при установке их цилиндрической поверхностью.
19. Погрешности установки приспособлений на станках. Пути уменьшения этих погрешностей.
20. Расчет погрешностей базирования и закрепления деталей при установке их в центрах, цанговых патронах и на револьверных станках.
21. Условные обозначения установочных элементов.
22. Особенности базирования цилиндрических и конических деталей.
23. Зажимные устройства приспособлений. Их классификация и назначение. Требования, предъявляемые к ним.
24. Правила выбора направления и точки приложения зажимной силы.
25. Выбор типа зажимных элементов и силовых приводов в зависимости от условий технологического процесса, требуемой точности и производительности.
26. Методика расчета необходимых усилий зажима, удерживающих заготовку в процессе обработки. Схемы расчета.
27. Особенности закрепления нежестких заготовок. Возможные способы закрепления таких заготовок.
28. Клиновые механизмы. Разновидности клиновых механизмов. Расчет сил зажима в них.
29. Клиноплунжерные механизмы. Силы зажима в них.
30. Эксцентрикые зажимы. Расчет сил зажима в круговом эксцентрике.
31. Рычажные зажимы. Расчет сил зажима.
32. Пружинные зажимы. Расчет сил зажима.
33. Рычажно-шарнирные механизмы. Классификация. Расчет сил зажима.
34. Многократные зажимные механизмы. Классификация. Расчет сил зажима.
35. Цанговые гидропластовые механизмы. Особенности конструкций. Расчет сил зажима.
36. Самоцентрирующие механизмы. Характеристика, классификация, назначение.
37. Клиноплунжерные и клиношариковые самоцентрирующие механизмы. Погрешности центрирования, силы зажима, особенности конструкций.
38. Винтовые и мембранные самоцентрирующие механизмы. Особенности конструкций.

39. Реечно-зубчатые и спирально-реечные самоцентрирующие механизмы. Особенности конструкций.
40. Силовые узлы приспособлений. Назначение, классификация. Требования, предъявляемые к ним.
41. Пневмо- и гидроприводы. Расчет сил зажима. Преимущества и недостатки, область применения.
42. Центробежно-инерционные и вакуумные приводы. Область применения. Особенности конструкций.
43. Приводы от движущихся частей станков и сил резания. Особенности конструкций. Область применения.
44. Магнитные и электромагнитные приводы. Особенности конструкций. Область применения.
45. Электростатические приспособления. Расчет сил зажима. Преимущества и недостатки.
46. Электроприводы. Разновидности, особенности конструкций.
47. Кондукторные втулки. Классификация, область применения, особенности конструкций. Расчет увода сверла при сверлении отверстий с помощью втулок.
48. Кондукторные плиты и способы их ориентации относительно установочных элементов приспособлений.
49. Устройства для контроля положения инструмента: высотные и угловые установочные шаблоны, упоры. Расчет погрешностей настройки инструмента на размер.
50. Копиры, область их применения и требования, предъявляемые к ним. Расчет копиров.
51. Делительные устройства приспособлений. Назначение и область применения. Особенности конструкций.
52. Элементы делительных устройств. Разновидности и особенности конструкций.
53. Факторы, влияющие на точность делительных устройств. Расчет погрешностей деления. Пути повышения точности деления.
54. Корпуса приспособлений. Основные требования, предъявляемые к ним. Разновидность корпусов.
55. Приспособления для крепления и фиксации режущего инструмента на станках. Особенности конструкций.
56. Приспособления для расширения технологических возможностей станков.


57. Многошпиндельные головки и насадки. Классификация. Особенности конструкций.
58. Сборочные приспособления. Разновидности, назначение, область применения, особенности конструкций.
59. Контрольные приспособления. Назначение, требования, предъявляемые к ним. Особенности конструкций.
60. Автоматизация и механизация контрольных операций. Особенности проектирования и эксплуатации контрольных приспособлений.
61. Типовые конструкции станочных приспособлений. Стандартизация и универсализация приспособлений и отдельных их узлов.
62. Приспособления для сверлильных станков. Разновидности, примеры конструкций.
63. Приспособления для фрезерных станков.
64. Приспособления для токарных и круглошлифовальных станков.
65. Приспособления для станков-автоматов и автоматических линий.
66. Приспособления для групповой обработки.
67. Особенности приспособлений для станков с ЧПУ и требования, предъявляемые к ним.
68. Классификация систем приспособлений для станков с ЧПУ и область их рационального применения.
69. Особенности базирования и закрепления заготовок в приспособлениях для станков с ЧПУ.
70. Приспособления для обработки заготовок с 4-х и 5-ти сторон на станках с ЧПУ.
71. Назначение и классификация захватных устройств роботов.
72. Широкодиапазонные захватные устройства.
73. Механические захватные устройства.
74. Магнитные, вакуумные захватные устройства и устройства с эластичными камерами.
75. Методика конструирования специальных приспособлений. Исходные данные для конструирования.

IV. Вспомогательный раздел

Белорусский национальный технический университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе,
довузовской подготовке,
социальным вопросам и спорту
Белорусского национального
технического университета

 О.К. Гусев

« 04 » 04 2016 г.

Регистрационный № УД-П/Ф 20-130/уч.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНАСТКА В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной
дисциплине для специальностей:

- 1-38 01 01 Механические и электромеханические приборы и аппараты;
- 1-38 02 02 Биотехнические и медицинские аппараты и системы;
- 1-52 02 01 Технология и оборудование ювелирного производства

Учебная программа составлена на основе образовательных стандартов ОСВО 1-38 01 01-2013, ОСВО 1-38 02 02-2013, ОСВО 1-52 01 01-2013

СОСТАВИТЕЛИ:

Г.А. Есьман, доцент кафедры «Конструирование и производство приборов» Белорусского национального технического университета, кандидат технических наук, доцент;

В.Л. Габец, доцент кафедры «Конструирование и производство приборов» Белорусского национального технического университета, кандидат технических наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:


А.Д. Маляренко, профессор кафедры «Торговое и рекламное оборудование» Белорусского национального технического университета, доктор технических наук, профессор;

М.В. Давыдов, доцент кафедры электронной техники и технологии учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», кандидат технических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Конструирование и производство приборов» Белорусского национального технического университета (протокол № 9 от 8 февраля 2016 г.)

Заведующий кафедрой



М.Г. Киселев

Методической комиссией приборостроительного факультета Белорусского национального технического университета (протокол № 6 от 24 февраля 2016 г.)

Председатель методической комиссии



В.В. Красовский

Научно-методическим советом
(протокол № 3 секции № 1 от 30.03.2016г.)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа по учебной дисциплине «Технологическое оборудование и оснастка в приборостроении» разработана для специальностей 1-38 01 01 «Механические и электромеханические приборы и аппараты», 1-38 02 02 «Биотехнические и медицинские аппараты и системы», 1-52 02 01 «Технология и оборудование ювелирного производства».

Целью изучения дисциплины является усвоение методов и правил проектирования и эксплуатации технологического оборудования, оснастки и инструмента, применяемого в приборостроении, в зависимости от конкретных производственных условий (программа выпуска изделий, требуемая точность обработки, станочное оборудование и т. д.).

Задачи изучения дисциплины вытекают из требований к знаниям и умениям, которыми должны овладеть студенты в соответствии с образовательными стандартами специальностей.

Учебная дисциплина «Технологическое оборудование и оснастка в приборостроении» является частью технологической подготовки инженера в области приборостроения. В ней комплексно изучаются вопросы процесса резания металлов, металлорежущие станки и инструменты, применяемая оснастка, вопросы методики расчета, проектирования и выбора станочных, контрольных и других приспособлений и обеспечения при их помощи необходимой точности обработки и контроля, а также повышения производительности труда. Знания и умения, полученные студентами при изучении данной дисциплины, необходимы для освоения последующих специальных дисциплин, в частности «Технологии приборостроения», «Технологии производства изделий медицинского назначения», и дисциплин специализаций, связанных с проектированием технологических процессов, технологического оборудования, специальной станочной и контрольной оснастки и их расчетом.

Учебная дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении таких дисциплин как: «Инженерная графика», «Материаловедение и технология материалов», «Теоретическая механика», «Прикладная механика», «Метрология», «Стандартизация норм точности», «Детали и механизмы приборов».

В результате освоения дисциплины «Технологическое оборудование и оснастка в приборостроении» студент должен:

знать:

– основы процесса резания металлов, материалы, применяемые для изготовления инструмента, конструктивные и геометрические параметры инструментов;

– компоновку, устройство и работу металлорежущих станков, движения, необходимые для осуществления процесса резания, применяемый инструмент;

– принципы расчета, конструирования и производства приспособлений и оснастки для механической обработки, сборки и контроля изделий, а также вопросы их эксплуатации и ремонта;

– проблемы развития приборостроительной и металлообрабатывающей промышленности, создания и внедрения перспективной технологической и контрольной оснастки, автоматизации и механизации обработки и контроля;

уметь:

– назначать и рассчитывать режимы резания, выбирать технологическое оборудование в соответствии с требованиями технологического процесса, обеспечивая его эффективное использование, правильно применять режущий инструмент, назначая его геометрические и конструктивные параметры;

– создавать технологическую и контрольную оснастку, выбирать стандартное и вспомогательное оборудование, обеспечивая его техническое обслуживание и эффективное использование, оценивать уровень

автоматизации и механизации производства, рассчитывать экономическую эффективность внедряемых технологических и проектных решений.

Владеть:

– методикой назначения и расчета режимов резания и выбора технологического оборудования, инструмента и оснастки в соответствии с требованиями технологического процесса;

– методами расчетов (силового и точностного) и конструирования станочных, контрольных, сборочных и других приспособлений, обеспечивающих наивысшую эффективность внедряемых технологических и проектных решений;

– методами расчета экономической эффективности внедряемых технологических и проектных решений.

Освоение данной учебной дисциплины должно обеспечить формирование следующих компетенций:

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

- АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

- АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

- АК-4. Уметь работать самостоятельно.

- АК-5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).

- АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

- АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.

- АК-8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации.

- АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

- СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.

- СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике.

- СЛК-6. Уметь работать в команде.

- ПК-1. Разрабатывать технологические процессы изготовления изделий и технологическую документацию, следить за соблюдением технологических процессов и соответствия режимов работы действующим стандартам, правилам и нормам.

- ПК-2. Работать с технологической и нормативно-технической документацией, с технической и научной литературой.

- ПК-3. Осуществлять контроль качества продукции, производить необходимые измерения технических параметров, на основе технических показателей технологических процессов и оборудования выявлять причины брака и уметь устранять их.

- ПК-4. Принимать инженерные решения по повышению производительности труда на основе современных технических решений, содействовать на практике внедрению средств автоматизации и механизации производственных процессов.

- ПК-5. Производить планирование производства и рабочих мест.

- ПК-6. Контролировать соблюдение норм охраны труда и техники безопасности при работах на производстве, норм противопожарной безопасности, обеспечивать обучение персонала, работающего с технологическим оборудованием, правилам безопасности и осуществлять своевременную проверку знаний.

Согласно учебным планам на изучение учебной дисциплины отведено:

- для очной формы получения высшего образования всего 420 ч., из них аудиторных - 182 часа;

- для заочной формы получения высшего образования всего 420 ч., из них аудиторных - 38 часов;

- для заочной формы получения высшего образования, интегрированной со средним специальным образованием, всего 420 ч., из них аудиторных - 32 часа.

Распределение аудиторных часов по курсам, семестрам и видам занятий приведено ниже.

Таблица 1.

Очная форма получения высшего образования					
Курс	Семестр	Лекции, ч.	Лабораторные занятия, ч.	Практические занятия, ч.	Форма текущей аттестации
3	5	50	32	-	экзамен
3	6	52	32	16	курсовой проект, экзамен

Таблица 2.

Заочная форма получения высшего образования					
Курс	Семестр	Лекции, ч.	Лабораторные занятия, ч.	Практические занятия, ч.	Форма текущей аттестации
2	5	2	-	-	
3	6	8	6	-	экзамен
4	7	8	6	4	экзамен
4	8			4	курсовой проект

Таблица 3.

Заочная форма получения высшего образования, интегрированного со средним специальным образованием					
Курс	Семестр	Лекции, ч.	Лабораторные занятия, ч.	Практические занятия, ч.	Форма текущей аттестации
1	2	2	-	-	
2	3	6	6	-	экзамен
2	4	4	6	8	курсовой проект, экзамен

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел I. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

Тема 1.1. Введение. Основные понятия и определения процесса резания и классификация режущих инструментов

Цель и задачи курса. Методы формообразования и некоторые вопросы технологии производства деталей машин и приборов. Классификация методов обработки деталей резанием. Кинематические и геометрические параметры процесса резания. Главное движение резания. Движение подачи. Элементы режима резания и геометрические параметры срезаемого слоя. Конструктивные и геометрические параметры инструментов. Классификация инструментов. Координатные плоскости, принятые для определения углов реза. Углы, рассматриваемые в секущих плоскостях, в основной плоскости и плоскости резания. Влияние углов режущей части инструмента на процесс резания.

Тема 1.2. Инструментальные материалы

Инструментальные материалы, применяемые в приборостроении. Физико-механические свойства. Требования, предъявляемые к инструментальным материалам. Инструментальные стали: углеродистые, легированные, быстрорежущие. Химический состав. Спеченные твердые сплавы: однокарбидные, двухкарбидные, трехкарбидные. Режущие свойства сплавов. Минералокерамические материалы. Керметы. Рубины и лейкосапфиры. Эльбор и алмаз. Их применение.

Тема 1.3. Физические основы процесса резания металлов

Общие понятия о процессе резания. Процесс образования стружки и ее типы. Образование нароста при резании. Причины его возникновения. Влияние наростообразования на процесс резания. Усадка стружки.

Тепловые явления при резании. Зоны образования и распределения тепла. Зависимость температуры резания от режимов резания. Способы измерения температуры в зоне резания.

Сила и мощность резания. Составляющие силы резания.

Изнашивание режущих инструментов. Причины затупления инструментов. Виды износа. Критерии стойкости.

Охлаждение и смазывание при резании. Требования, предъявляемые к смазочно-охлаждающим техническим средствам.

Тема 1.4. Основные сведения о станках. Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые при точении

Основные сведения о станках. Классификация и обозначение станков. Назначение и типы приводов и передач станков.

Станки токарной группы. Основные технические характеристики. Инструмент, применяемый при обработке на токарных станках. Токарно-винторезные станки. Оснастка, применяемая для крепления инструмента. Токарные настольные станки.

Токарно-револьверные станки. Назначение, устройство и работа. Классификация в зависимости от вида заготовок, конструкции револьверной головки.

Токарные автоматы и полуавтоматы. Классификация. Особенности обработки. Размещение резцов. Технологические особенности.

Тема 1.5. Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые при обработке отверстий

Оборудование и инструмент, применяемые при обработке отверстий. Сверлильные станки. Их назначение. Расточные станки. Виды выполняемых работ. Применяемый инструмент.

Тема 1.6. Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые при фрезеровании

Оборудование и инструмент, применяемые при фрезеровании. Виды и особенности фрезерования. Классификация фрез. Фрезерные станки. Их назначение.

Тема 1.7. Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые при абразивной обработке

Оборудование, применяемое на отделочных операциях. Обработка связанным и свободным абразивом. Методы шлифования. Материалы, применяемые для изготовления инструмента.

Шлифовальные станки. Классификация в зависимости от вида обработки.

Отделочные технологические процессы. Оборудование и оснастка для хонингования, притирки, суперфиниширования.

Тема 1.8. Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые в приборостроении при обработке зубчатых колес

Зубообрабатывающее оборудование и инструмент, применяемые в приборостроении. Методы получения зубьев. Конструкции применяемых инструментов. Технологическая оснастка, используемая при обработке зубчатых колес.

Зубообрабатывающие станки. Их классификация.

Тема 1.9. Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые при нарезании резьбы

Технологическое оборудование и инструмент для нарезания резьбы. Способы применения резьб и применяемый инструмент. Резьбонарезные и резьбонакатные станки.

Тема 1.10. Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые при протягивании и прошивании

Технологическое оборудование и инструмент для протягивания и прошивания. Особенности обработки внутренних и наружных поверхностей. Схемы резания. Применяемый инструмент.

Тема 1.11. Инструмент и оборудование для нанесения штрихов, линий и знаков

Металлические и алмазные инструменты. Делительные машины и координатографы. Продольные делительные машины. Круговые делительные машины. Особенности машин для изготовления кодовых дисков. Оборудование для фрезерования знаков циферблатов.

Тема 1.12. Технологическое оборудование для изготовления упругих чувствительных элементов

Пружинно-навивальный автомат для навивки пружин. Виды получаемых пружин.

Тема 1.13. Электрофизические и электрохимические методы и станки размерной обработки материалов

Принцип и сущность электрофизических и электрохимических методов обработки. Оборудование для электроэрозионных методов обработки. Ультразвуковая и электрохимическая обработка. Применяемое оборудование.

Тема 1.14. Станки с программным управлением и автоматические линии

Основные сведения. Некоторые конструктивные особенности и классификация станков с ЧПУ. Общие понятия о цикловом и числовом программном управлении. Способы кодирования информации на программоносителях и считывание ее. Позиционные, прямоугольные и контурные системы с ЧПУ. Оснастка и приспособления станков с ЧПУ. Многооперационные станки. Автоматические линии.

Тема 1.15. Комбинированные инструменты и инструменты для автоматизированного производства

Методы комбинирования и виды инструментов. Комбинированные однотипные инструменты и комбинированные разнотипные инструменты. Требования, предъявляемые к обычным и комбинированным инструментам.

Особенности инструментов для станков с ЧПУ и автоматических линий. Требования, предъявляемые к инструментам для автоматизированного оборудования. Способы увеличения размерной стойкости инструмента.

Тема 1.16. Оборудование и инструмент для обработки пластмасс

Классификация пластмасс, применяемых в приборостроении и их физические свойства. Физические основы резания пластмасс. Типы стружек, получаемые при обработке пластмасс. Схема действия сил. Распределение теплоты в зоне резания. Требования, предъявляемые к инструменту. Пути снижения температуры в зоне резания.

Оснастка и инструмент, применяемые для резки пластмасс. Оборудование и инструмент, применяемые при точении деталей из пластмасс. Требования, предъявляемые к инструменту. Геометрические параметры резцов.

Особенности обработки пластмасс фрезерованием. Применяемое оборудование, оснастка и инструмент.

Инструменты, применяемые при обработке отверстий в пластмассах. Конструкции и геометрические параметры сверл.

Инструмент, применяемый при нарезании резьб. Конструктивные элементы и геометрические параметры сверл.

Смазочно-охлаждающие жидкости, применяемые при обработке пластмасс.

Тема 1.17. Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые при обработке оптических деталей

Основные системы формообразования поверхностей при механической обработке оптических деталей. Геометрическое построение и кинематическая схема обработки, вид инструмента и способ его замыкания с заготовкой.

Схема обработки свободным притиром.

Станки для предварительной обработки оптических деталей. Обдирочные станки для ручной обработки. Станки для черновой механической обработки.

Шлифовально-полировальные и отделочные станки для обработки деталей из стекла.

Алмазно-шлифовальный автомат для шлифования очковых линз. Особенности конструкций и назначение некоторых моделей шлифовально-полировальных станков. Центрировочные станки. Их назначение и работа.

Некоторые специфические операции и оборудование для обработки оптических деталей. Обработки в столбиках. Схемы обработки отверстий.

Инструменты и материалы, применяемые при обработке оптических деталей. Шлифование закрепленными абразивными зёрнами. Шлифование суспензиями и абразивными порошками.

Тема 1.18. Оборудование сборки интегральных микросхем

Оборудование зондового контроля. Характеристики зондовых установок. Устройство и работа зондовых установок. Устройство и работа составных частей зондовых установок. Устройство визуального наблюдения. Механизм позиционирования. Механизм загрузки. Механизм ориентации. Стол координатный. Устройство точной ориентации. Комплект контактирующих устройств. Зонды-датчики.

Оборудование разделения полупроводниковых пластин. Характеристики установок лазерного скрайбирования и дисковой резки. Устройство и работа установки лазерного скрайбирования.

Оборудование монтажа кристаллов. Характеристики установок монтажа кристаллов. Состав установок монтажа кристаллов. Механизм присоединения кристаллов. Револьверный механизм. Механизм переноса кристаллов. Механизм ориентации кристаллов. Узел съема кристаллов.

Оборудование присоединения проволочных выводов. Характеристики установок присоединения проволочных выводов. Режимы работы установок присоединения проволочных выводов. Состав установок присоединения проволочных выводов. Механизм присоединения выводов. Сварочная головка. Визирные устройства.

РАЗДЕЛ II. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

Тема 2.1. Приспособления для установки и закрепления обрабатываемых заготовок на станках

Роль приспособлений в приборостроении. Классификация приспособлений. Пути дальнейшего развития учения о конструировании приспособлений. Экономические предпосылки выбора конструкции приспособлений и пути уменьшения затрат на подготовку производства.

Классификация и краткая характеристика станочных приспособлений: по технологическому признаку, по степени стандартизации и механизации. Характеристика и конструктивные особенности различных систем станочных приспособлений.

Элементы конструкций станочных приспособлений. Классификация элементов приспособлений. Особенности конструирования этих элементов в зависимости от выполняемых функций.

Установка заготовок и установочные элементы приспособлений. Базы, базирование, классификация баз. Цель базирования заготовок. Правило шести точек. Полное и упрощенное базирование.

Принципы установки заготовок в приспособлении, типовые схемы установки и необходимое число опор в зависимости от точности размеров, координирующих положение обрабатываемой поверхности детали.

Принципы выбора схемы установки и конструкции установочных элементов, обеспечивающих наибольшую точность при обработке деталей.

Разновидности установочных элементов (опор) в зависимости от формы и точности базирующих поверхностей заготовки, их конструкции. Требования, предъявляемые к установочным элементам и их обработке, сохранения качества базирующих поверхностей заготовок, обеспечение требований к ремонту и эксплуатации приспособлений.

Тема 2.2. Погрешности обработки деталей в приспособлении

Погрешности обработки деталей в приспособлении. Погрешности, вызванные базированием и закреплением заготовки, установкой приспособления на станке, неточностью изготовления и сборки приспособления. Причины возникновения этих погрешностей и пути управления ими при конструировании приспособлений. Определение, исходя из общего баланса, погрешностей, возникающих при обработке, расчетного допуска, необходимого для изготовления приспособлений.

Выбор схемы установки заготовки, исходя из заданной точности и характера обработки, расчет ожидаемых погрешностей.

Расчет погрешностей базирования для типовых схем установки заготовок: установка плоскостью, внутренней и наружной цилиндрическими и коническими поверхностями, плоскостью и двумя отверстиями и т.д. Особенности установки заготовок в самоцентрирующие элементы приспособлений, причины возникновения погрешностей и пути снижения их величины.

Графическое условное обозначение установочных и зажимных элементов (механизмов).

Требования безопасности к конструкции установочных элементов.

Тема 2.3. Закрепление заготовок и зажимные устройства приспособлений

Назначение зажимных устройств и предъявляемые к ним требования.

Методики расчета необходимых усилий зажима, удерживающих заготовку в процессе обработки. Исходные данные для расчета. Построение расчетной схемы.

Последовательность расчета по определению необходимых зажимных сил для характерных (типовых) случаев установки и закрепления заготовок.

Правила выбора направления и точки приложения зажимной силы.

Погрешности обработки, вызываемые упругими деформациями от действия сил зажима. Расчет деформаций и экспериментальное их определение. Пути снижения погрешностей от упругих деформаций заготовок.

Расчет допустимых зажимных сил при закреплении нежестких заготовок. Возможные способы закрепления таких заготовок.

Состав зажимного устройства и определение его основных характеристик. Классификация зажимных элементов (устройств) приспособлений. Простые зажимы: винтовые, рычажные, клиновые, клино-плунжерные, эксцентриковые, рычажно-шарнирные, пружинные. Конструкции этих зажимов и расчет развиваемых ими усилий.

Комбинированные зажимные устройства. Назначение, особенности конструкций, расчет развиваемых усилий.

Определение передаточного отношения и других характеристик для различных зажимных устройств. Способы повышения КПД силовых механизмов.

Выбор типа зажимных элементов в зависимости от условий выполняемого технологического процесса, требуемой точности и производительности. Требования безопасности к конструкции зажимных элементов.

Тема 2.4. Установочно-зажимные элементы приспособлений

Понятие об ориентирующем и самоцентрирующем механизмах. Назначение, классификация, область применения, особенности конструкций. Погрешности центрирования и расчет развиваемых усилий. Особый класс

самоцентрирующих высокоточных зажимных механизмов: механизмы с упругодеформируемыми элементами (цанговые, мембранные, гидропластовые). Особенности их конструкций, рекомендуемые материалы, термообработка, область применения.

Тема 2.5. Силовые узлы приспособлений

Силовые узлы приспособлений – силовые приводы.

Приводы ручные, механизированные, автоматизированные – пневматические, гидравлические, пневмогидравлические, электромеханические, электромагнитные, магнитные, вакуумные, центробежно-инерционные, приводы от сил резания и движущихся частей станков.

Особенности конструкций различных приводов, область их применения, преимущества и недостатки. Расчет усилия на выходном звене привода.

Комплексный расчет зажимных устройств с определением тяговой исходной силы и размеров привода по величине необходимых усилий зажима, найденных из условия статического равновесия заготовки и всего зажимного устройства приспособления. Проверочный расчет усилия зажима по заданному исходному усилию привода. Рекомендации по выбору силового привода, по расчету на прочность отдельных элементов приспособления и определению их исполнительных размеров в зависимости от передаваемых усилий. Требования безопасности к конструкции привода.

Тема 2.6. Элементы приспособлений для направления и контроля положения рабочего инструмента при настройке станка на заданный размер обработки

Кондукторные втулки и кондукторные плиты. Классификация, назначение, область применения, особенности конструкций. Расчет погрешности от увода инструмента при использовании кондукторных втулок.

Копиры, область применения и требования, предъявляемые к ним. Расчет копиров.

Упоры, шаблоны, высотные и угловые установочные. Назначение, область применения, требования, предъявляемые к ним. Расчет погрешности настройки режущего инструмента на размер с использованием установочных и упоров.

Тема 2.7. Делительные и поворотные устройства приспособлений

Назначение и область применения делительных и поворотных устройств, разновидности конструкций. Элементы этих устройств: делительные диски, фиксаторы, тормозные механизмы, силовые узлы, системы управления. Факторы, влияющие на точность деления. Пути повышения точности деления.

Тема 2.8. Корпусы приспособлений

Основные требования, предъявляемые к корпусам приспособлений. Применяемые материалы. Виды корпусов: цельные, сварные, литые, сборные из отдельных элементов и др. Преимущества и недостатки различных видов корпусов, область их применения. Способы установки, выверки и закрепления корпусов на станках. Расчет погрешности обработки, с установкой и закреплением корпуса на столе станка. Нормализация и стандартизация корпусов приспособлений.

Тема 2.9. Вспомогательные элементы приспособлений

Виды вспомогательных элементов приспособлений: рукоятки, педали, выталкиватели, ограничители хода и др. Роль и место вспомогательных элементов в конструкции приспособлений.

Тема 2.10. Приспособления для крепления и фиксации режущего инструмента на станках

Приспособления для крепления и фиксации режущего инструмента на станках. Назначение и область применения, особенности конструкций. Приспособления специальные и универсальные. Приспособления для повышения производительности обработки: многошпиндельные головки и

насадки, многолезцовые державки и др. Приспособления для расширения технологических возможностей универсальных станков. Особенности конструкций приспособлений для крепления и фиксации инструмента на многопозиционных станках, станках с программным управлением, автоматических линиях и т.д.

Тема 2.11. Сборочные приспособления

Разновидности приспособлений для сборочных операций и их особенности. Специальные и универсальные сборочные приспособления. Приспособления для соединения деталей свинчиванием, запрессовкой, сваркой, завальцовкой, склепыванием, склеиванием. Приспособления для предварительной деформации собираемых деталей, для стендовой и конвейерной сборки. Особенности конструкции приспособлений для автоматизации сборочных процессов в приборостроении.

Тема 2.12. Контрольные приспособления

Назначение и область их применения. Классификация контрольных приспособлений, их место в общем парке приспособлений. Универсальные, специализированные и специальные контрольные приспособления. Особенности конструкций. Автоматизация и механизация контрольных операций. Окончательный и межоперационный контроль. Контроль в процессе обработки. Выбор метода и схемы контроля. Расчет погрешности контрольных приспособлений. Общие принципы проектирования контрольных систем. Выбор точности. Принципы построения схем измерения и базирования. Соблюдение принципа инверсии, принципа Тейлора, принципа наикратчайшей размерной цепи, принципа Аббе. Принципы проектирования рычажных устройств. Принцип совмещения функций контроля с функциями управления процессом обработки. Общие рекомендации по проектированию.

Тема 2.13. Типовые конструкции станочных приспособлений

Типовые конструкции станочных приспособлений. Приспособления для сверлильных станков. Приспособления для токарных и шлифовальных

станков. Приспособления для расточных, фрезерных, зубообрабатывающих и др. станков. Назначение, область применения, особенности конструкций.

Тема 2.14. Приспособления для станков – автоматов и автоматических линий

Основные направления автоматизации технологических процессов в приборостроении. Приспособление как звено автоматизированной системы «СПИД». Управляющие, блокирующие и предохранительные устройства приспособлений, работающих в автоматическом цикле. Схемы силовых узлов приспособлений для станков с поворотными столиками и станков непрерывного действия. Особенности конструкций установочных элементов при автоматической установке заготовок в приспособлениях. Стационарные приспособления и приспособления-спутники для автоматических линий. Способы ориентации и закрепления их на линиях. Особенности установки и закрепления заготовок в приспособлениях – спутниках.

Тема 2.15. Приспособления для групповой обработки

Требования, предъявляемые к этим приспособлениям, область их применения. Особенности конструкций приспособлений для групповой обработки заготовок.

Тема 2.16. Технологическая оснастка для станков с ЧПУ и промышленных роботов

Особенности приспособлений для станков с ЧПУ и требования, предъявляемые к ним. Классификация систем приспособлений для станков с ЧПУ и область их рационального применения. Принцип базирования заготовок в этих приспособлениях. Установка приспособлений на станках с ЧПУ. Погрешности, возникающие при установке заготовки в приспособление и приспособлений на станках с ЧПУ. Оснастка для промышленных роботов. Назначение и классификация захватных устройств. Механические захватные устройства. Захватные устройства магнитные, вакуумные и с эластичными камерами. Конструктивные особенности этих устройств и область применения. Автоматизация захватных устройств.

Тема 2.17. Технологическая оснастка, применяемая при изготовлении элементов электроники

Назначение, классификация и особенности конструкций. Требования, предъявляемые к ним. Принцип базирования заготовок в этих приспособлениях. Автоматизация и механизация таких приспособлений.

Тема 2.18. Проектирование специальных приспособлений

Задание на проектирование, исходные данные и предпосылки для выбора и конструирования приспособления. Анализ исходных данных и задания на проектирование. Требования, предъявляемые к проектируемым конструкциям приспособлений по долговечности, стабильному получению заданной точности обработки, ремонтоспособности, по обеспечению заданной производительности, условий эксплуатации, легкости и безопасности обслуживания, по нормализации и стандартизации элементов конструкций, по экономичности. Последовательность проектирования приспособлений. Разработка общей компоновки приспособления с учетом требований эксплуатации, ремонта, техники безопасности и охраны окружающей среды. Проверочный расчет приспособления по обеспечению заданной точности обработки. Оформление чертежей общего вида и сборочных чертежей на конструкцию приспособления, рабочих чертежей на отдельные детали конструкции. Разработка технических требований на приемку, наладку и эксплуатацию приспособлений.

Тема 2.19. Специфика изготовления и эксплуатации приспособлений

Применение нормализованных узлов и деталей. Применение сварных конструкций и деталей из пластмасс. Методы достижения высокой точности взаимного расположения установочных поверхностей приспособления на станке. Методы проверки на точность приспособления. Особенности наладки, ремонта и эксплуатации приспособлений.

Тема 2.20. САПР приспособлений

Назначение и состав. Функции современных САПР приспособлений. Построение информационной базы САПР приспособлений. Автоматизация синтеза конструкций приспособлений. Автоматизация конструкторского документирования. Автоматизация проектирования токарных приспособлений. Система «Токар-1М». Программный комплекс конструирования приспособлений и система «Кондуктор-1». Система автоматизированного синтеза технологической оснастки. Интерактивные системы конструирования приспособлений повышенной сложности. Автоматизация проектирования технологических процессов изготовления приспособлений.

ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ

Темой курсового проекта может быть любое приспособление, предназначенное для закрепления обрабатываемых деталей и инструмента при обработке на станках токарной, сверлильной, фрезерной и др. групп; контрольное приспособление; технологическая оснастка, применяемая при производстве интегральных микросхем и т.д.

Курсовой проект включает пояснительную записку объемом 30-40 листов, в которую входит весь текстовый материал, а также необходимые рисунки, схемы, формулы, таблицы и т.д. Графическая часть включает рабочий чертеж детали, операционный эскиз, кинематическую схему приспособления и чертеж общего вида разработанного приспособления и рабочие чертежи типовых деталей приспособления.

Пояснительная записка должна содержать следующие разделы:

- Введение, в котором кратко указывается роль приспособлений в повышении производительности и качества выпускаемой продукции; актуальность выбранной темы работы, цели и задачи, решаемые в работе, достигнутые результаты;
- Техническое задание на проектирование приспособления;

- Анализ конструкции детали и операционного эскиза с выявлением основных и вспомогательных базовых поверхностей, точек приложения зажимной силы, а также краткое описание выполняемой в разрабатываемом приспособлении операции, применяемого инструмента, оборудования и режимов резания;

- Анализ существующих конструкций приспособлений и обоснование выбранных решений;

- Принципиальную схему приспособления и описание принципа его действия;

- Силовой расчет приспособления, выбор и расчет силового привода;

- Расчет погрешности механической обработки детали в приспособлении;

- Выводы;

- Список использованной литературы;

- Приложения.

В соответствии с учебными планами вышеуказанных специальностей на выполнение курсового проекта отводится 60 часов, на выполнение курсовой работы – 40 часов.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
очная форма получения высшего образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	5 семестр							
1.	Технологическое оборудование и режущий инструмент в приборостроении							
1.1	Введение. Основные понятия и определения процесса резания и классификация режущих инструментов	4						
1.2	Инструментальные материалы	2						
1.3	Физические основы процесса резания металлов	4						
1.4	Основные сведения о станках. Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые при точении	4			8			
1.5	Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые при обработке отверстий	4			8			

1.6	Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые при фрезеровании	4			8			
1.7	Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые при абразивной обработке	6						
1.8	Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые в приборостроении при обработке зубчатых колес	4						
1.9	Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые при нарезании резьбы	2						
1.10	Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые при протягивании и прошивании	2			8			
1.11	Инструмент и оборудование для нанесения штрихов, линий и знаков	1						
1.12	Технологическое оборудование для изготовления упругих чувствительных элементов	1						
1.13	Электрофизические и электрохимические методы и станки размерной обработки материалов	3						
1.14	Станки с программным управлением и автоматические линии. Многооперационные станки	5						
1.15	Комбинированные инструменты и инструменты для автоматизированного производства	2						
1.16	Оборудование и инструмент для обработки пластмасс	2						
	Итого за семестр	50			32			экзамен
	6 семестр							

2.	Проектирование специальных приспособлений в приборостроении							
2.1	Приспособления для установки и закрепления обрабатываемых заготовок на станках	8			4			
2.2	Погрешности обработки деталей в приспособлении	4			8			
2.3	Закрепление заготовок и зажимные устройства приспособлений	6			4			
2.4	Установочно-зажимные элементы приспособлений	4			4			
2.5	Силовые узлы приспособлений	4			4			
2.6	Элементы приспособлений для направления и контроля положения рабочего инструмента при настройке станка на заданный размер обработки	2			4			
2.7	Делительные и поворотные устройства приспособлений	2						
2.8	Корпусы приспособлений	1						
2.9	Вспомогательные элементы приспособлений	1						
2.10	Приспособления для крепления и фиксации режущего инструмента на станках	2						
2.11	Сборочные приспособления	1						
2.12	Контрольные приспособления	1			1			
2.13	Типовые конструкции станочных приспособлений	2						
2.14	Приспособления для станков-автоматов и автоматических линий	1						
2.15	Приспособления для групповой обработки	1						
2.16	Технологическая оснастка для станков с ЧПУ и промышленных роботов	5						

2.17	Технологическая оснастка, применяемая при изготовлении элементов электроники	2						
2.18	Проектирование специальных приспособлений	2	16		32			
2.19	Специфика изготовления и эксплуатации приспособлений	1						
2.20	САПР приспособлений	2						
	Курсовой проект							Защита курсового проекта
	Итого за семестр	52	16					экзамен
	Всего аудиторных часов	182						

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
заочная форма получения высшего образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	5 семестр							
	Установочная лекция	2						
	6 семестр							
1.	Технологическое оборудование и режущий инструмент в приборостроении							
1.1	Введение. Основные понятия и определения процесса резания и классификация режущих инструментов	1						
1.2	Инструментальные материалы	1	2					
1.3	Физические основы процесса резания металлов	1						
1.4	Основные сведения о станках. Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые при точении	1			2			

1.5	Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые при обработке отверстий	1			2			
1.6	Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые при фрезеровании	1			2			
1.7	Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые при абразивной обработке							
1.8	Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые в приборостроении при обработке зубчатых колес							
1.9	Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые при нарезании резьбы							
1.10	Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые при протягивании и прошивании							
1.11	Инструмент и оборудование для нанесения штрихов, линий и знаков							
1.12	Технологическое оборудование для изготовления упругих чувствительных элементов							
1.13	Электрофизические и электрохимические методы и станки размерной обработки материалов							
1.14	Станки с программным управлением и автоматические линии. Многооперационные станки							
1.15	Комбинированные инструменты и инструменты для автоматизированного производства							
1.16	Оборудование и инструмент для обработки пластмасс							

	Установочная лекция. Выдача заданий на контрольную работу	2						
	Итого за семестр	8			6			экзамен
	7 семестр							
2.	Проектирование специальных приспособлений в приборостроении							
2.1	Приспособления для установки и закрепления обрабатываемых заготовок на станках	1						
2.2	Погрешности обработки деталей в приспособлении	1	1		4			
2.3	Закрепление заготовок и зажимные устройства приспособлений	1	1					
2.4	Установочно-зажимные элементы приспособлений	1	1					
2.5	Силовые узлы приспособлений	1	1					
2.6	Элементы приспособлений для направления и контроля положения рабочего инструмента при настройке станка на заданный размер обработки	0,5			2			
2.7	Делительные и поворотные устройства приспособлений	0,5						
2.8	Корпусы приспособлений	0,5						
2.9	Вспомогательные элементы приспособлений	0,5						
2.10	Приспособления для крепления и фиксации режущего инструмента на станках							
2.11	Сборочные приспособления							
2.12	Контрольные приспособления							
2.13	Типовые конструкции станочных приспособлений							
2.14	Приспособления для станков-автоматов и автоматических линий							

2.15	Приспособления для групповой обработки								
2.16	Технологическая оснастка для станков с ЧПУ и промышленных роботов								
2.17	Технологическая оснастка, применяемая при изготовлении элементов электроники								
2.18	Проектирование специальных приспособлений								
2.19	Специфика изготовления и эксплуатации приспособлений								
2.20	САПР приспособлений								
	Установочная лекция. Выдача заданий на курсовой проект	2							
	Итого за семестр	8	4		6			экзамен	
	8 семестр								
	Курсовой проект		4					Защита курсового проекта	
	Итого за семестр		4						
	Всего аудиторных часов	38							

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
заочная форма получения высшего образования, интегрированного со средним специальным образованием

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	2 семестр							
	Установочная лекция. Выдача заданий на контрольную работу	2						
	3 семестр							
1.	Технологическое оборудование и режущий инструмент в приборостроении							
1.1	Введение. Основные понятия и определения процесса резания и классификация режущих инструментов	1						
1.2	Инструментальные материалы		2					
1.3	Физические основы процесса резания металлов	1						
1.4	Основные сведения о станках. Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые при точении	0,5			2			

1.5	Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые при обработке отверстий	0,5			2			
1.6	Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые при фрезеровании	0,5			2			
1.7	Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые при абразивной обработке	0,5						
1.8	Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые в приборостроении при обработке зубчатых колес							
1.9	Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые при нарезании резьбы							
1.10	Оборудование, инструмент и оснастка, применяемые при протягивании и прошивании							
1.11	Инструмент и оборудование для нанесения штрихов, линий и знаков							
1.12	Технологическое оборудование для изготовления упругих чувствительных элементов							
1.13	Электрофизические и электрохимические методы и станки размерной обработки материалов							
1.14	Станки с программным управлением и автоматические линии. Многооперационные станки							
1.15	Комбинированные инструменты и инструменты для автоматизированного производства							
1.16	Оборудование и инструмент для обработки пластмасс							

	Установочная лекция. Выдача заданий на курсовой проект	2						
	Итого за семестр	6			6			экзамен
	4 семестр							
2.	Проектирование специальных приспособлений в приборостроении							
2.1	Приспособления для установки и закрепления обрабатываемых заготовок на станках	0,5						
2.2	Погрешности обработки деталей в приспособлении		1		4			
2.3	Закрепление заготовок и зажимные устройства приспособлений	0,5	1					
2.4	Установочно-зажимные элементы приспособлений	0,5	1					
2.5	Силовые узлы приспособлений	0,5	1					
2.6	Элементы приспособлений для направления и контроля положения рабочего инструмента при настройке станка на заданный размер обработки	0,5			2			
2.7	Делительные и поворотные устройства приспособлений	0,5						
2.8	Корпусы приспособлений	0,5						
2.9	Вспомогательные элементы приспособлений	0,5						
2.10	Приспособления для крепления и фиксации режущего инструмента на станках							
2.11	Сборочные приспособления							
2.12	Контрольные приспособления							
2.13	Типовые конструкции станочных приспособлений							
2.14	Приспособления для станков-автоматов и автоматических линий							

2.15	Приспособления для групповой обработки								
2.16	Технологическая оснастка для станков с ЧПУ и промышленных роботов								
2.17	Технологическая оснастка, применяемая при изготовлении элементов электроники								
2.18	Проектирование специальных приспособлений								
2.19	Специфика изготовления и эксплуатации приспособлений								
2.20	САПР приспособлений								
	Курсовой проект		4					Защита курсового проекта	
	Итого за семестр	4	8		6			экзамен	
	Всего аудиторных часов	32							

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Список литературы

Основная литература

1. Грановский, Г.И. Резание металлов: Учебник для машиностр. и приборостр. спец. вузов / Г.И. Грановский, В.Г. Грановский. - М.: Вышш. Шк., 1985. – 304 с.
2. Ящерицын, П.И. Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах: Учеб. Для вузов / П.И.Ящерицын, М.Л.Еременко, Е.Э. Фельдштейн. - Минск: Вышш.шк., 1990. – 512 с.
3. Жигалко, Н.И., Яцура Е.С. Обработка материалов, станки и инструменты: Учебное пособие для вузов / Н.И. Жигалко, Е.С. Яцура. - Минск: Вышш.шк., 1984. - 373 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. / А.Г Косилова [и др.]; под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова.- 4-е изд., перераб. и доп.- Москва: Машиностроение, 1985.
5. Ансеров, М.А. Приспособления для металлорежущих станков / М.А. Ансеров. - Москва: Машиностроение, 1975. – 420 с.
6. Корсаков, В.С. Основы конструирования приспособлений / В.С. Корсаков. - Москва: Машиностроение, 1983. – 210 с.
7. Есьман, Г.А. Расчет и проектирование приспособлений/ Г.А. Есьман; БПИ. – Минск, 1989. – 25 с.
8. Антонюк, В.К. Конструктору станочных приспособлений / В.К. Антонюк. - Справ. пособие.- Мн.: Беларусь, 1991. – 230 с.
9. Станочные приспособления: Справочник в 2-х томах./ Под ред. Б.Н. Вардашкина. М.: Машиностроение, 1984.
10. Горохов, В.А. Проектирование и расчет приспособлений / В.А. Горохов. - Учеб.пособие для студентов вузов машиностроительных спец.- Мн.: Вышш.шк., 1986. – 275 с.

11. Киселев, М.Г. Крепежные устройства на основе электрореологических жидкостей: учебное пособие по дисциплине «Технологическое оборудование и оснастка» для студентов машиностроительных и приборостроительных специальностей: Т.06.01. – «Приборостроение»/ М.Г. Киселев, Е.В. Коробко, Г.А. Есьман. - Минск: БГПА, 1999. – 50 с.

12. Лабораторные работы (практикум) по дисциплине «Технологическое оборудование и оснастка в приборостроении», для студентов специальностей Т.06.01.00 «Механические и электромеханические приборы и аппараты», Т.06.03.00 «Биотехнические и медицинские аппараты и системы», Т.06.04.00 «Технология и оборудование ювелирного производства»: в 2-х ч / сост.: М.Г. Киселев, Г.А. Есьман, В.Л. Габец. – Минск: БГПА, 2001. – Ч. 1. – 89 с.

13. Технологическое оборудование и оснастка в приборостроении: программа, методические указания и задания для студентов заочной формы обучения специальности Т.06.01.00 «Приборостроение» / сост.: Г.А. Есьман, В.Л. Габец. – Минск: БГПА, 2001. – 28 с.

14. Лабораторные работы (практикум) по дисциплине «Технологическое оборудование и оснастка в приборостроении», для студентов специальностей 38 01 01 «Механические и электромеханические приборы и аппараты», 38 02 02 «Биотехнические и медицинские аппараты и системы», 52 02 01 «Технология и оборудование ювелирного производства»: в 2-х ч / сост.: М.Г. Киселев, Г.А. Есьман, В.Л. Габец. – Минск: БНТУ, 2009. – Ч. 2. – 160 с.

15. Киселев, М.Г. Установка заготовок на станках и применяемые приспособления: учебно-методическое пособие / М.Г. Киселев, Г.А. Есьман. – Минск: БНТУ, 2008. – 188 с.

16. Технологическая оснастка: [учебник для машиностроительных специальностей вузов] / М.Ф. Пашкевич [и др.]. – Мн. : Адукацыя і выхаванне, 2002. – 319 с.

17. Ильицкий, В.Б. Проектирование технологической оснастки : [учебное пособие] / В.Б. Ильицкий, В.В. Ерохин; Брянский государственный технический университет. – Изд. 2-е, стер. – Брянск: Издательство БГТУ, 2006. – 122 с.

18. Технологическое оборудование и оснастка в приборостроении : Методические указания к выполнению курсового проекта для специальностей 1-38 01 01 «Механические и электромеханические приборы и аппараты», 1-38 02 02 «Биотехнические и медицинские аппараты и системы», 1-52 02 01 «Технология и оборудование ювелирного производства» / сост. Г. А. Есьман и В. Л. Габец. - Минск : БНТУ, 2011. - 46 с.

19. Есьман, Г.А. Каф. «Конструирование и производство приборов» БНТУ Технологическое оборудование и оснастка в приборостроении [Электронный ресурс] : конспект лекций для студентов специальностей 1-38 01 01 «Механические и электромеханические приборы и аппараты», 1-38 02 02 «Биотехнические и медицинские аппараты и системы», 1-52 02 01 «Технология и оборудование ювелирного производства» / Есьман Г.А., Габец В.Л., кол. авт. Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Конструирование и производство приборов». - Электрон. дан. - БНТУ, 2012.

20. Технологическое оборудование и оснастка в приборостроении. В 2 ч. Ч 1 : лабораторный практикум для студентов специальностей 1-38 01 01 «Механические и электромеханические приборы и аппараты», 1-38 02 02 «Биотехнические и медицинские аппараты и системы», 1-52 02 01 «Технология и оборудование ювелирного производства» / сост. : М. Г. Киселев, Г. А. Есьман, В. Л. Габец. – Минск : БНТУ, 2015. – 90 с.

Дополнительная литература

1. Кочергин, А.И. Металлообрабатывающие станки, линии и инструменты / А.И. Кочергин, М.Ю. Пикус, В.И. Шагун. – Мн.: Выш. Шк., 1979. – 320 с.

2. Онегин, Е.Е. Автоматическая сборка ИС: справочное пособие. / Е.Е. Онегин, В.А. Зенькевич, Л.Г. Битно. – Мн.: Выш. шк., 1990. – 270 с.
3. Михнев, Р.А. Оборудование оптических цехов. / Р.А. Михнев, С.К. Штандель. - Москва: Машиностроение, 1981. – 240 с.
4. Краткий справочник металлиста /Под общ. Ред. П.Н. Орлова. - Москва: Машиностроение, 1988. – 350 с.
5. Справочник по электрохимическим и электрофизическим методам обработки. Под. Общ. ред. В.А. Волосатова. – Ленинград: Машиностроение, 1988. – 530 с.
6. Справочник технолога – машиностроителя. В 2-х томах. Под ред. Косиловой А.Г. и Мещерякова Р.К. – Москва: Машиностроение, 1985.
7. Металлорежущие системы машиностроительных производств. Под ред. Г.Г. Земскова. – Москва: Высшая школа, 1988. – 340 с.
8. Производство зубчатых колес. Под общ. Ред. Б.А. Тайца. – Москва: Машиностроение, 1990. – 390 с.
9. Тепинкичиев, В.К., Металлорежущие станки / В.К. Тепинкичиев, Л.В. Красниченко, А.А. Тихонов. - Москва: Машиностроение, 1970. – 390 с.
10. Схиртладзе, А.Г. Станочные приспособления / А.Г. Схиртладзе, В.Ю. Новиков. – Москва: Высшая школа, 2001. – 110 с.
11. Горохов, В.А. Проектирование технологической оснастки: учебник [для вузов по направлению «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»] / В.А. Горохов, А.Г. Схиртладзе; под общ.ред. Ящерицын П.И. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Станкин, 2003. – 351 с.
12. Ведерников, Ю.А. Технологическое оборудование машиностроительного производства: Учебное пособие для студентов специальностей 151900. В 2 ч. Ч.1. Описание конструкции и наладки / Ю.А. Ведерников, Р.М. Хисамутдинов. - Набережные Челны: Изд-во КНИТУ КАИ, 2014.-293 с.

Средства диагностики результатов учебной деятельности

Оценка уровня знаний студента производится по десятибалльной шкале в соответствии с критериями, утвержденными Министерством образования Республики Беларусь.

Для оценки достижений студента рекомендуется использовать следующий диагностический инструментарий:

- устный и письменный опрос во время практических занятий;
- проведение текущих контрольных работ (заданий) по отдельным темам;
- защита выполненных на практических и лабораторных занятиях индивидуальных заданий;
- защита выполненных в рамках самостоятельной работы индивидуальных заданий;
- собеседование при проведении индивидуальных и групповых консультаций;
- выступление студента на конференции по подготовленному реферату;
- защита курсового проекта;
- сдача экзамена.

Перечень тем практических занятий

1. Базирование заготовок в приспособлении. Определение положения конструкторских и технологических баз на чертежах и операционных эскизах
2. Погрешности базирования. Расчет погрешностей базирования для различных схем установки заготовок
3. Расчет сил зажима, удерживающих заготовку в приспособлении
4. Расчет силовых приводов
5. Определение коэффициента передачи исходного усилия от привода до зажимных элементов
6. Расчет погрешности обработки детали в приспособлении

Перечень тем лабораторных работ

1. Исследование конструкций токарных резцов
2. Исследование конструкций спиральных сверл
3. Исследование конструкций фрез
4. Исследование конструкций протяжек
5. Изучение методов и средств количественной оценки износа режущего инструмента
6. Изучение конструкции фрезерного станка НО-800
7. Изучение конструкций технологического оборудования, предназначенного для обработки отверстий
8. Наладка токарно-револьверного автомата
9. Испытание и проверка станка на геометрическую точность
10. Определение элементов режима резания с использованием нормативно-справочной литературы
11. Устройство и наладка токарного настольного станка модели Т-28
12. Определение погрешностей базирования для вариантов установки деталей на плоскость и два цилиндрических отверстия
13. Определение погрешностей базирования для различных случаев установки цилиндрических заготовок на призмах
14. Исследование влияния величины наибольшего диаметального зазора между отверстием кондукторной втулки и сверлом на величину увода сверла
15. Исследование влияния усилия зажима на точность обработки детали
16. Проектирование контрольных приспособлений
17. Анализ точности станочного приспособления
18. Исследование влияния расположения базовых элементов контрольного приспособления на точность измерения
19. Исследование параметров электростатического приспособления

20. Установка и выверка заготовок при обработке в четырех кулачковом патроне
21. Исследование конструкции фрезерного приспособления
22. Исследование процесса и оборудования для разделения стеклянных пластин
23. Исследование процесса и оборудования для разблокировки оптических деталей
24. Устройство и работа механизма присоединения кристаллов установки монтажа кристаллов
25. Изучение устройства и компоновки установки монтажа кристаллов

Перечень тем курсовых проектов (работ)

1. Приспособление сверлильное
2. Приспособление фрезерное
3. Приспособление контрольное

Перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы студентов

1. Обработка резанием. Кинематические и геометрические параметры процесса резания. Главное движение резания и движение подачи.
2. Элементы режима резания и геометрические параметры срезаемого слоя.
3. Конструктивные и геометрические параметры режущих инструментов. Элементы рабочей части токарного резца.
4. Координатные плоскости. Их назначение. Определение.
5. Геометрия режущего лезвия. Углы, лежащие в координатных плоскостях.
6. Влияние углов режущей части инструмента на процесс резания.
7. Классификация режущего инструмента по конструкции и по виду обрабатываемых поверхностей. Их технологические возможности.

8. Инструментальные материалы. Требования, предъявляемые к ним.
12. Наростообразование при резании материалов. Влияние нароста на процесс резания.
13. Тепловые явления при резании. Основные зоны возникновения теплоты. Факторы, влияющие на температуру резания.
14. Сила и мощность резания. Составляющие силы резания. Факторы, влияющие на силу резания.
15. Изнашивание и стойкость инструмента. Виды износа режущих инструментов. Зависимость величины износа инструмента от времени его работы. Влияние износа на процесс резания.
16. Процессы, протекающие при изнашивании режущего инструмента. Период стойкости инструмента. Влияние скорости резания на интенсивность изнашивания.
17. Охлаждение и смазывание при резании. Требования, предъявляемые к смазочно-охлаждающим техническим средствам (СОТС). Их классификация.
Способы подвода СОЖ в зону резания. Влияние СОТС на процесс резания.
20. Инструмент, применяемый при обработке поверхностей тел вращения. Проходные, подрезные и расточные токарные резцы. Их виды.
21. Инструмент, применяемый при обработке поверхностей тел вращения. Фасонные, резьбовые и отрезные токарные резцы. Их виды.
23. Токарно-винторезные станки. Их компоновка. Виды выполняемых работ. Движения, осуществляющие процесс резания.
24. Токарно-револьверные станки. Назначение. Виды выполняемых работ. Движения, необходимые для осуществления процесса резания.
25. Токарные автоматы и полуавтоматы. Их классификация. Примеры.
26. Технологическое оборудование и инструмент, применяемые при обработке отверстий. Элементы срезаемого слоя и параметры режима резания при сверлении.

27. Конструктивные элементы и геометрические параметры спирального сверла.

29. Зенкеры и развертки. Назначение. Технологические возможности. Комбинированные инструменты и метчики.

31. Оборудование и инструмент, применяемые при фрезеровании. Элементы режима резания. Классификация фрез.

32. Конструктивные элементы и геометрические параметры фрез.

33. Станки фрезерной группы. Их классификация. Компоновка. Виды выполняемых работ.

34. Абразивная обработка. Особенности процесса шлифования. Абразивные материалы.

35. Зернистость и твердость абразивного инструмента. Применяемые связки. Структура шлифовального круга.

36. Типы абразивных инструментов. Классы точности и неуравновешенности шлифовальных кругов.

37. Шлифовальные станки. Их классификация. Их назначение. Схемы обработки.

41. Отделочные технологические процессы. Хонингование. Притирка. Суперфиниширование. Схема обработки.

44. Оборудование и инструмент, применяемые при обработке цилиндрических зубчатых колес. Их классификация.

45. Системы числового программного управления. Позиционные, прямоугольные и контурные системы ЧПУ.

46. Определение понятий «приспособление» и «вспомогательный инструмент». Задачи, решаемые с помощью приспособлений и требования, предъявляемые к ним.

47. Классификация приспособлений. Краткая характеристика различных систем приспособлений.

48. Станочные приспособления. Их классификация. Основные направления в проектировании станочных приспособлений.

49. Элементы конструкций станочных приспособлений. Их классификация и назначение.

50. Установка заготовок в приспособлении. Понятие о базах. Классификация баз. Основные определения.

51. Роль установочных элементов приспособления в базировании заготовок. Разновидности установочных элементов (опор), требования, предъявляемые к ним.

52. Принципы установки заготовок в приспособлениях. Типовые схемы установки и необходимое число опор в зависимости от точности размеров, координирующих положение обрабатываемой поверхности детали.

53. Правила выбора установочных баз.

54. Погрешности установки заготовок в приспособлении. Причины возникновения этих погрешностей и пути управления ими при конструировании приспособлений.

55. Установка заготовок по двум отверстиям и плоскости. Погрешности базирования.

56. Зажимные устройства приспособлений. Их классификация и назначение. Требования к ним.

57. Самоцентрирующие механизмы. Характеристика, классификация, назначение.

58. Полное и упрощенное базирование. Правило шести точек.

59. Силовые узлы приспособлений. Назначение, классификация, требования.

60. Правила выбора направления и точки приложения зажимной силы.

61. Делительные устройства приспособлений. Назначение и область применения. Особенности конструкций.

62. Корпусы приспособлений. Основные требования к ним. Разновидности корпусов.

63. Методика расчета станочного приспособления на точность. Погрешности приспособлений, их классификация и общая характеристика.

64. Типовые конструкции станочных приспособлений. Стандартизация и универсализация приспособлений и отдельных их узлов.

65. Специализированные и специальные приспособления. Особенности конструкций и области применения.

66. Клиноплунжерные механизмы. Расчет силы зажима в них.

67. Эксцентрикые зажимы. Расчет сил зажима в круговом эксцентрике.

68. Рычажные зажимы. Расчет сил зажима.

69. Пружинные зажимы. Расчет сил зажима.

70. Рычажно-шарнирные механизмы. Классификация. Расчет сил зажима.

71. Многократные зажимные механизмы. Классификация. Расчет сил зажима.

72. Магнитные и электромагнитные приводы. Особенности конструкции, область применения.

73. Мембранные самоцентрирующие механизмы.

74. Электроприводы. Разновидности. Характеристика, преимущества и недостатки.

75. Клиноплунжерные и клиношариковые самоцентрирующие механизмы.

76. Цанговые и гидропластовые механизмы. Расчет сил зажима, особенности конструкции.

77. Механизмы с упругодеформируемыми элементами. Разновидности и особенности конструкции.

78. Пневмо- и гидроприводы. Расчет сил зажима. Преимущества и недостатки. Область применения.

79. Элементы делительных устройств. Разновидности и особенности конструкции.

80. Электростатические приспособления. Расчет сил зажима. Преимущества и недостатки.

81. Клиновые механизмы. Разновидности. Расчет сил зажима.
82. Факторы, влияющие на точность делительных устройств. Расчет погрешностей деления. Пути повышения точности деления.
83. Центробежно-инерционные и вакуумные приводы. Область применения. Особенности конструкции.
84. Копиры. Область применения и требования, предъявляемые к ним: расчет копиров.
85. Методика расчета необходимых усилий зажима, удерживающих заготовку в процессе обработки. Схемы расчета.
86. Погрешности установки детали в приспособлении. Погрешности установки приспособлений на станках. Пути уменьшения этих погрешностей.
87. Реечно-зубчатые самоцентрирующие механизмы. Области применения. Особенности конструкции.
88. Приводы от движущихся частей станков и сил резания. Особенности конструкций. Области применения.
89. Особенности закрепления нежестких заготовок. Возможные способы.
90. Винтовые и спирально-реечные самоцентрирующие механизмы. Особенности конструкций. Области применения.
91. Многошпиндельные головки и насадки. Классификация. Особенности конструкций.
92. Кондукторные втулки. Область применения, технические требования к ним, разновидности конструкций. Расчет увода сверла.
93. Кондукторные плиты и способы их ориентации относительно установочных элементов приспособления.
94. Устройства для контроля положения инструмента: высотные и угловые установы, шаблоны, упоры. Расчет погрешностей настройки инструментов на размер.
95. Приспособления для крепления и фиксации режущего инструмента на станках. Особенности конструкций.

96. Условные обозначения установочных и зажимных элементов.

97. Методика конструирования специальных приспособлений. Исходные данные для конструирования. Порядок разработки чертежа общего вида приспособления. Экономический анализ вариантов конструкций станочных приспособлений.

98. Приспособления для повышения производительности универсальных станков. Разновидность. Область применения. Особенности конструкций.

99. Приспособления для расширения технологических возможностей станков. Область применения. Особенности конструкции. Назначение.

100. Приспособления для станков-автоматов и автоматических линий. Особенности конструкций отдельных элементов.

101. Сборочные приспособления. Разновидности, область применения, особенности конструкции, назначение.

102. Контрольные приспособления. Назначение, требования к ним.

Классификация контрольных приспособлений. Особенности конструкций отдельных элементов контрольных приспособлений.

103. Автоматизация и механизация контрольных операций. Особенности проектирования и эксплуатации контрольных приспособлений.

104. Типовые конструкции станочных приспособлений. Приспособления для сверлильных станков. Пример конструкций. Разновидности.

105. Приспособления для токарных и круглошлифовальных станков.

106. Приспособления для фрезерных станков.

107. Особенности приспособлений для станков с ЧПУ и требования, предъявляемые к ним.

108. Классификация систем приспособлений для станков с ЧПУ и область их рационального применения.

109. Приспособления для обработки заготовок с четырех и пяти сторон.

110. Назначение и классификация захватных устройств. Механические захватные устройства.

111. Широкодиапазонные центрирующие захватные устройства. Автоматизированные захватные устройства.

112. Магнитные вакуумные захватные устройства и устройства с эластичными камерами.

Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

– самостоятельная работа в виде решения индивидуальных задач в аудитории во время проведения практических занятий под контролем преподавателя в соответствии с расписанием;

– подготовка рефератов по индивидуальным темам, в том числе с использованием патентных материалов;

– подготовка курсовой работы по индивидуальным заданиям, в том числе разноуровневым заданиям.