

Белорусский национальный технический  
университет  
Приборостроительный факультет  
Кафедра «Лазерная техника  
и технология»



# Технология оптического приборостроения

Электронный учебно-методический комплекс

## РАЗДЕЛЫ ЭУМК

- |                           |                        |
|---------------------------|------------------------|
| 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ   | 2. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ |
| 4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ | 3. КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ     |

2013

## Перечень материалов

Курс лекций, лабораторный практикум, курсовое проектирование, программа курса, вопросы к экзамену.

## Пояснительная записка

### *Цели ЭУМК:*

ЭУМК предназначен для самостоятельного изучения дисциплины «Технология оптического приборостроения» студентами приборостроительных специальностей. ЭУМК может быть использован преподавателями сходных дисциплин для подготовки к лекциям и организации лабораторных и практических занятий.

### *Особенности структурирования и подачи учебного материала:*

В состав ЭУМК входят следующие разделы: теоретический (конспект лекций), практический (лабораторный практикум и курсовое проектирование), контроля знаний (перечень экзаменационных вопросов), вспомогательный (выдержки из учебно-программной документации).

Файлы ЭУМК находятся на CD-диске и могут использоваться непосредственно с диска или после копирования на другие носители.

### *Рекомендации по организации работы с УМК (ЭУМК):*

Рекомендуется изучить теоретический раздел по темам практических занятий, затем переходить к выполнению практического раздела, выполнению курсового проекта и изучить вопросы к экзамену из раздела контроля знаний.

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

## Содержание

|   |    |
|---|----|
| ЧАСТЬ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТОДАХ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ МЕТАЛЛА И ПЛАСТМАСС .....  | 7  |
| 1. ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛЕЙ ПРИБО-<br>РОВ .....                 | 7  |
| 1.1. Общая характеристика материалов, применяемых<br>в приборостроении .....      | 7  |
| 1.2. Особенности процесса штамповки и конструкции штампов .....                   | 7  |
| 1.3. Прессование и конструкции пресс-форм .....                                   | 10 |
| 2. ПРОЦЕСС РЕЗАНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ РЕЖУЩИХ<br>ИНСТРУМЕНТОВ.....                   | 13 |
| 2.1. Методы обработки резанием .....  | 13 |
| 2.2. Движения рабочих органов станка и элементы режима резания .....              | 14 |
| 2.3. Конструктивные элементы инструментов .....                                   | 16 |
| 2.4. Классификация инструментов .....   | 17 |
| 2.5. Инструментальные материалы .....   | 19 |
| 3. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СТАНКАХ .....  | 20 |
| 3.1. Классификация металлорежущих станков .....                                   | 20 |
| 3.2. Типы приводов и передач станков. Кинематические схемы<br>и цепи.....         | 21 |
| 4. ОСНОВЫ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ МЕТАЛЛОВ .....   | 22 |
| 4.1. Общие понятия о процессе резания .....                                       | 22 |
| 4.2. Процесс образования стружки и ее типы .....                                  | 23 |
| 4.3. Образование нароста при резании .....  | 24 |
| 4.4. Вибрация при резании материалов .....  | 25 |
| 5. ТОЧЕНИЕ .....  | 26 |
| 5.1. Разновидности обработки и режимы резания при точении .....                   | 26 |
| 5.2. Классификация резцов общего назначения .....                                 | 26 |
| 5.3. Общие сведения о токарных станках .....                                      | 27 |
| 5.4. Обработка эксцентриковых деталей .....                                       | 28 |
| 6. СТРОГАНИЕ, ДОЛБЛЕНИЕ, ОПИЛИВАНИЕ .....   | 29 |
| 6.1. Особенности обработки строганием и долблением .....                          | 29 |
| 6.2. Опиливание. Слесарные инструменты .....                                      | 30 |
| 7. СВЕРЛЕНИЕ И РАЗВЕРТЫВАНИЕ .....  | 31 |
| 7.1. Устройства для крепления осевых инструментов .....                           | 31 |
| 7.2. Типы, геометрические параметры и конструктивные элементы<br>сверл.....       | 33 |
| 7.3. Конструкции разверток .....  | 34 |
| 7.4. Особенности инструментов для станков с ЧПУ и автоматических ли-<br>ний ..... | 35 |
| 8. ПРОТЯГИВАНИЕ, ПРОШИВАНИЕ И ФРЕЗЕРОВАНИЕ.....                                   | 36 |

|  |    |
|--|----|
| 8.1. Обработка внутренних и наружных поверхностей протягиванием и прошиванием .....    | 36 |
| 8.2. Виды и особенности процесса фрезерования .....                                    | 37 |
| 9. РЕЗЬБООБРАЗОВАНИЕ И АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА .....                                      | 39 |
| 9.1. Способы получения резьб и применяемые инструменты.....                            | 39 |
| 9.2. Абразивная обработка .....  | 40 |
| 10. ОБРАБОТКА РЕЗАНИЕМ ПЛАСТМАСС .....   | 42 |
| 10.1. Физические основы резания пластмасс .....  | 42 |
| 10.2. Обработка пластмасс резанием лезвийными инструментами .....                      | 43 |
| 10.2.1. Разрезка и точение пластмасс .....   | 43 |
| 10.2.2. Обработка пластмасс фрезерованием .....  | 43 |
| 10.2.3. Сверление отверстий и нарезание резьбы в пластмассовых<br>деталях.....         | 44 |
| 11. ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКАЯ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ РАЗМЕРНАЯ<br>ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ .....      | 45 |
| 11.1. Электроэрозионная обработка .....  | 45 |
| 11.2. Ультразвуковая обработка .....   | 47 |
| 11.3. Электрохимическая обработка (ЭХО) .....  | 48 |
| ЧАСТЬ 2. ОБРАБОТКА ТИПОВЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ ОП....                                 | 49 |
| 12. ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ.....  | 49 |
| 12.1. Конструктивно-технологическая характеристика .....                               | 49 |
| 12.2. Изготовление заготовок корпусных деталей .....                                   | 50 |
| 12.3. Механическая обработка корпусных деталей .....                                   | 51 |
| 12.4. Стабилизирующая термическая обработка корпусных деталей .....                    | 52 |
| 12.5. Контроль корпусных деталей .....   | 52 |
| 12.5.1. Контроль механическими методами .....  | 52 |
| 12.5.2. Контроль оптическими методами .....  | 55 |
| 13. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОПРАВ, КОЛЕЦ И ТУБУСОВ .....  | 58 |
| 13.1. Конструктивно-технологическая характеристика деталей .....                       | 58 |
| 13.2. ТТП изготовления оправ, колец и тубусов .....                                    | 60 |
| 13.3. Проектирование операций обработки оправ на токарно-револьверных<br>станках ..... | 61 |
| 13.4. Окончательная токарная обработка оправ и тубусов .....                           | 63 |
| 13.5. Обработка вспомогательных поверхностей .....                                     | 64 |
| 13.6. Обработка окулярной резьбы .....   | 65 |
| 13.7. Особенности обработки корпусов-труб .....  | 67 |
| 13.8. Контроль оправ и тубусов .....   | 68 |
| 14. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И РЕЕК.....  | 71 |
| 14.1. Методы нарезания зубьев зубчатых колес .....                                     | 71 |
| 14.2. Получение зубчатых колес литьем, холодной штамповкой и накатыванием .....        | 72 |
| 14.3. Чистовая обработка цилиндрических зубчатых колес и термообработка .....          | 73 |
| 14.4. Зубчатые колеса из пластмасс .....   | 74 |

|  |     |
|--|-----|
| 14.5. Изготовление зубчатых реек ..... | 75  |
| Л и т е р а т у р а .....              | 196 |

# Часть 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТОДАХ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ МЕТАЛЛА И ПЛАСТМАСС

## Глава 1. ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛЕЙ ПРИБОРОВ

### 1.1. Общая характеристика материалов, применяемых в приборостроении

Детали приборов в зависимости от назначения изготавливают из черных и цветных металлов и их сплавов, а также из пластмасс и стекла.

Алюминиевые сплавы используют для производства каркасов и обшивок приборов и для изготовления деталей из отливок. Из сплавов цинка делают детали, работающие на трение, а из магниевых — детали с высокой демпфирующей способностью и звукопроводностью.

Широкое использование в приборостроительной промышленности находят минералокерамические детали типа плат, втулок, изготовленные из глинозема ( $Al_2O_3$ ).

Используемые в приборостроении стекла бывают промышленные, технические и оптические. Первые два из них состоят в основном из трех компонентов. Оптические стекла наиболее сложные, они содержат до десяти компонентов. Большое распространение получают ситаллы. Структура ситаллов — ориентированные микроскопические кристаллы стекла, сцементированные аморфным стеклом. Ситаллы термически и химически устойчивы и обладают высокой механической прочностью.

В приборостроении находят также применение стекла, меняющие цвет в зависимости от освещения.

### 1.2. Особенности процесса штамповки и конструкции штампов

Штамповка представляет собой холодную обработку давлением. При этом получают как готовые детали, так и заготовки (полуфабрикат) под последующую обработку резанием.

Штамповка осуществляется на прессах различной конструкции.

Основными разновидностями штамповки являются прокатка (рис. 1.1, а), прессование (рис. 1.1, б), волочение (рис. 1.1, в), ковка (рис. 1.1, г), листовая (рис. 1.1, д) и объемная (рис. 1.1, е) штамповки.

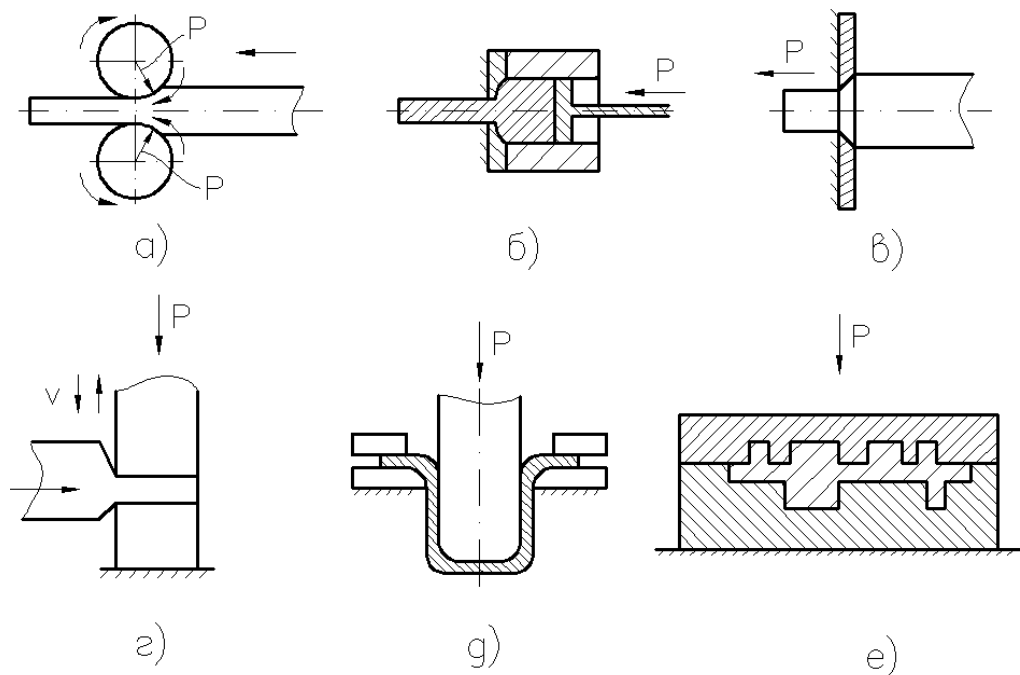


Рис. 1.1

Штампы, используемые при холодной штамповке, классифицируются по массе, а также по технологическому, конструктивному и эксплуатационному признакам. Штампы по массе разделяются на пять групп: мелкие (до 30 кг), малые (до 70 кг), средние (до 200 кг), крупные (до 500 кг) и особо крупные (до 5000 кг).

По технологическому признаку штампы подразделяются на: штампы деформирования с разделением материала (отрезка, вырубка, пробивка, обрезка и др.), штампы пластического деформирования без разделения материалов (гибка, вытяжка, формовка и др.) и комбинированные штампы.

По конструктивному признаку штампы бывают без направляющих и с направляющими устройствами. Штампы без направляющих устройств более просты в изготовлении, имеют сравнительно небольшую массу и габаритные размеры, но неудобны при установке их на прессе и небезопасны в эксплуатации. Эти штампы применяются, в основном, в мелкосерийном производстве. Штампы с направляющими устройствами более надежны в эксплуатации, широко применяются в серийном и массовом производствах.

По степени совмещения операций (эксплуатационный признак) штампы бывают простые, выполняющие только одну операцию, и комбинированные, производящие по две и более операции. Комбинированные штампы в свою очередь различаются по характеру совмещения операций на штампы последовательного, совмещенного и последовательно-совмещенного действий. У штампов последовательного действия изготовление детали производится за несколько переходов под различными пуансонами при последовательном перемещении штампуемой заготовки. У штампов совмещенного действия получение детали осуществляется за один ход пресса концентрично расположенными пуансонами при неизменном положении заготовки. У штампов по-

следовательно–совмещенного действия изготовление детали происходит путем сочетания последовательной и совмещенной штамповок.

Наиболее ответственными элементами штампов для холодной штамповки являются матрица 6 (рис. 1.2) и пуансон 7, которые закрепляются соответственно на нижней плите 5 и в пуансонодержателе 9 штампа. Для правильного направления перемещения пуансона при работе штампа служат направляющие втулки 3 и колонки 4, крепление которых производится соответственно в верхней 1 и в нижней 5 плитах. Верхнюю часть штампа закрепляют в ползуне прессы (не показан) с помощью хвостовика 2. Для установки штампуемой заготовки на матрице предусмотрена специальная рамка 8 с фиксаторами, а для снятия детали имеется съемник 10.

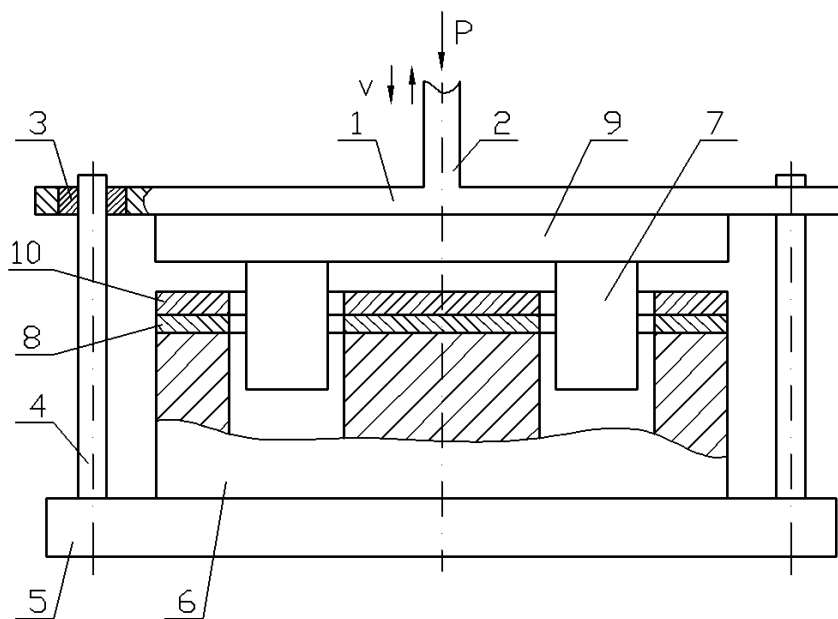


Рис. 1.2

Применяются также следующие высокоэнергетические методы штамповки: давлением ударной волны при взрыве взрывчатых веществ в воде (взрывная штамповка); действием высоковольтного электрического разряда в жидкости (электрогидравлическая штамповка); импульсами магнитного поля высокой напряженности (магнитно-импульсная штамповка).



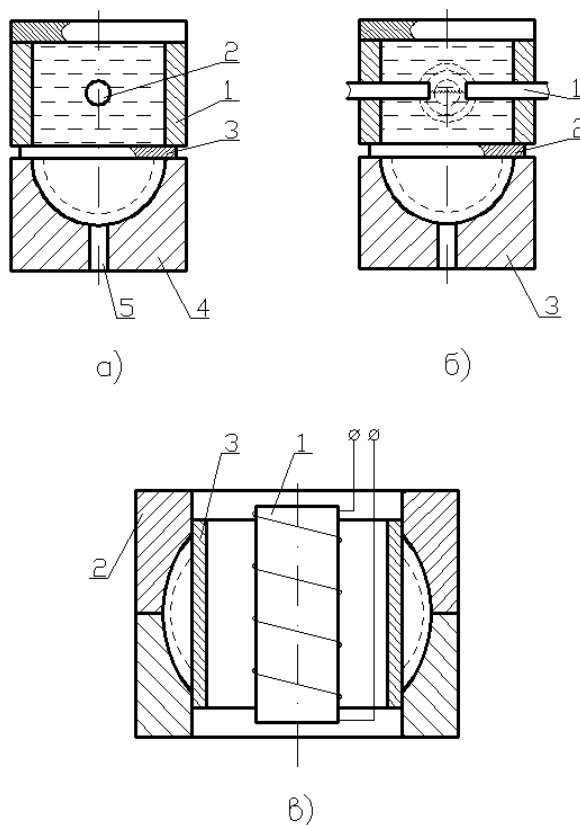


Рис.1.3

Взрывная штамповка основана на деформации листовой заготовки 3 (рис. 1.3, а) давлением ударной волны, образующейся при взрыве взрывчатых веществ 2 в баке 1 с водой. Штампы для взрывной штамповки представляют собой матрицу 4, имеющую рабочую полость соответствующей формы с отверстием 5 для удаления воздуха.

При электрогидравлической штамповке энергия, необходимая для электрического разряда, накапливается в высоковольтной батарее. За счет этой энергии между электродами 1 (рис. 1.3, б) создается разряд длительностью 0,00004 с, вызывающий появление ударной волны в жидкости, которая деформирует заготовку 2, заставляя ее принять форму матрицы 3.

Сущность штамповки импульсным магнитным полем заключается в следующем: при импульсном разряде электрического тока высокого напряжения на катушку 1 (рис. 1.3, в) в ней образуется мощное магнитное поле, которое воздействует на заготовку 3. Возникающие на поверхности заготовки вихревые токи образуют свое магнитное поле, которое, взаимодействуя с первичным полем, вызывает эффект «отталкивания» заготовки от витков катушки. Заготовка деформируется, принимая профиль матрицы 2.

### 1.3. Прессование и конструкции пресс-форм

Прессование относится к горячей обработке и является одним из наиболее экономичных способов получения заготовок и деталей приборов. Оно осуществляется в пресс-формах различной конструкции, которые устанавливают на гидравлических прессах и машинах литья под давлением. Прессы-

формы обычно снабжены электрическими терморегуляторами, автоматически поддерживающими заданную температуру.

Процесс изготовления детали при прессовании включает следующие переходы: смыкание пресс-формы; подпрессовка, т.е. кратковременное раскрытие пресс-формы для выпуска газов, образующихся при нагреве пластмассы; повторное смыкание пресс-формы и выдержка под давлением; раскрытие пресс-формы и выталкивание отпрессованных изделий.

Прессованием можно получать детали из пластмасс, резины, легкоплавких металлов и сплавов, порошкообразной фарфоровой, металлической и керамической масс и т. д.

Пресс-формы классифицируются по технологическому и эксплуатационному признакам.

По технологическому признаку пресс-формы подразделяются на три основные группы: прямого прессования, литьевого прессования, литья под давлением. Первые две предназначены для прессования деталей из реактопластов, третья – из термопластов. Когда изделия из реактопластов извлекаются из пресс-форм, последние обычно не охлаждаются, а для получения изделий из термопластичных материалов пресс-формы частично охлаждаются для застывания изделия.

По эксплуатационному признаку различают пресс-формы стационарные, полустационарные и съемные. Части стационарных пресс-форм при их работе прикрепляются неподвижно к ползуну и столу пресса, а съемные пресс-формы после запрессовки снимаются для извлечения из них готовых изделий.

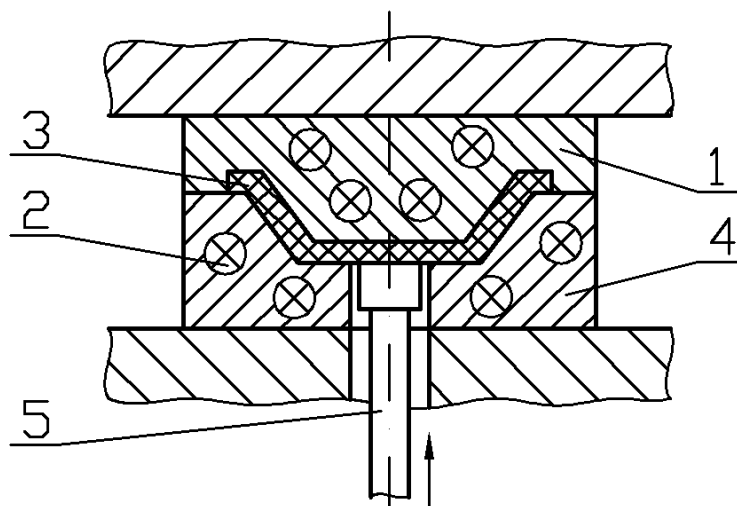


Рис. 1.4

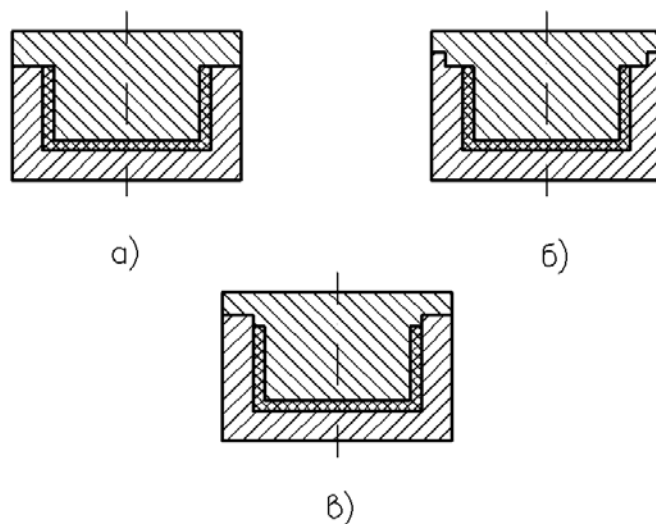


Рис. 1.5

Стационарные пресс-формы, как более производительные и удобные в работе, эксплуатируются в автоматическом и полуавтоматическом режимах, а поэтому применяются в крупносерийном производстве. Плиты 1 и 4 стационарных пресс-форм (рис. 1.4) оснащаются системой обогрева 2. Удаление из пресс-формы готовых изделий 3 производится с помощью выталкивателя (штока) 5.

Полустационарные пресс-формы, хотя и закрепляются на прессе, однако при их разьеме снимается кассета, из которой извлекаются изделия. Полу-стационарная пресс-форма может использоваться для изготовления нескольких различных изделий. В таких случаях применяются съемные элементы (вкладыши или кассеты) с унифицированными посадочными местами. Такая универсальность особенно выгодна при мелкосерийном производстве, поскольку для перехода на новое изделие достаточно изготовить сменный оформляющий вкладыш.

Пресс-формы классифицируются также по направлению плоскости разьема и по конструкции загрузочной камеры. Они бывают с вертикальной и горизонтальной плоскостями разьема, а по конструкции - открытого, закрытого и полужакрытого типов. Пресс-формы открытого типа (рис. 1.5, а) не имеют специальной загрузочной камеры. Перед началом прессования материал за-гружается в оформляющую полость нижней части формы, лишний материал вытекает по плоскости стыка обеих частей пресс-формы. В пресс-формах за-крытого типа (рис. 1.5, б) загрузочная камера является продолжением оформляющей полости. Более широко применяются пресс-формы полуза-крытого типа (рис. 1.5, в), загрузочная камера которых имеет простую форму, излишки материалов при прессовании вытекают, как и во втором случае, по каналам, предусмотренным в обеих частях формы.

Точность изготовления пластмассовых изделий зависит от точности оформляющих деталей пресс-формы. Допуски на изготовление этих деталей принимаются более жесткими, чем допуск на пластмассовое изделие. Рабо-чие детали пресс-форм испытывают большие механические нагрузки и

нагреваются до 200°C, а поэтому подвергаются интенсивному истиранию и коррозии, особенно при переработке пластмасс с наполнителем, что необходимо учитывать при конструировании пресс-форм.

Для предотвращения прилипания прессуемой пластмассы некоторых марок к стенкам пресс-форм и повышения износостойкости последних необходимо подвергать их полированию и электролитическому хромированию.

## Глава 2. ПРОЦЕСС РЕЗАНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

### 2.1. Методы обработки резанием

При изготовлении деталей приборов широко применяется обработка материалов резанием, когда режущим инструментом с заготовки срезается слой материала для получения требуемых геометрической формы, точности размеров и шероховатости поверхности детали. На рис. 2.1 дана классификация методов обработки материалов резанием на металлорежущих станках и вручную.

Полирование – преимущественно безразмерная обработка, представляющая собой высокоточную отделку поверхностей.

Притирка (доводка) – высокоточная размерная обработка поверхностей. Притиркой достигают 11-13-го классов чистоты поверхности и 6-го и ниже классов точности, выдерживаются допуски диаметральных размеров до  $\pm 0,5$  мкм, непараллельность плоскостей до  $\pm 1,0$  мкм, а при особо тонкой доводке (плоскопараллельные плиты) – до 0,05 мкм.

Наиболее часто применяют ручную и машинно-ручную притирку.

Ручную притирку назначают обычно при изготовлении измерительных инструментов, ее выполняют на притирочных плитах.

Машинно-ручную притирку производят на станках, вращающих притиры или детали, все остальные движения выполняют вручную. Притиры для этого вида притирки изготавливают в виде раздвижных колец, пробок и брусков.

Хонингование – точная обработка отверстий с помощью мелкозернистых абразивных кругов, закрепленных на хонинговальной головке, совершающей вращательное и возвратно-поступательное движения вдоль оси.

При хонинговании в резании участвует большое количество абразивных зерен, что обеспечивает высокую производительность, низкие давление и температуру в зоне резания (50-150°C) и, как следствие, сохранение исходной структуры поверхностного слоя.

Хонингование почти не изменяет первоначального положения оси отверстия, так как режущий инструмент самоустанавливается по обрабатываемому отверстию, что достигается шарнирным креплением инструмента.

Суперфиниширование (виброшлифование) – доводочная операция, выполняемая вибрирующими абразивными инструментами (брусками) для уда-

ления микронеровностей на наружных поверхностях деталей. Достигаются наивысшие точность (5-й квалитет и ниже) и чистота поверхности.

Шевингование – чистовая обработка зубчатых колес. При шевинговании зубьев инструментом является шевер, представляющий собой зубчатое колесо или зубчатую рейку, у которых для образования режущих кромок зубья прорезаны поперечными канавками. Шевер скоблит металл, снимая тончайшую стружку. При шевинговании прямозубых колес применяют косо-зубые шеверы, а при шевинговании косозубых колес – прямозубые шеверы. Оси шевингуемого колеса и шевера устанавливают под углом скрещивания, в результате чего инструмент и деталь находятся в точечном контакте.

## 2.2. Движения рабочих органов станка и элементы режима резания

При обработке деталей резанием заготовка и режущий инструмент перемещаются относительно друг друга и инструмент снимает стружку с поверхности заготовки. Для этой цели каждый металлорежущий станок имеет рабочие органы (шпиндель, суппорт, заднюю бабку, стол и т. д.), которым сообщаются следующие движения: резания, установочные и вспомогательные.

Движения, при которых с обрабатываемой заготовки срезается слой металла, называются движениями резания (главное движение). К ним относятся главное движение и движение подачи. По виду эти движения могут быть непрерывными и прерывистыми, а по характеру — вращательными, поступательными, возвратно-поступательными и т. д.

Движения рабочих органов станка, обеспечивающие такое положение инструмента относительно заготовки, при котором с нее срезается слой материала определенной толщины, называют установочными.

Движения рабочих органов станка, которые не относятся к процессу резания, а служат для перемещения (транспортировки) и закрепления заготовки или инструмента, быстрых перемещений рабочих органов, изменения частоты вращения и подачи, называют вспомогательными.

Элементами режима резания являются скорость резания  $v$  (м/мин), подача  $s$  (мм/об) и глубина резания  $t$  (мм) (рис. 5.2).

Если главное движение вращательное (обработка на токарном станке), то скорость резания определяется по формуле:

$$v = \pi D_{\text{зад}} n / 1000,$$

где  $D_{заг}$  – наибольший диаметр обрабатываемой поверхности заготовки, мм;  $n$  – частота вращения заготовки, об/мин.

Если главное движение возвратно-поступательное, то

$$v = \frac{Lm}{1000} \left( \frac{v_p}{v_x} + 1 \right),$$

где  $L$  – расчетная длина хода инструмента, мм;  $m$  – число двойных ходов инструмента в минуту;  $v_p/v_x$  – отношение скоростей рабочего и холостого хода.

Подача  $s$  – путь инструмента относительно заготовки за один оборот последней.

Глубина резания  $t$  – это расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями заготовки, измеренное перпендикулярно к последней. При точении  $t = (D_{заг} - d)/2$ , где  $d$  – диаметр обработанной цилиндрической поверхности, мм.

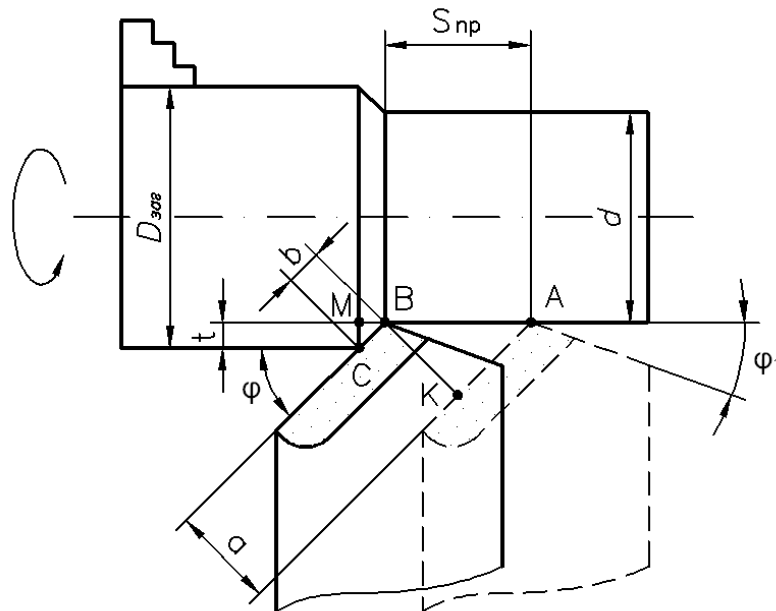


Рис. 5.2

При рассмотрении процесса резания материалов используются понятия толщины  $a$  и ширины  $b$  срезаемого слоя материала. Толщина срезаемого слоя  $a$  – расстояние, измеренное по нормали к поверхности резания между двумя последовательными положениями инструмента за время одного оборота заготовки (рис. 2.2). Ширина срезаемого слоя  $b$  – расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями, измеренное по поверхности резания.

Рассматривая прямоугольные треугольники  $ABK$  и  $BСM$  (рис. 2.2), можно найти соотношения между толщиной среза  $a$  и подачей  $s$ , а также между  $b$  и  $t$ :

$$a = s_{np} \sin \varphi \quad \text{и} \quad b = t / \sin \varphi,$$

где  $\varphi$  – главный угол в плане резца.

### 2.3. Конструктивные элементы инструментов

Все режущие инструменты можно подразделить на три класса: призматические, хвостовые, насадные. На рис. 2.3 в качестве примера приведены представители указанных классов инструментов: проходной резец (рис.2.3, а), сверло (рис.2.3, б) и дисковая фреза (рис.2.3, в). Указанные инструменты, несмотря на конструктивные отличительные особенности, имеют общие составные части. Каждый из инструментов содержит рабочую часть, снабженную одним или несколькими режущими лезвиями. Рабочая часть в свою очередь состоит из двух элементов: режущего, которым осуществляется снятие стружки, и направляющего, служащего для зачистки обработанной поверхности и направления инструмента в процессе резания.

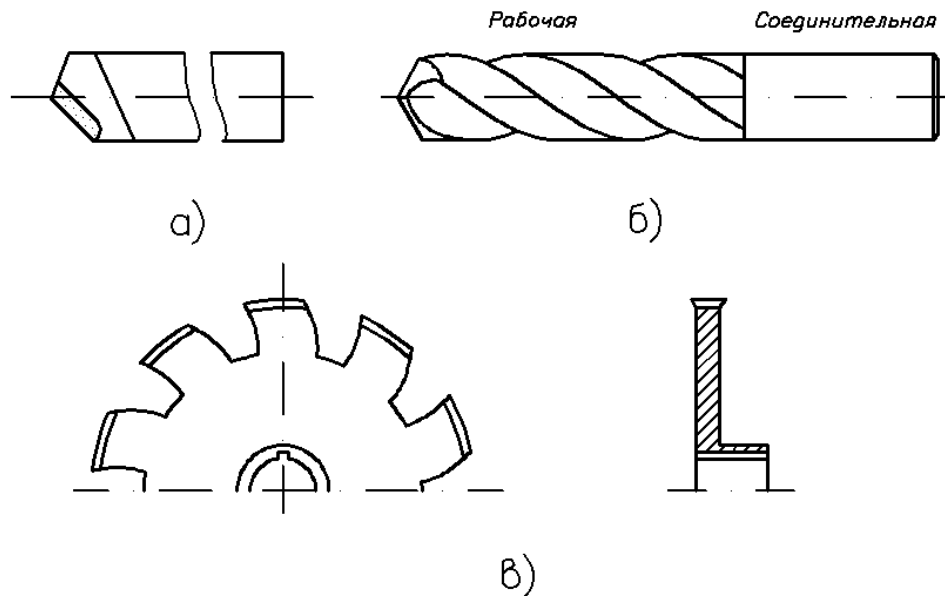


Рис. 2.3

Другая часть инструмента является соединительной: у резца – это державка, у сверла – цилиндрический или конический хвостовик, а у дисковой фрезы – цилиндрическое отверстие. Соединительные части инструментов предназначены для закрепления их на станке и передачи крутящего момента резания.

Закрепление инструментов на станках осуществляется в резцедержателях, с помощью цанговых и сверлильных патронов, переходных втулок, оправок, быстросменных державок и других устройств.

Многолезвийные инструменты (сверла, развертки, фрезы, протяжки, метчики и т.д.) имеют зубья в виде режущего клина и те же конструктивные элементы, что и обычный резец.

Рассмотрим конструктивные элементы многолезвийных инструментов на примере проходного резца (рис.2.4), который состоит из головки I и державки II. Последняя имеет сечение квадратной, прямоугольной или круглой формы и служит для закрепления резца в резцедержателе станка.

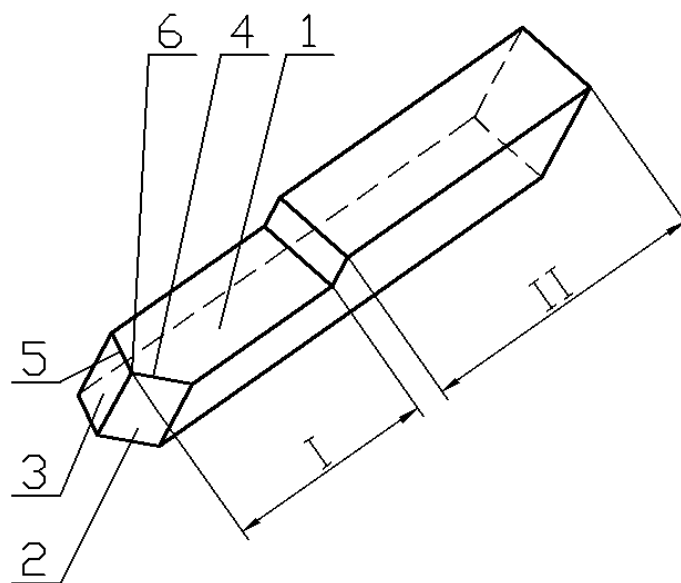


Рис.2.4

1 – передняя поверхность; 2 – главная задняя поверхность; 3 - вспомогательная задняя поверхность; 4 – главное режущее лезвие; 5 – вспомогательное режущее лезвие; 6 – вершина резца

Головка резца выполняет работу резания. Ее элементами являются передняя поверхность 1, служащая для схода стружки, главная задняя поверхность 2, вспомогательная задняя поверхность 3, главное режущее лезвие 4, вспомогательное режущее лезвие 5, вершина резца 6.

Указанные элементы присущи не только резцам, но и всем другим одно- и многолезвийным режущим инструментам, зубья которых в сечении имеют форму клина.

## 2.4. Классификация инструментов

Режущие инструменты подразделяются по конструкции и по виду обрабатываемых поверхностей.

По конструкции инструменты классифицируются на следующие подгруппы:

1. Резцы общего назначения и фасонные для различных работ на токарных и строгальных станках.
2. Сверла для получения и рассверливания отверстий.
3. Зенкеры для увеличения диаметра отверстий (снятия фаски) и получения фасонных отверстий.
4. Развертки для чистовой обработки отверстий.



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

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

7. Фрезы общего назначения и специальные (борфрезы, гравировальные, червячные и др.), представляющие собой тела вращения с множеством зубьев на образующей.

8. Метчики для получения резьбы в отверстиях.

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

10. Долбяки для зубодолбления зубчатых колес, шлицев валов и т. д.

11. Шеверы для чистовой обработки колес малых модулей ( $m < 3 - 4$  мм) методом «скобления».

12. Комбинированные инструменты, представляющие 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 связанных порошкообразных материалов, используемые в виде кругов, брусков, а также порошок и отдельные крупные зерна или кристаллы для чистовой обработки деталей.

По видам обрабатываемых поверхностей различают режущие инструменты: 1) для обработки плоскостей, а также наружных фасонных и цилиндрических поверхностей тел вращения (резцы, фрезы, протяжки, напильники, шлифовальные круги и т. д.); 2) для обработки отверстий (сверла, расточные резцы, зенкеры, развертки, протяжки и т. д.); 3) для получения резьбы (резьбовые фрезы и резцы, метчики, резьбонарезные и резьбонакатные плашки и головки, накатные ролики и т. д.); 4) для обработки поверхностей зубьев колес или шлицевых валов. В частности, для обработки цилиндрических зубчатых колес методом копирования применяются дисковые фрезы, а методом обкатки — червячные фрезы, долбяки, обкаточные резцы, шеверы и шлифовальные круги. Конические прямозубые колеса нарезают зубострогальными резцами, фрезами и протяжками.

Кроме того, инструменты подразделяются на цельные и составные (с неподвижным присоединением режущих пластинок и с механическим их креплением), а также (по виду закрепления на станке) на хвостовые, насадные и призматические. Различают, кроме того, стандартные и специальные инструменты.

## 2.5. Инструментальные материалы

Применяемые инструментальные материалы подразделяются на следующие группы: 1) инструментальные стали (углеродистая и легированная); 2) быстрорежущая сталь; 3) твердый спеченный сплав; 4) минералокерамика и керметы; 5) синтетические сверхтвердые материалы (абразивы, алмаз, эльбор, рубин, лейкосапфир).

1'). Углеродистые инструментальные стали — это высококачественные стали марок У7А—У13А с содержанием углерода 0,7—1,3%, примесей серы — до 0,02% и фосфора — до 0,03 %. Применяются углеродистые стали сравнительно редко и главным образом для инструментов, работающих при скоростях резания до 3—5 м/мин.

Теплостойкость углеродистых инструментальных сталей может быть повышена с 200 до 250—350 °С за счет введения в их состав хрома, ванадия, молибдена, марганца, кремния и особенно вольфрама. Допускаемая скорость резания инструментов из этих сталей — 10—15 м/мин.

Легированные инструментальные стали подразделяются на стали неглубокой и глубокой прокаливаемости. К сталям первой подгруппы относятся вольфрамовая В1 и хромовольфрамовая (алмазная) ХВ5 стали, которые иногда применяются для изготовления мерительного инструмента, метчиков и разверток. Вследствие повышенной твердости (HRC 72) алмазная сталь может рекомендоваться для изготовления инструмента, применяемого при обработке твердых материалов с низкими скоростями резания.

Из сталей второй подгруппы (глубокой прокаливаемости) для изготовления режущего инструмента применяются хромокремнистая 9ХС и хромовольфрамомарганцовистая ХВГ, а высокохромистые стали Х12, Х12Ф1 и Х12ТФ используют для изготовления накатного инструмента и рабочих деталей штампов и пресс-форм.

2'). Быстрорежущие стали повышенной производительности содержат кобальт и ванадий. Они применяются при обработке жаропрочных сталей и сплавов. Повышение стойкости быстрорежущих сталей некоторых марок обеспечивается за счет насыщения их азотом (0,06 — 0,09 %).

3'). Значительное повышение стойкости твердых спеченных сплавов (почти в 3 раза) обеспечивается за счет покрытия их слоем карбидов TiC и нитридов TiN титана толщиной в 5 мкм.

4'). Обычная минералокерамика ЦМ332 состоит из окиси алюминия  $Al_2O_3$  и окиси магния MgO. Ее теплостойкость 1200°С. Прочность инструментов из минералокерамики повышают покрытием их окисью меди или железа.

Получила применение белая керамика ВШ, состоящая из окиси алюминия. Она используется при обработке чугуна и бронзы. Хорошо зарекомендовала себя черная керамика марки В-3 (60%  $Al_2O_3$  + 40% карбидов тугоплавких металлов) при чистовом точении стали и высокопрочного чугуна.

Керметы являются улучшенной разновидностью минералокерамики и состоят из окиси алюминия  $Al_2O_3$  и карбидов вольфрама и молибдена.

5'). При чистовой обработке черных металлов применяют лейкосапфир, а цветных металлов — рубин или электрокорунд ( $Al_2O_3$ —97,8 %,  $Cr_2O_3$  — 2,2 %). При чистовой обработке закаленных стальных и неметаллических изделий (например, из керамики) используют лезвийные инструменты, оснащенные кристаллами эльбора и алмаза.

## Глава 3. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СТАНКАХ

### 3.1. Классификация металлорежущих станков

В зависимости от характера производимых работ и применяемых режущих инструментов металлообрабатывающие станки подразделяются на 10 групп (табл. 3.1). Каждая из этих групп разбивается на десять типов. Нулевая группа и нулевой тип станков являются резервными.

Такая классификация позволяет присваивать каждому станку серийного производства индекс – условное обозначение типа и модели. Индекс состоит из числа, первая цифра которого указывает группу, вторая – тип станка в пределах данной группы, третья и четвертая – характеризуют один из размеров станка или обрабатываемой детали. Прописная буква после первой цифры указывает на модернизацию (расширение технических возможностей) станка. Буква, стоящая после всех цифр, обозначает модификацию (видоизменение) базовой модели станка. Например, расшифруем обозначение станка мод. 3740. Цифра 3 означает, что станок относится к группе шлифовальных; цифра 7 указывает его тип – плоскошлифовальный с круглым столом; последние две цифры обозначают диаметр стола – 400 мм. Станок мод. 2135: цифра 2 означает, что станок второй группы (сверлильный), цифра 1 – вертикальный, 35 – максимально допустимый диаметр сверления в стали средней прочности. Модель 2Н135 – модернизированный станок.

Для обозначения моделей специализированных и специальных станков каждому станкостроительному заводу присвоен индекс из одной или двух букв. К этим буквам добавляется число, указывающее порядковый номер выпускаемого специального станка (например, МА - Минский завод автоматических линий; МП - Минский станкостроительный завод им. Кирова; МК - московский станкостроительный завод «Красный пролетарий» и др.).

По степени универсальности и специализации различают станки: 1) универсальные, или общего назначения, на которых выполняются различные операции по обработке деталей (токарно-винторезные, револьверные и др.); 2) специализированные - для обработки деталей, сходных по конфигурации, но имеющих различные размеры; 3) специальные - для обработки одной детали или деталей одного типоразмера.

В зависимости от массы металлорежущие станки делят на категории: легкие – до 1 т, средние – до 10 т, тяжелые – свыше 10 т, а последние в свою очередь – на крупные – 10-30 т, собственно тяжелые – 30-100 т и особо тяжелые (уникальные) – более 100 т.

По степени точности различают классы станков: нормальной точности – Н; повышенной точности – П; высокой точности – В (прецизионные); особо высокой точности – А и особо точные – С («мастер»-станки, изготавливаемые индивидуально).

Станки с программным управлением могут быть с системами циклового программного управления (ЦПУ) или с системами числового программного управления (ЧПУ).

Для оценки качества станка пользуются системой технико-экономических показателей. К числу таких показателей относятся: производительность, точность обработки, степень автоматизации, технологичность, металлоемкость, занимаемая площадь, стоимость.

### 3.2. Типы приводов и передач станков. Кинематические схемы и цепи

Приводом станка называется совокупность устройств, получающих энергию извне и сообщающих движение рабочим органам станка. 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 следующих типов: с приставным, фланцевым и встроенным электродвигателем. В настоящее время широкое распространение получили асинхронные электродвигатели. Применяются также электродвигатели постоянного тока и шаговые.

Применение нескольких электродвигателей позволяет упростить кинематическую схему, упрощает механическую часть привода станка и открывает возможность простыми средствами автоматизировать его работу. Приводы бывают со ступенчатым и бесступенчатым регулированием частоты вращения шпинделя и подачи. Приводы со ступенчатым регулированием выполняются в виде коробок передач, они просты по конструкции и надежны в эксплуатации, однако не всегда позволяют получить оптимальные режимы резания.

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

Кинематическая схема станка – условное изображение в одной плоскости всех механизмов станка в их совокупности.

Кинематической цепью называется совокупность звеньев станка, расположенных в определенной последовательности и предназначенных для передачи движения (рис. 3.1).

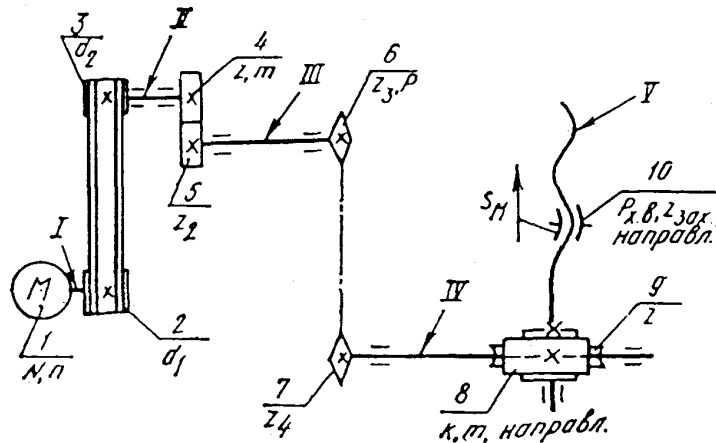


Рис.3.1. Пример кинематической цепи

Кроме условного изображения передач, на схеме кинематической цепи указываются число зубьев звездочек  $z_3, z_4$ , зубчатых  $z_1, z_2$  и червячных  $z$  колес и их модуль  $m$ , число заходов червяков  $k$  и винтов  $z_{\text{зах}}$ , шаг винтов  $P_{\text{х.в.}}$  и направление резьбы, диаметры шкивов  $d_1, d_2$ , мощность  $N$  и частота вращения  $n$  двигателей.

Валы нумеруют римскими цифрами, остальные элементы – арабскими. Порядковый номер элемента проставляют на полке линии-выноски. Под полкой линии-выноски указывают основные характеристики и параметры кинематического элемента. Правила выполнения кинематических и пневмогидравлических схем регламентируются ГОСТ 2.701–76, 2.703–68, 2.704–76, а условные обозначения элементов кинематических и гидравлических схем – ГОСТ 2.770-68, 2.780-68 – 2.782-68.

## Глава 4. ОСНОВЫ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ МЕТАЛЛОВ

### 4.1. Общие понятия о процессе резания

Обработка резанием может производиться различными режущими инструментами: резцами, сверлами, фрезами, протяжками и т. д. Однако для всех их характерна единая форма режущей части в виде режущего клина.

При внедрении в материал режущего инструмента (клина) на его переднюю  $A$  (рис. 4.1) и заднюю  $B$  поверхности действуют нормальные силы  $N_1, N_2$  и силы трения  $F_1, F_2$ . Общая равнодействующая сила  $P$  является силой сопротивления резанию, а равна ей по величине и противоположно направленная – сила резания.

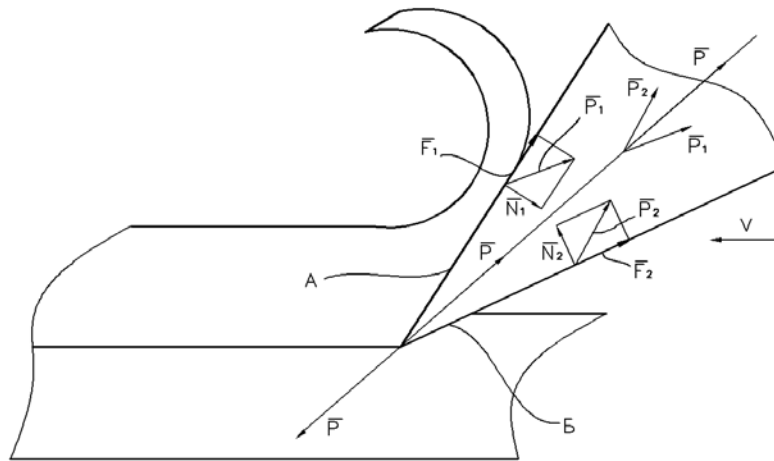


Рис. 4.1

Под действием этой силы происходит деформирование и разрушение срезаемого слоя материала, что сопровождается следующими физическими явлениями: 1) в деформированном приповерхностном слое детали возникают упругие и пластические деформации, а на обработанной поверхности образуются неровности; 2) в зоне резания возникает неоднородное температурное поле; 3) на передней поверхности режущего клина может появиться слоистое металлическое образование, называемое наростом; 4) наблюдаются различные виды изнашивания режущего клина: абразивный, адгезионный, диффузионный и другие; 5) при соприкосновении СОЖ с нагретыми поверхностями инструмента и заготовки в них происходят сложные физико-химические процессы; 6) в системе СПИД могут возникать вынужденные колебания и автоколебания.

#### 4.2. Процесс образования стружки и ее типы

При резании металлов образуется стружка четырех типов (рис. 4.2): сливная (а), суставчатая (б), элементная (в) и надлома (г).

В случае небольшой толщины срезаемого слоя  $a$ , высокой скорости резания  $v$  и значительном переднем угле инструмента  $\gamma$  при обработке вязких и пластичных материалов образуется сливная стружка, основным признаком которой является ее непрерывность. Контактная поверхность 1 такой стружки сравнительно гладкая, а поверхность 2 покрыта мелкими зазубринками (насечкой).

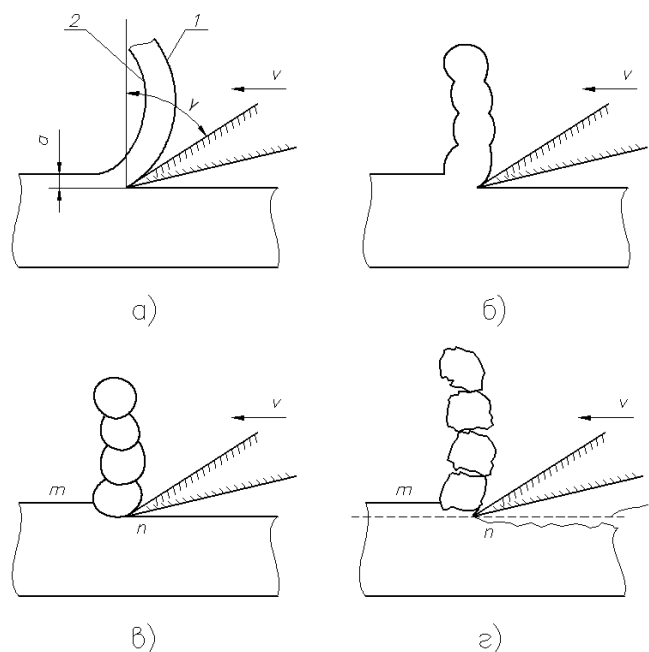


Рис. 4.2

По мере увеличения твердости, прочности и хрупкости обрабатываемого материала сливная стружка переходит в суставчатую, а затем в элементную или даже надлома. При этом элементная стружка обычно состоит из отдельных «элементов», слабо связанных друг с другом. Границу  $mn$ , отделяющую образовавшийся элемент стружки от срезаемого слоя материала, называют поверхностью скалывания. В случае стружки надлома происходит вырывание или откалывание режущей частью инструмента крупных частиц неправильной формы из поверхностного слоя заготовки. Образование этой стружки сопровождается появлением металлической пыли, а начало поверхности скалывания  $mn$  может располагаться даже ниже поверхности резания  $f$ .

#### 4.3. Образование нароста при резании

При образовании сливной стружки обрабатываемый материал часто задерживается на передней поверхности инструмента около главного режущего лезвия, образуя наслоение. Это наслоение называется наростом. Наиболее вероятной гипотезой о причинах его возникновения можно считать торможение и схватывание тонких контактных слоев стружки на шероховатой передней поверхности 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 вещества и он принимает на себя функции режущего клина. Однако нарост не стабилен. Достигнув максимальных размеров, он разрушается. Частота срывов нароста доходит до нескольких сотен в минуту.

Наростообразование оказывает следующее влияние на процесс резания: 1) уменьшается угол резания, в результате чего изменяются сопротивление резанию и условия трения; 2) увеличиваются микронеровности на обрабо-

танной поверхности; 3) при наростообразовании не обеспечивается требуемая точность обработки деталей; 4) периодические срывы нароста приводят к возникновению вибраций, ухудшающих качество обработанной поверхности, поэтому нарост недопустим при чистовой обработке; 5) в зоне наростообразования передняя и задняя поверхности режущего клина инструмента защищаются от разрушения; 6) для каждого материала имеется диапазон скоростей резания, при которых размеры нароста максимальны.

Диапазон скоростей резания при обработке, например, стали 40 можно разделить на четыре зоны с разной интенсивностью образования нароста. При  $v < 3$  м/мин нароста почти нет, а при  $v = 3 - 50$  м/мин нарост появляется и постепенно увеличивается. При  $v = 50 - 80$  м/мин нарост уменьшается, а при скоростях резания  $v = 80 - 120$  м/мин и больше нароста не образуется.

#### 4.4. Вибрация при резании материалов

В процессе резания в системе СПИД могут возникать колебания (вибрации). Колебания инструмента относительно обрабатываемой детали (или наоборот) вызывают изменение толщины срезаемого слоя и силы резания. При этом ухудшается качество обработанной поверхности (появляется волнистость) и снижается стойкость режущего инструмента.

В зависимости от условий обработки при резании имеют место как вынужденные колебания, так и автоколебания.

Вынужденные колебания при резании могут быть вызваны дисбалансом вращающихся частей станка, обрабатываемой детали и инструмента.

Источником автоколебаний является, в основном, непостоянство размеров нароста при резании, что приводит к изменению переднего угла инструмента и силы резания.

В металлорежущем станке обычно рассматривают две основные колебательные системы: систему заготовки (заготовка, шпиндель, пиноль.) и систему инструмента (инструмент, резцедержатель, суппорт). Обе системы имеют различную частоту собственных колебаний. В связи с этим вибрации при резании подразделяются на два вида: вибрации *I* рода – низкочастотные (50 – 300 Гц) колебания заготовки, которые вызывают появление звука низкого тона и создают грубую волнистость обработанной поверхности; вибрации *II* рода – высокочастотные (800 – 3000 Гц) колебания инструмента, сопровождающиеся звуком высокого тона (свист) и создающие мелкую рябь на обработанной поверхности.

Основными методами борьбы с вибрациями являются:

1. Балансировка инструментов, вращающихся с большими скоростями (например, абразивных кругов), заготовок, виброизоляция фундаментов станков.

2. Выбор рациональных геометрических параметров режущего инструмента. Например, при увеличении переднего угла резца  $\varphi$  с 30 до 80° обеспечивается снижение вибраций, что дает возможность существенно повысить глубину резания.



3. Улучшение динамических свойств системы СПИД путем применения различных виброгасителей. Повышать демпфирующую способность колебательной системы СПИД можно также за счет установки в узлах станков демпфирующих прокладок, изготовления корпусов инструментов из материалов с большим декрементом затухания, например, державок резцов из чугуна, хвостовиков сверл из пластмассы.

4. Повышение жесткости системы СПИД. При этом повышается собственная частота вибраций и снижается вероятность их возникновения. Жесткость системы СПИД можно повысить использованием коротких и более жестких инструментов, жестких приспособлений и оснастки (оправок и державок), а также за счет уменьшения биения шпинделя и ликвидации зазоров в суппорте станка.

## Глава 5. ТОЧЕНИЕ

### 5.1. Разновидности обработки и режимы резания при точении

При обработке поверхностей заготовок точением имеют место следующие движения: вращение заготовки (скорость резания  $v$ ) и поступательное движение режущего инструмента (подача  $s$ ).

Основными разновидностями процесса точения являются (рис. 5.1): обтачивание наружных (а) и растачивание внутренних (б) поверхностей, протачивание канавок (в), отрезка (г), подрезание торцов, нарезка резьб, разрезка, и т. д., т.е. обработка тел вращения.

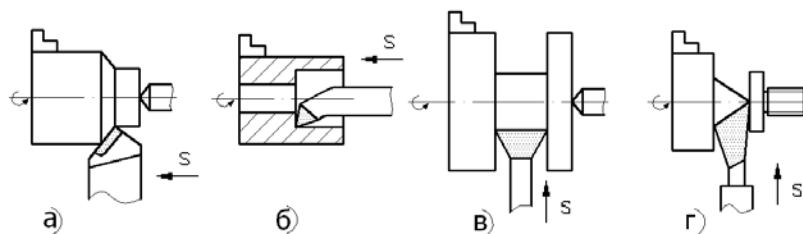


Рис. 5.1

При точении режимы резания назначают в зависимости от требуемой точности детали, свойств обрабатываемого материала, материала режущей части резца, а также применяемых СОЖ. Эти сведения приведены в справочных таблицах.

### 5.2. Классификация резцов общего назначения

Резцы классифицируют:

1. По применению на станках – токарные, автоматные, револьверные, строгальные, долбежные, для станков с ЧПУ и автоматических линий и т. д. Наиболее распространенными являются токарные. Резцы для токарных автоматов и полуавтоматов отличаются от обычных токарных резцов размерами и конструкцией. Они имеют меньшее поперечное сечение державки, их рабо-

чая часть (режущая пластинка) несколько длиннее обычной, что повышает срок службы этих резцов.

2. По виду обработки – проходные (рис. 5.2, а, б), подрезные (рис. 5.2, в), отрезные (рис. 5.2, г), расточные (рис. 5.2, д), резбонарезные (рис. 5.2, е) и т. д.

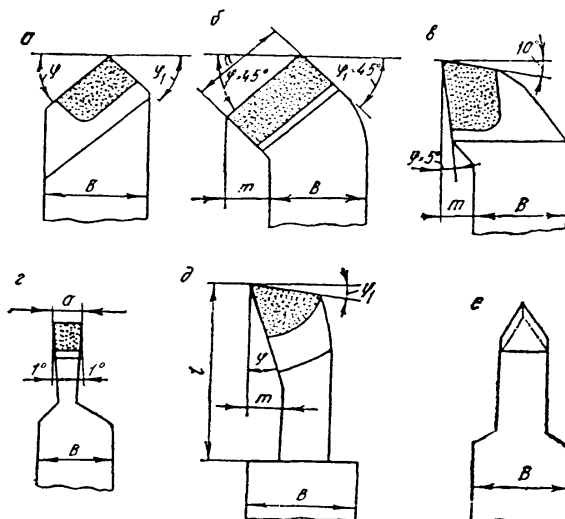


Рис.5.2. Типы токарных резцов

3. По роду материала, из которого изготовлена рабочая часть,— быстро-режущие, твердосплавные, резцы из инструментальной стали, алмазные, эльборовые, рубиновые, лейкосапфировые и другие резцы с креплением кристаллов зачеканкой, запрессовкой и механическим способом.

### 5.3. Общие сведения о токарных станках

Основными техническими характеристиками токарного станка являются наибольшие диаметр заготовки и ее длина, которые могут быть обработаны на нем.

Токарные станки подразделяются на собственно токарные, не имеющие ходового винта для нарезания резьбы резцами, токарно-винторезные, токарно-револьверные, токарно-карусельные, токарно-лобовые, токарно-арматурные и резботокарные.

В токарных станках главными движениями являются вращение шпинделя с закрепленной в нем заготовкой и движение 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 вместо кулачкового патрона имеют планшайбу большого диаметра и не имеют задней бабки. На карусельных станках шпиндель расположен вертикально и на нем закреплена планшайба (вместо кулачкового патрона). По компоновке они бывают одностоечными и двухстоечными (портального типа).

На токарно-револьверных станках обрабатываются детали небольших и средних размеров сложной формы из пруткового материала (прутковые) или штучных заготовок (патронные), когда для их изготовления требуется применять несколько инструментов: при обработке наружных поверхностей — резцы, отверстий — сверла, зенкеры, развертки, метчики и т. д. Эти станки, в отличие от токарно-винторезных, не имеют задней бабки и ходового винта, а имеют револьверную головку, в гнездах которой устанавливаются различные инструменты.

Токарно-арматурные станки используются при изготовлении точных оправ для крепления оптических деталей и при завальцовке линз в оправы.

#### 5.4. Обработка эксцентриковых деталей

Эксцентриковыми называются детали с двумя и более поверхностями вращения, оси которых параллельны друг другу. Такими деталями являются эксцентрики (рис. 5.3, а, б) и эксцентриковые валики (рис. 5.3, в).

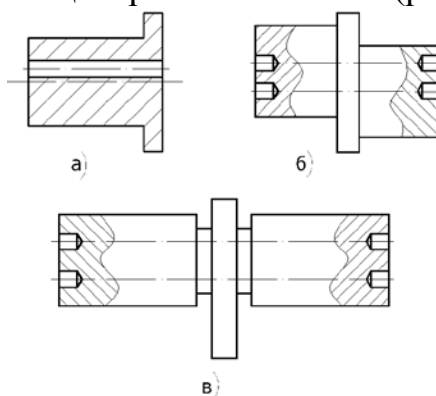


Рис. 5.3

Эксцентриковые детали в большинстве случаев обтачивают в центрах. При величине эксцентриситета более 10 мм сверлят по разметке или по кондуктору на торцах заготовки по два центровых отверстия, смещенных одно относительно другого на величину эксцентриситета. Базируясь то на одни, то на другие центровые отверстия, обрабатывают различные цилиндрические поверхности.

При эксцентриситете вала меньше 10 мм заготовку берут длиннее на две длины центровых отверстий, сверлят по одному центровому отверстию в каждом торце заготовки и обтачивают поверхности, расположенные на оси этих центровых отверстий. Затем срезают с двух сторон участки с центровыми отверстиями, сверлят по кондуктору или по разметке новые центровые отверстия, смещенные от оси заготовки на эксцентриситет, и обтачивают поверхности, симметричные относительно новой оси заготовки.

Высокую точность обработки эксцентриковых деталей получают в четырехкулачковом патроне. Заготовку сначала обрабатывают как цилиндр в трехкулачковом патроне, после чего закрепляют ее в четырехкулачковом патроне следующим образом. Кулачки патрона устанавливают на равном рас-

стоянии от центра в соответствии с диаметром заготовки. Затем один из кулачков смещают от центра на величину эксцентриситета, устанавливают по нему заготовку, поджимают противоположный кулачок, а за ним поочередно два остальных.

Получение эксцентриковых деталей в трехкулачковом патроне может быть достигнуто установкой мерной пластинки между заготовкой и одним из кулачков патрона. Толщина  $t$  пластинки определяется по формуле

$$t = 1,5e \left( 1 + \frac{e}{2D} \right),$$

$e$  - эксцентриситет, мм;  $D$  - диаметр заготовки, зажимаемой в кулачках патрона.

## Глава 6. СТРОГАНИЕ, ДОЛБЛЕНИЕ, ОПИЛИВАНИЕ

### 6.1. Особенности обработки строганием и долблением

При строгании и долблении имеют место два вида движений: возвратно-поступательное главное движение со скоростью  $v$  и прерывистое движение подачи  $s$  в направлении, перпендикулярном главному движению.

При обработке на поперечно-строгальных станках резец 1 (рис. 6.1, а) совершает возвратно-поступательное движение со скоростью  $v$ , а заготовка 2 — движение поперечной подачи  $s$ . На продольно-строгальных станках, наоборот, заготовка 2 (рис. 6.1, б) совершает возвратно-поступательное движение со скоростью  $v$ , а режущий инструмент 1 — движение поперечной подачи  $s$ .

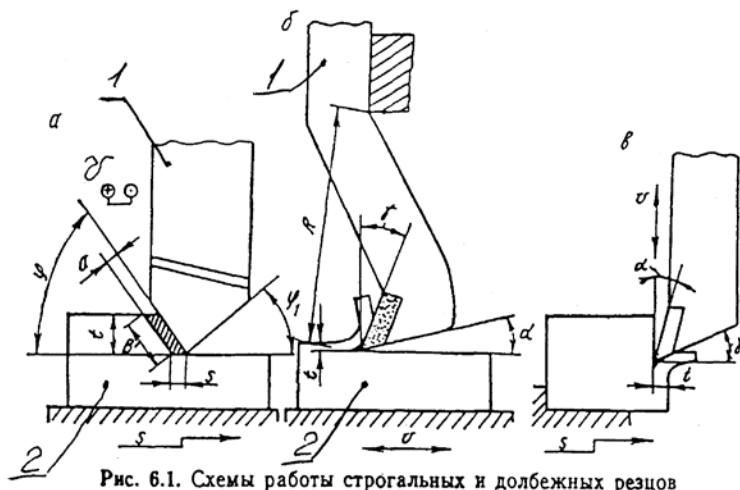


Рис. 6.1. Схемы работы строгальных и долбежных резцов

Разновидностью строгания является долбление (рис. 6.1, в), которое осуществляется на долбежных станках, где резец совершает возвратно-поступательное движение со скоростью  $v$  в вертикальной плоскости, а заготовка имеет прерывистое движение подачи  $s$  в горизонтальной плоскости. Долблением на деталях получают пазы и шлицы, в том числе внутренние.

Прерывистость движения подачи при строгании и долблении способствует охлаждению инструмента во время обратного хода, однако при обра-

ботке возникают динамические нагрузки на режущий инструмент, так как он при врезании и на выходе испытывает удар. Поэтому строгание и долбление производятся на сравнительно невысоких скоростях резания (не более 50 м/мин).

## 6.2. Опиливание. Слесарные инструменты

Для обработки опиливанием вручную и на опилочных станках применяются напильники.

Напильники предназначены для съема слоя металла или неметаллического материала толщиной 0,01—1,0 мм и больше и подразделяются на слесарные обыкновенные и специальные (машинные), рашпили и надфили. Они бывают трехгранными, ромбическими, квадратными и круглыми. Специальные напильники выполняются в виде вращающихся дисков с насечкой и цельных лент.

Рашпили имеют крупную насечку и применяются для обработки мягких металлов, пластмасс, дерева, резины и других неметаллических материалов.

Надфили используются для отделочных работ при изготовлении малогабаритных деталей приборов точной механики и лекальных работ. Рабочая часть надфиля делается профильного сечения с мелкой насечкой.

По крупности насечки напильники бывают драчевые, личные, бархатные и подразделяются на шесть классов в зависимости от количества насечки на 1 см<sup>2</sup>. Драчевые напильники (1-й класс) имеют на 1 см<sup>2</sup> небольшое число насечек и крупный зуб, а личные (2-й класс) и бархатные (3 – 6-й классы) большее количество насечек и более мелкий зуб.

Драчевые напильники применяются для грубой черновой опилки, личные – для чистовой (последние из-за засаливания не рекомендуется использовать при обработке цветных металлов). Бархатные напильники применяются для отделки.

Напильники в зависимости от их конструкции, режимов и других условий опиления изготавливают из инструментальной углеродистой, хромистой, быстрорежущей сталей, а также из твердых сплавов.

Для обработки особо точных плоскостей деталей из чугуна и других металлов применяют шаберы, рабочая часть которых изготовлена из инструментальной стали или твердого сплава. При шабрении под воздействием силы, прилагаемой вручную к шаберу, происходит соскабливание отдельных выступающих участков обрабатываемой поверхности. Процесс продолжается до получения относительно плоской поверхности, что проверяется точной плитой или широкой линейкой, на которые наносят краску. Эту операцию повторяют до тех пор, пока на обрабатываемой поверхности не будут равномерно распределены пятна краски, число и размер которых на 1 см<sup>2</sup> задают в зависимости от необходимой степени сопряжения контактируемых поверхностей деталей.

При разрезке различных металлов применяют ножовочные полотна, которые подразделяются на станочные и ручные. Первые имеют длину 350 –

600 мм и толщину 1,2 – 2,5 мм, используются при разрезке материалов на станках, а вторые (длиной 250 – 300 мм и толщиной 0,6 – 0,8 мм) – при работе вручную.

## Глава 7. СВЕРЛЕНИЕ И РАЗВЕРТЫВАНИЕ

### 7.1. Устройства для крепления осевых инструментов

Получение точных отверстий (7-го качества) с малой шероховатостью поверхностей ( $R_a = 1,25 - 0,32$  мкм) связано с большими трудностями. Не всегда удается избежать биения инструментов и обеспечить нужное направление при их работе. Сверлением можно получить отверстия 10 – 11 классов точности при шероховатости поверхности  $R_a = 5,0 - 2,5$  мкм. Получение более точных отверстий с малой шероховатостью обеспечивается зенкерованием с последующим развертыванием.

Точность обработанных отверстий зависит от метода закрепления осевых инструментов и точности станка. Крепление инструментов в зависимости от типа станка производится в его шпинделе через разрезные переходные втулки, а также цанговые, кулачковые, быстросменные, качающиеся и плавающие патроны.

Разрезные переходные втулки (рис. 7.1, а) обеспечивают достаточно точное центрирование даже мелкоразмерного осевого инструмента диаметром 2 – 3 мм.

Для закрепления сверл малого диаметра (до 1 мм) широко используются цанговые патроны (рис. 7.1, б), состоящие из корпуса 1 с хвостовиком, цанги 2 и гайки 3. Цанга располагается в отверстии корпуса и конусом сопрягается с его конусной фаской. При завинчивании гайки цанга смещается вдоль оси. Действием конусной фаски отверстия корпуса лепестки цанги сжимаются и закрепляют сверло 4, установленное в посадочное отверстие.

Сверлильный кулачковый патрон является более универсальным зажимным инструментом, чем втулки и цанги, так как в нем можно закреплять инструменты с диаметром от 0,5 до 16 мм. Сверлильный кулачковый патрон (рис. 7.1, в) состоит из корпуса 2, втулки 3, кулачков 6 и кольца 4. На верхней части кулачков нарезана резьба, сопрягающаяся с наклонной 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 втулки 3 вместе с ней вращается кольцо 4, которое также навинчивается на кулачки 6 и перемещает их в наклонных пазах в корпусе 2. При этом сверло центрируется и зажимается. Для установки в шпиндель станка кулачковые патроны снабжены коническим хвостовиком или гнездом.

Для пооперационной обработки отверстий несколькими инструментами (сверло – зенкер – развертка; сверло – метчик) последние закрепляются в быстросменных патронах (рис. 7.1, г). Корпус 1 патрона устанавливается в

шпинделе станка с помощью хвостовика. В цилиндрическое гнездо патрона вставляется сменная втулка 6 с коническим гнездом под инструмент. Вращение от корпуса патрона передается втулке через два шарика 4. Для замены втулки с установленным инструментом необходимо поднять обойму 3 вверх до упора в разрезное пружинное кольцо 2, находящееся на корпусе патрона. При этом шарики выйдут из углублений 5 втулки 6 и ее вместе с инструментом можно извлечь из гнезда патрона.

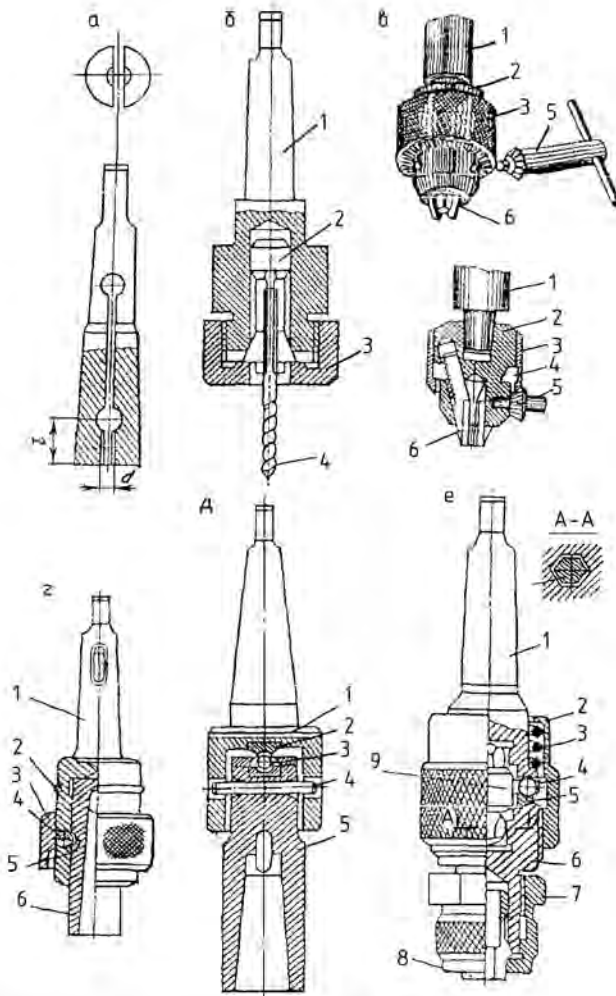


Рис. 7.1: Крепление осевых инструментов

При обработке точных отверстий (7-го качества) развертками используют качающиеся (рис. 7.1, д) и плавающие (рис. 7.1, е) самоустанавливающиеся патроны. В цилиндрическое гнездо корпуса 1 качающегося патрона на штифте 4 установлена с зазором втулка 5 с коническим гнездом под хвостовик развертки. Втулка имеет осевую опору в виде шарика 3 и подпятника 2. При развертывании отверстий втулка может качаться в двух плоскостях.

Между торцами хвостовика 1 и втулки 6 плавающего патрона на шайбе 5 установлены в сепараторе 4 шарики, через которые втулка воспринимает от хвостовика осевую силу резания при обработке отверстия. Крутящий момент от хвостовика к втулке передается через поводок 9, имеющий по концам за-

круглые шестигранные выступы, позволяющие втулке с инструментом свободно наклоняться относительно хвостовика. Верхний выступ поводка входит в шестигранное отверстие хвостовика, а нижний – в аналогичное отверстие втулки 6. Поджим втулки 6 к хвостовику 1 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.

## 7.2. Типы, геометрические параметры и конструктивные элементы сверл

Сверла классифицируются как по размерам, так и по конструкции. Для получения отверстий малого диаметра (до 3,0 мм) используются мелкогабаритные сверла. Они бывают следующих типов (видов): стержневые с одной или двумя лысками (площадками) (рис. 7.2, а, б); перовые (рис. 7.2, в-д), спиральные (рис. 7.2, е – к) и твердосплавные (рис. 7.2, л – н).

При сверлении отверстий диаметром более 3 мм применяются как обычные перовые и спиральные сверла, так и специальные. Например, при сверлении отверстий в стекле используют трубчатые алмазные сверла, рабочая часть которых имеет форму пустотелого цилиндра.

Геометрические параметры и конструктивные элементы сверл рассмотрим на примере спирального сверла (рис. 7.3). Сверло в общем случае состоит из следующих параметров: рабочей части  $l_1$ , шейки  $l_3$  и хвостовика  $l_4$ , последний из которых может иметь цилиндрическую или конусную форму. В свою очередь рабочая часть сверла состоит из режущего  $l_2$  и направляющего  $l'_2$  участков.

Рабочая часть имеет следующие конструктивные элементы: 1 – вспомогательные режущие лезвия; 2 – поперечное режущее лезвие; 3 – стружечные канавки; 4 – два главных режущих лезвия; 5, 6 – задняя и передняя поверхности зубьев.



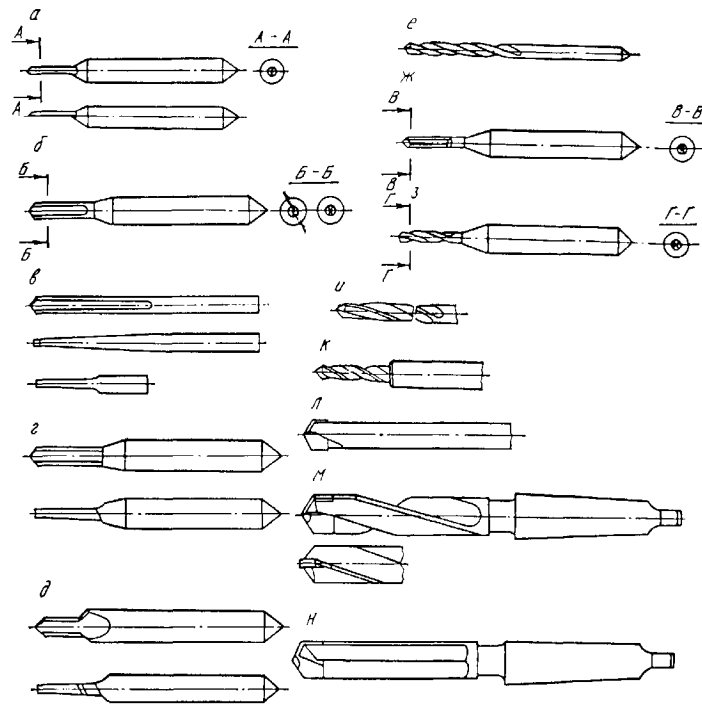


Рис. 7.2. Типы мелкогабаритных быстрорежущих (а—з) и твердосплавных (и—н) сверл

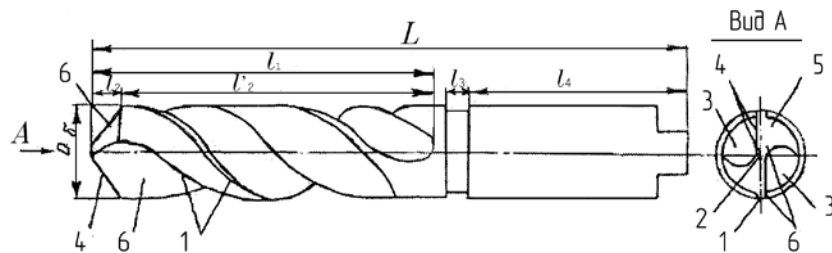


Рис. 7.3. Конструктивные элементы спирального сверла

### 7.3. Конструкции разверток

Развертки применяются для чистовой обработки точных отверстий. Припуск на сторону под развертывание обычно не превышает 0,01 – 0,5 мм. При этом зубьями разверток срезаются относительно тонкие и широкие стружки.

Развертки разделяют: 1) в зависимости от назначения – на ручные и машинные; 2) по форме обработанных отверстий – на цилиндрические и конические; 3) по конструкции зубьев – на цельные, сварные (или припайные) и с механическим креплением зубьев.

Мелкогабаритные развертки диаметром до 3 мм бывают с поперечным сечением рабочей части в виде полукруга (рис. 7.4, а, б) или правильного многогранника (рис. 7.4, в - е). Режущие лезвия с полукруглым сечением рабочей части просты в изготовлении и обеспечивают удовлетворительные

условия резания. Недостатком является увод разверток в отверстия и малая их прочность.

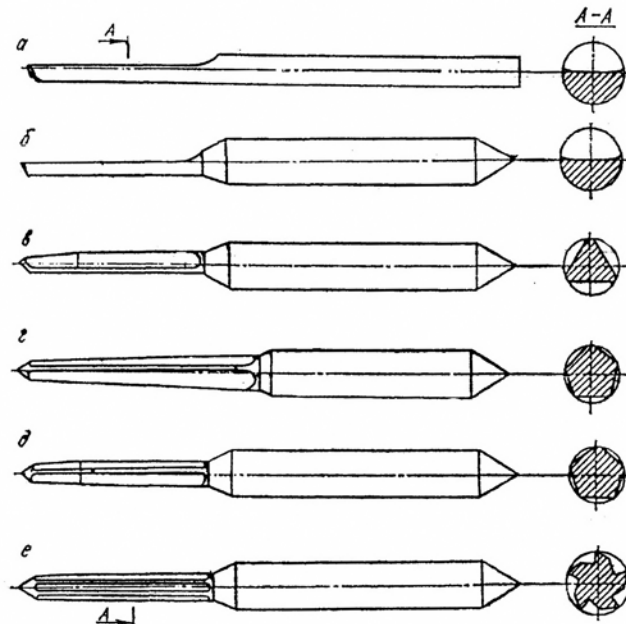


Рис. 7.4. Развертки для обработки отверстий диаметром 0,1—3 мм:  
 а — стержневые с обычным и утолщенным хвостовиками; б, в, д — трех- и пятигранные цилиндрические; е — конические пятигранные; ж — цилиндрические пятиканавочные

Развертки трех- и особенно пятигранного поперечного сечения (рис. 7.4, в — д) имеют большую прочность рабочей части и широко применяются в приборостроении. Однако наибольшее использование при обработке отверстий диаметром 1,5—3 мм имеют пятизубые (пятиканавочные) развертки (рис. 7.4, е). Конические развертки применяются для получения отверстий с различной конусностью.

#### 7.4. Особенности инструментов для станков с ЧПУ и автоматических линий

Инструментальная оснастка для автоматизированного оборудования включает собственно режущий инструмент, инструментальные оправки, а также различные приспособления для автоматической подналадки режущего инструмента, контроля размеров деталей при обработке, автоматической смены инструмента и других операций.

На сравнительно простых станках — автоматах (вертикально-сверлильных, вертикально- и продольно-фрезерных, а также токарных автоматах) автоматическая смена инструментов производится с помощью револьверных головок. При большом количестве инструментов (100 и более) применяются инструментальные магазины различной конструкции.

К режущим инструментам для автоматизированного оборудования, кроме таких общих требований, как обеспечение необходимой формы, размеров и шероховатости обработанной детали, предъявляются следующие дополнительные требования: обеспечение размерной стойкости инструмента, ста-

бильность его работы на различных режимах, быстросменность и взаимозаменяемость.

Для уменьшения времени обработки деталей на автоматизированном оборудовании следует сокращать время на установку и закрепление инструмента на станке.

При разработке инструмента для автоматизированного оборудования необходимо учитывать следующее:

1. Инструмент по возможности делается сборным с механическим креплением режущих пластин или с напайкой их.

2. Применение бесподналадочного инструмента, настраиваемого на требуемый размер вне станка, исключает потери времени на настройку последнего.

3. Повышение размерной стойкости инструмента осуществляется за счет периодического или непрерывного обновления его лезвий.

4. Автоматическая подналадка установки инструмента с целью компенсации его износа и погрешностей размеров заготовки повышает размерную стойкость инструмента.

Для обеспечения повышенной стойкости инструмента для автоматизированных станков его изготавливают из более износостойких и прочных инструментальных материалов. При этом в стандартный инструмент вносят необходимые конструктивные изменения, связанные с быстросменностью, взаимозаменяемостью, возможностью подналадки и т. д.

Производительной является обработка ротационными резцами и фрезами, оснащенными круглыми вращательными пластинками.

Другим способом увеличения размерной стойкости инструмента является использование автоматического подналадчика, который контролирует размер детали и перемещает инструмент в целях компенсации его износа.

## Глава 8. ПРОТЯГИВАНИЕ, ПРОШИВАНИЕ И ФРЕЗЕРОВАНИЕ

### 8.1. Обработка внутренних и наружных поверхностей протягиванием и прошиванием

Протягивание является высокопроизводительным и сравнительно точным методом обработки материалов резанием. Оно применяется при получении отверстий и наружных поверхностей различной формы 6 – 8 квалитетов точности и шероховатости  $Ra = 0,1 - 0,2$  мкм.

Различают операции протягивания и прошивания. При протягивании инструмент, представляющий собой длинный стержень или плиту с постепенно увеличивающимися по высоте зубьями (рис. 8.1, а), работает на растяжение, а прошивка проталкивается через отверстие и работает на сжатие и изгиб (рис. 8.1, б). Прошивка обычно короче протяжки, имеет меньшие технологические возможности и реже применяется.

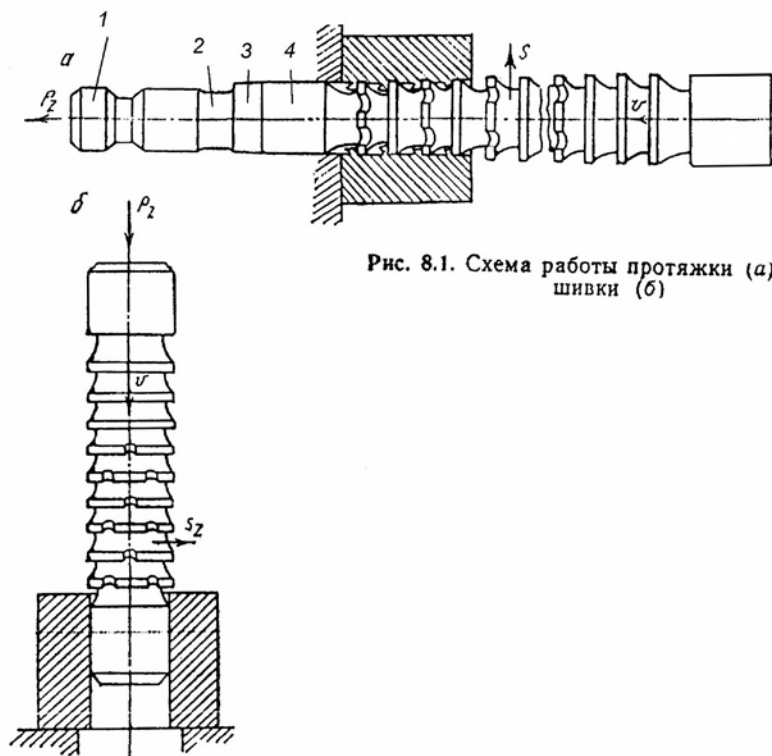


Рис. 8.1. Схема работы протяжки (а) и прошивки (б)

Протяжки и прошивки подразделяются по форме получаемых отверстий на круглые, квадратные, шлицевые, многогранные, профильные и др. Они могут быть цельные, с напайными пластинками твердого сплава, со вставными зубьями и наборные.

Протяжка состоит из рабочей и вспомогательной частей. Последняя включает хвостовик 1, шейку 2, переходной конус 3 и переднюю направляющую часть 4, которая обеспечивает центрирование и направление протяжки при вхождении режущих зубьев в контакт с обрабатываемой заготовкой.

Рабочая часть протяжки может иметь черновые, переходные и чистовые режущие, а также калибрующие и выглаживающие зубья. Черновыми зубьями срезается основная часть припуска под протягивание. Подъем на секцию из двух—пяти черновых зубьев принимается в пределах  $S_{черн} = 0,3 \div 1,2$  мм (подача) в зависимости от свойств обрабатываемого материала. Чистовые зубья имеют подъем  $S_{чист} = 0,005 - 0,05$  мм, что обеспечивает малую шероховатость протянутой поверхности.

## 8.2. Виды и особенности процесса фрезерования

Фрезерование является одним из высокопроизводительных процессов резания металлов и неметаллических материалов при обработке плоских и фасонных поверхностей, пазов, шлицев, зубьев колес и т.д. Процессом фрезерования можно получать детали с поверхностями 8 – 11 квалитетов

точности и  $Ra = 1 - 2$  мкм. На рис. 8.2 показаны работы, выполняемые на фрезерных станках. Они производятся фрезами различной конструкции. Фрезы являются многозубыми инструментами, каждый зуб которых представляет собой резец (или режущий клин) с присущими ему конструктивными элементами и геометрическими параметрами реза.

Фрезы можно классифицировать по следующим признакам: 1) по материалу рабочей части - быстрорежущие, твердосплавные, алмазные; 2) по способу крепления – насадные и хвостовые; 3) по форме зубьев – с прямыми, винтовыми и угловыми зубьями; 4) по конструкции зубьев – с остроконечными (острозаточенными) и с затылованными зубьями; 5) по характеру работы – отрезные, пазовые, угловые, фасонные.

Крепление фрез на станках производится с помощью переходных втулок, цанговых и специальных патронов и оправок.

Главное движение при фрезеровании – это вращение фрезы, а движение подачи – перемещение заготовки. Несмотря на большое разнообразие фрез, схема их работы соответствует или цилиндрическому (рис. 8.2, а), или торцевому (рис. 8.2, б) видам фрезерования. При цилиндрическом фрезеровании обработка производится зубьями, находящимися на цилиндрической поверхности фрезы, ось которой параллельна обрабатываемой поверхности, а при торцевом - зубьями, расположенными на боковой поверхности фрезы, ось которой перпендикулярна к обрабатываемой поверхности.

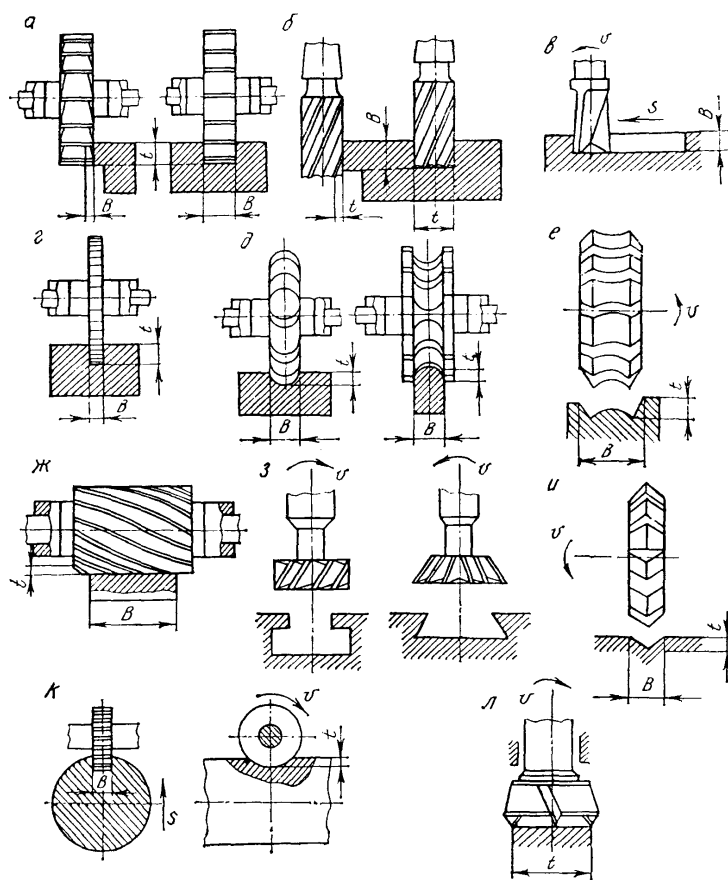


Рис.8.2. Виды работ, выполняемых на фрезерных станках

## Глава 9. РЕЗЬБООБРАЗОВАНИЕ И АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА

### 9.1. Способы получения резьб и применяемые инструменты

Образование резьбы на деталях в зависимости от ее вида, размера и точности производится нарезанием или накатыванием. Для нарезания внутренней резьбы применяются метчики, наружной – резбонарезные резцы, плашки и резбонарезные головки. При накатывании резьбы используются накатные плашки и ролики, а также резбонакатные головки.

Для повышения точности предварительно нарезанных или накатанных резьб выполняют резьбошлифование. Режущим инструментом для шлифования резьб служат одно- или многониточные абразивные круги (рис. 9.1, а, б). Последние обеспечивают большую производительность, но меньшую точность резьбы.

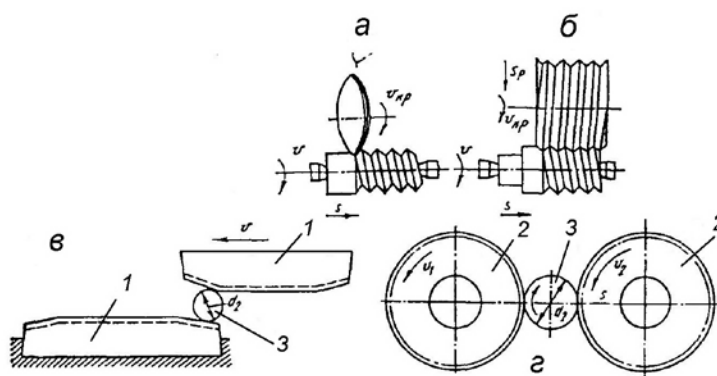


Рис.9.1. Методы получения резьб

Получение резьбы накатными инструментами происходит за счет пластической деформации вращающейся заготовки при воздействии на нее накатных плашек 1 (рис. 9.1, в) и роликов 2 (рис. 9.1, г), которые имеют соответственно поступательное  $v$  и вращательное  $v_1$  и  $v_2$  движения (на рис. 9.1 3 – деталь).

### 9.2. Абразивная обработка

Абразивный метод окончательной обработки включает операции предварительного и чистового шлифования, а также отделочные операции, такие как хонингование, суперфиниширование, притирку, доводку и полирование. Полирование осуществляется в основном для уменьшения шероховатости обработанной поверхности, а все остальные виды абразивной обработки являются размерными, т.е. при их применении обеспечивается требуемая точность размеров и формы. При чистовой обработке получают детали 6 – 7 качества точности с шероховатостью  $Ra = 0,02$  мкм.

Абразивная обработка – процесс резания металлов и неметаллических материалов с помощью абразивных, алмазных, эльборовых и других зерен, которые обладают высокой твердостью и теплоустойчивостью и имеют режущие грани. Зерна соединены специальным связующим веществом в шлифовальные круги, головки, сегменты, бруски или наклеены на ленты. При абразивной обработке применяются также пасты и порошки.

В реальном процессе шлифования примерно 85 – 90 % зерен абразивного инструмента не режет, а деформирует и наклепывает поверхностный обрабатываемый слой.

Поскольку абразивные зерна расположены в теле круга хаотически, то при его вращении форма режущего контура непрерывно изменяется, что приводит к получению сравнительно малой шероховатости поверхности, которая принимает признаки полированной. Полирующий эффект оказывает также и связка абразивного круга.

Применяются следующие методы шлифования: 1) наружное (рис. 9.2, а) и внутреннее (б) круглое с продольной  $S$  и поперечной  $S_n$  подачами; 2) бесцентровое (в); 3) плоское периферией (г) и торцом (д) круга; 4) специальное (фасонное, резьбошлифование).

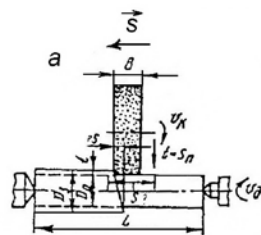


Рис.9.2.а. Наружное круглое шлифование в центрах

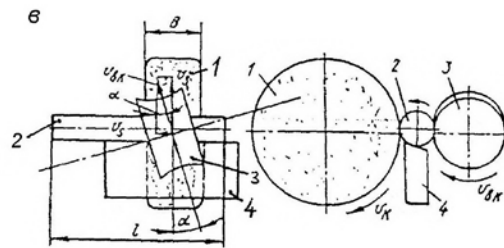


Рис.9.2.в. Бесцентровое шлифование

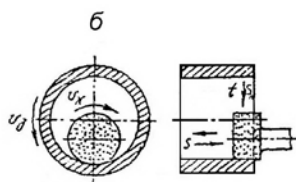


Рис.9.2.б. Внутреннее шлифование

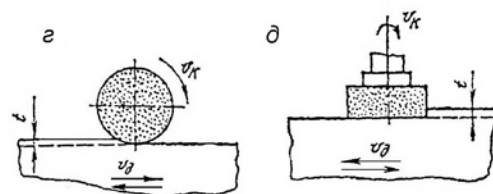


Рис.9.2.а,б. Плоское шлифование

Припуск на сторону при шлифовании (0,15 – 0,7 мм) назначается в зависимости от длины и диаметра заготовки, требуемой шероховатости и точности предшествующей обработки. Припуск на предварительное шлифование составляет 60 – 80 % общего припуска.

Окружные скорости шлифовальных кругов на керамической связке не превышают 30 – 35, а на бакелитовой – 35 – 40 м/с. Круги на специальной высокопрочной связке допускают скоростное шлифование ( $v = 50$  м/с и выше).

Внутреннее круглое шлифование протекает в более тяжелых условиях, чем наружное. Это связано с малой жесткостью шпинделя и недостаточном

проникновении СОЖ в зону резания. Поэтому внутреннее шлифование производится с параметрами режимов резания в два раза меньшими, чем наружное.

При бесцентровом наружном шлифовании (рис. 9.2, в) обрабатываемая заготовка 2, опираясь на упор 4, проходит между шлифующим 1 и ведущим 3 кругами. Продольная подача заготовки вдоль ее оси обеспечивается за счет установки ведущего круга под углом  $\alpha = 1^\circ$ . Линейная скорость ведущего круга  $v_{вк}$  раскладывается на скорость  $v_3$  вращения заготовки и скорость  $v_s$  продольной подачи.

При плоском шлифовании периферией шлифовальный круг вращается, а заготовка (стол) совершает возвратно-поступательное движение. Если ширина круга меньше ширины обрабатываемой поверхности, то шлифовальный круг или стол имеют также поперечную подачу  $S$ .

Значительное повышение производительности процесса шлифования (в 1,5 – 2 раза) обеспечивается за счет увеличения скоростей резания до 50 – 80 м/с. При этом абразивное зерно круга в единицу времени успевает нанести на шлифуемую поверхность большее количество резов (царапин) и каждый последующий раз снимает меньший объем металла. В связи с этим силы, действующие на каждое зерно, уменьшаются, что позволяет догрузить их за счет увеличения глубины шлифования, подачи и скорости вращения детали. При скоростном шлифовании уменьшается шероховатость обработанной поверхности и снижается расход шлифовальных кругов в среднем на 40 %.

## Глава 10. ОБРАБОТКА РЕЗАНИЕМ ПЛАСТМАСС

### 10.1. Физические основы резания пластмасс

При обработке пластмасс на режущий клин инструмента действуют силы, приложенные, как и при обработке металлов, к передней и задней его поверхностям. Однако соотношение этих сил иное, чем при обработке металлов. Вследствие увеличенного упругого последействия пластмасс сила, действующая на заднюю поверхность зуба инструмента, превосходит силу на передней поверхности. В целом же силы резания при обработке пластмасс в 10 – 20 раз меньше, чем при обработке металлов.

Эти силы зависят от свойств материала инструмента и его геометрических параметров. Уменьшение силы резания в 2 – 5 раз наблюдается при точении алмазными резцами по сравнению с твердосплавными. Сила резания уменьшается также с увеличением переднего угла  $\gamma$  (рис. 4.1).

При обработке резанием пластмасс, как и при обработке металлов, выделяется теплота. Однако при обработке пластмасс основная часть теплоты (до 90%) из-за низкой их теплопроводности переходит в инструмент, только 8% в деталь и около 2% отводится со стружкой. В связи с этим при обработке пластмасс инструмент интенсивно нагревается, поэтому он должен быть изготовлен из более тепло- и износостойкого инструментального материала (твердый сплав, алмаз). При температуре 70 – 100° С на поверхностях тер-



мопластичных пластмасс уже происходит оплавление обработанной поверхности и налипание стружки на зубья инструмента. В результате обработанная поверхность получается с задирами и с искаженной формой и размерами.

Снижение температуры в зоне резания может быть достигнуто: 1) полированием рабочей части инструмента, что уменьшает силы трения между его поверхностями и обрабатываемым материалом; 2) использованием алмазных инструментов, имеющих уменьшенный коэффициент трения с обрабатываемым материалом; 3) выбором инструментов с оптимальным передним и увеличенным задним углами; 4) подбором параметров режима резания с учетом того, что наибольшее влияние на температуру в зоне резания оказывает скорость резания и меньшее – подача и глубина резания; 5) охлаждением зоны резания сжатым воздухом или СОЖ.

В качестве инструментального материала при обработке пластмасс применяются быстрорежущая сталь, твердый сплав, алмаз и рубин.

## 10.2. ОБРАБОТКА ПЛАСТМАСС РЕЗАНИЕМ ЛЕЗВИЙНЫМИ ИНСТРУМЕНТАМИ

### 10.2.1. Разрезка и точение пластмасс

Для производства деталей из пластмасс применяются заготовки в виде листов, прутков и отливок различной формы. Листы малой толщины (до 3 мм) разрезаются ножовкой, дисковой и ленточной пилами, рычажными и гильотинными ножницами, абразивными или алмазными кругами. При разрезке используются также струя воды под давлением, ультразвуковой и тепловой методы. В последних двух случаях применяются ультразвуковой вибратор и струя нагретого воздуха.

Разрезку из толстых листов и круглых заготовок можно производить на металло- и деревообрабатывающих станках.

При точении обработка осуществляется либо на токарных станках, либо на специализированных станках. Параметры режима резания при точении устанавливаются в зависимости от материала режущей части резцов. Резцами из быстрорежущей стали пластмассы обрабатывают на сравнительно низких скоростях резания, алмазными резцами - на высоких (до 50 – 70 м/мин).

Токарные резцы для обработки пластмасс по сравнению с обычными резцами имеют большие передний и задний углы, а также меньшую шероховатость рабочей поверхности.

### 10.2.2. Обработка пластмасс фрезерованием

При фрезеровании пластмассовых деталей во избежание расслаивания, появления сколов и разломачивания пластмасс направление вращения фрезы должно совпадать с направлением подачи заготовки.

Для фрезерования термопластичных пластмасс применяются отрезные фрезы из быстрорежущей стали (рис. 10.1, а), а для терморезистивных — фре-

зы, оснащенные пластинками 1 твердого сплава, которые припаяны к сухарям 2 (рис. 10.1, б). Быстрорежущая фреза отличается от обычной большим диаметром, меньшей толщиной и большим числом зубьев.

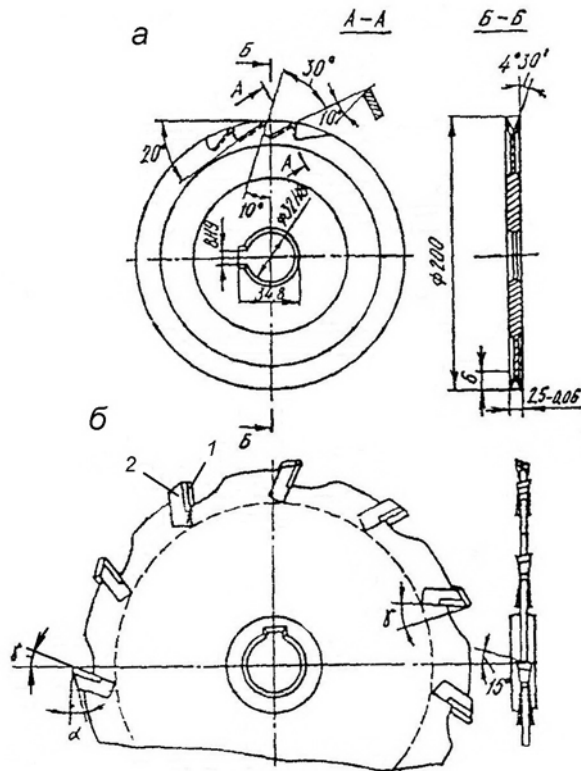


Рис. 10.1. Дисковые фрезы

При обработке сравнительно широких поверхностей деталей из пластмасс применяются цилиндрические быстрорежущие (рис. 10.2, а), твердосплавные цельные (рис. 10.2, б) и сборные твердосплавные фрезы (рис. 10.2, в).

Для фрезерования уступов и пазов применяются хвостовые фрезы (рис. 8.2).

### 10.2.3. Сверление отверстий и нарезание резьбы в пластмассовых деталях

Отверстия в пластмассах обрабатывают специальными сверлами различной конструкции, изготовленными из быстрорежущей стали, твердого сплава и алмазов. Режимы резания при сверлении пластмасс, а также конструкция, геометрические параметры и заточка сверл принимаются в зависимости от условий обработки и приведены в специальных таблицах. Сверла малых диаметров имеют уменьшенный по сравнению со сверлами для обработки металлов угол заборного конуса, что позволяет избежать образования сколов пластмасс на выходе сверла.

Образование резьбы на пластмассовых деталях осуществляется не только прессованием, но и режущими инструментами (резцами, метчиками, плашками, абразивными кругами и т. д.). В связи с чувствительностью неко-

торых пластмасс к концентрации напряжений, профиль резьбы во впадинах должен иметь небольшое округление.

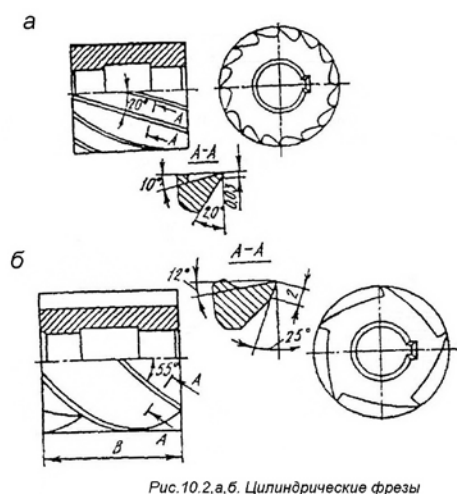


Рис. 10.2.а,б. Цилиндрические фрезы

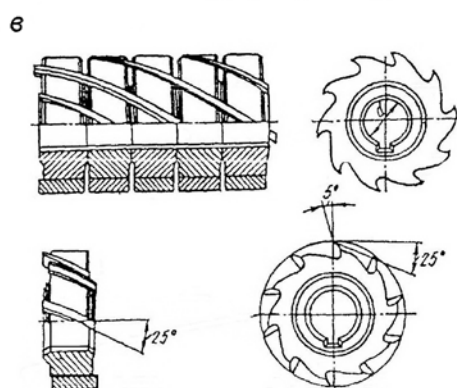


Рис. 10.2.в. Сборная твердосплавная фреза

Для снижения сил трения при нарезания резьбы в пластмассовых деталях метчики имеют следующие отличительные особенности по сравнению с метчиками для нарезания резьбы в металлических деталях: 1) увеличенные по объему и полированные стружечные канавки; 2) шлифованный профиль резьбы; 3) меньшее число зубьев; 4) увеличенный на 0,05 – 0,13 мм диаметр.

## Глава 11. ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКАЯ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ РАЗМЕРНЫЕ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

### 11.1. Электроэрозионная обработка

Данный метод используется при изготовлении деталей из твердых сплавов, жаропрочных, хрупких и др. токопроводящих материалов, обработка которых на металлорежущих станках затруднена, а иногда невозможна.

При электроэрозионной обработке разрушение материала происходит не за счет резания, а путем электрической эрозии, которая представляет собой направленный выброс металла под действием электрического разряда.

В процессе электроэрозионной обработки (электроискровой метод) используют как профилированный (рис. 11,1 а), так и непрофилированный (в виде проволоки, рис. 11,1 б) инструменты. При обработке больших заго-

товок обычно применяют медную проволоку диаметром 50 – 100 мкм, а для изготовления прецизионных деталей – вольфрамовую диаметром менее 6 мкм.

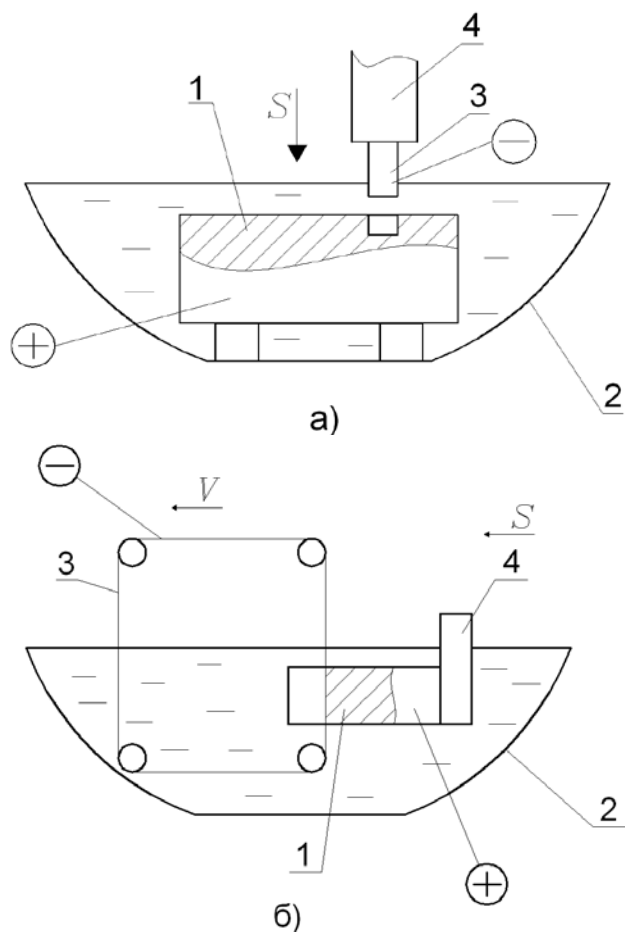


Рис. 11.1

Принцип обработки обоими инструментами заключается в следующем. Электрод-инструмент 3 закрепляется в приспособлении 4. Обрабатываемая деталь 1 помещается в изолированную ванну 2, заполненную жидкостью, не проводящей ток (керосин, промышленные масла). Под действием электронов, вырывающихся с поверхности катода (инструмента), происходит постепенное разрушение анода (детали). При этом мгновенная температура разряда – до  $10000^{\circ}\text{C}$ .

На основе электрической эрозии разработана анодно-механическая обработка, которая применяется при разрезке заготовок из труднообрабатываемых материалов (нержавеющих, кислотостойких и высоколегированных сталей), при безабразивном затачивании твердосплавного инструмента, а также для шлифования и хонингования. В данном случае (рис. 11.2) обработка ведется в проводящей ток жидкой среде, называемой электролитом. Подаваемый в пространство между инструментом 1 (катод) и заготовкой 2 (анод) электролит 3 растворяет металл (*электролитическая эрозия*), образуя на его поверхности тонкую оксидную пленку небольшой прочности. Эта пленка легко удаляется инструментом, которому сообщается главное движение  $v$  и движение подачи  $s$ . На месте удаленной пленки вновь образуется пленка, которая

удаляется при дальнейшем движении инструмента. При удалении пленки в местах неровностей (выступов) происходят искровые дуговые разряды (*электрическая эрозия*), ускоряющие процесс резания. Таким образом, в данном случае имеет место комбинация электрофизического и электрохимического процессов.

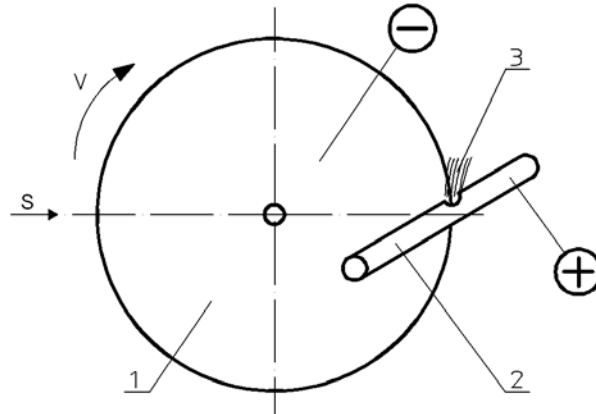


Рис. 11.2

## 11.2. Ультразвуковая обработка

Ультразвуковой метод обработки, в отличие от электроэрозионного, пригодного для обработки только токопроводящих материалов, может быть использован также для получения деталей из непроводящих ток хрупких и твердых материалов (кварца, стекла, алмаза, кремния, фарфора, рубина, спеченных твердых сплавов и др.). Пластичные материалы (свинец и др.) ультразвуковым методом практически не обрабатываются. Метод основан на ударном воздействии абразивных частиц, получающих кинетическую энергию от ультразвуковых колебаний инструмента.

Существует две разновидности ультразвуковой обработки. В первом случае обработка детали производится в абразивной суспензии (вода с карбидом бора), которой сообщаются ультразвуковые колебания. Этот метод используется обычно при декоративном шлифовании и снятии заусенцев.

Более перспективной является размерная (вторая разновидность) ультразвуковая обработка. При ее использовании движения абразивным зернам сообщаются торцом инструмента 2 (рис. 11.3), который через концентратор 3 жестко связан с преобразователем (вибратором) 4. Сердечник преобразователя изготовлен из пакета пластин, материал которых изменяет свои размеры в переменном магнитном поле (магнитострикционный эффект). Этим свойством обладают железо, кобальт, никель и их сплавы. На катушку преобразователя подают от генератора 5 электрические колебания ультразвуковой частоты 16 – 30 кГц, которые преобразуются в механические колебания инструмента той же частоты. Колебательная система прикреплена к шпинделю, который вместе с инструментом 2 перемещается по стрелке А в сторону обрабатываемой заготовки 1. В зону обработки через сопло 6 насосом подается абразивная суспензия.

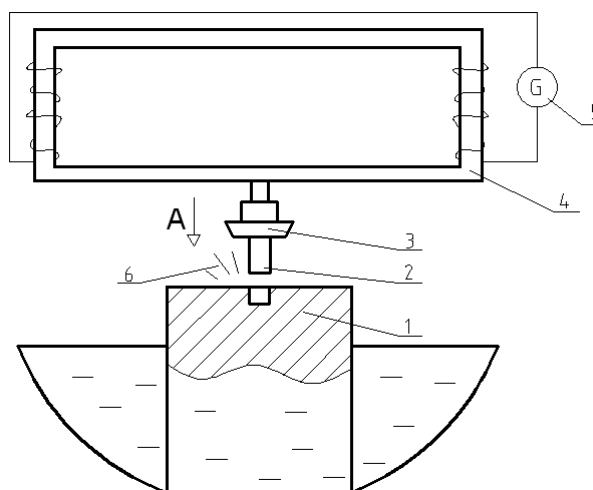


Рис. 11.3

Ультразвуковая обработка обеспечивает получение размеров по 7 – 8 качеству точности с шероховатостью обработанных поверхностей  $Ra = 0,8 - 0,2$  мкм.

### 11.3. Электрохимическая обработка (ЭХО)

ЭХО позволяет обрабатывать (полировать) электропроводные материалы практически любой твердости, при этом отсутствует вредное действие тепла на поверхность детали и инструмента и не образуется наклепа.

Сущность ЭХО заключается в том, что при протекании постоянного тока между электродами, погруженными в электролит, происходит процесс анодного растворения, т. е. переход металла анода в раствор. В качестве анода при этой обработке принимается деталь, а в качестве катодов – токопроводящие материалы, не поддающиеся разрушению электролитом (нержавеющая сталь, медь, свинец).

В ЭХ полировании металлический катод-инструмент 1 (рис. 11.4) с неэлектропроводными притирами 2 устанавливают над анодом – заготовкой 3. При протекании тока между инструментом и заготовкой, помещенными в электролит, на поверхности последней образуется хрупкая пленка, замедляющая процесс растворения. Для удаления пленки в раствор вводят мелкодисперсный абразив 4 (электрокорунд, окись хрома), шаржирующий эластичные неэлектропроводные притиры (из резины или другого пористого материала). Такое полирование называют еще анодно-абразивным.

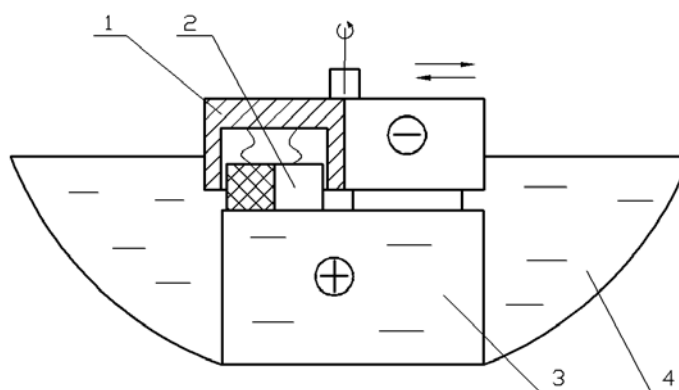


Рис. 11.4

При электронно-лучевой обработке изделие помещают в герметическую камеру и обеспечивают в ней вакуум. Специальное устройство (электронная пушка) создает остро сфокусированный пучок электронов, который ускоряется в вакууме до скорости порядка 100 км/с. Кинетическая энергия электронов, соударяющихся с деталью, превращается в теплоту, при этом в зоне обработки температура достигает  $\sim 6000^{\circ}\text{C}$  и металл испаряется.

Обработка излучением лазера целесообразна при диаметре отверстия (ширине щели) от нескольких микрометров до 0,5 мм, когда другие методы неприемлемы или недостаточно производительны. Процесс изготовления отверстия можно рассматривать как удаления материала за счет его испарения из зоны, на которой сфокусировано излучение ОКГ.

Применяются также магнитно – абразивная и магнитно-реологическая обработки.

## Часть 2. ОБРАБОТКА ТИПОВЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ ОП

### Глава 12. ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ

#### 12.1. Конструктивно-технологическая характеристика

Корпусные детали в оптических приборах выполняют функцию базирующих элементов. С их помощью соединяются и взаимно располагаются в пределах заданной точности все звенья прибора.

Наряду с требованием точности к обработке корпусных деталей предъявляются требования сохранения этой точности в течение всего периода эксплуатации прибора.

Условно корпусные детали можно разбить на следующие группы: коробчатые, рамочные, П-образные, Г-образные (кронштейны), трубчатые и др.

Характерной особенностью корпусных деталей является наличие точно расположенных относительно друг друга отверстий и базовой поверхности.

Материалы корпусных деталей. Большинство корпусных деталей оптических приборов изготавливают из сплавов на основе термообработанного

алюминия (Д1Т, Д16Т), титана, магния и др. Кроме того, корпусные детали изготавливают из сталей и чугуна, а для неотчетственных корпусных деталей применяют пластмассы.

Заготовки для корпусов получают различными способами литья, прессованием, сваркой или пайкой, комбинированным способом, когда отдельные элементы заготовки корпуса отливают, а затем их сваривают или соединяют пайкой.

Технологичность корпусных деталей. Трудоемкость изготовления корпусных деталей существенно зависит от технологичности их конструкции, т. е. от правильного выбора материала детали, назначения конструкторских баз, простановки размеров, формы поверхностей и их расположения, заданной точности размеров и т. д.

При проектировании корпусных деталей рекомендуется обеспечить следующие технологические требования:

1. Корпусная деталь должна быть жесткой и прочной, чтобы при закреплении заготовки и в процессе ее обработки под воздействием силы резания не возникали деформации, вызывающие погрешности обработки.

2. В корпусных деталях нерабочие поверхности желательно, где это возможно, оставлять без механической обработки (во избежание вскрытия раковин), ограничиваясь для получения товарного внешнего вида только обдувкой песком.

3. Следует избегать наклонного расположения обрабатываемых поверхностей (особенно под разными углами).

4. Базовые поверхности корпусной детали должны иметь достаточный размер, обеспечивающий устойчивость закрепляемых на них деталей.

5. Обрабатываемые поверхности должны быть открыты и доступны для подхода режущего инструмента при врезании и на выходе.

6. Отверстия в корпусной детали должны иметь по возможности простую геометрическую форму без кольцевых канавок и фасок.

7. Основные отверстия должны быть сквозными, по возможности без пересечения с другими отверстиями и окнами.

8. Точные отверстия должны быть только во внешних стенках корпусных деталей. Наличие точных отверстий в промежуточных перегородках нежелательно.

9. Крепежные отверстия корпусной детали должны быть стандартными, а их номенклатура (по диаметру) – минимальной.

## 12.2. Изготовление заготовок корпусных деталей

Литье является основным способом получения заготовок корпусов, при этом их форма и размеры максимально приближают к готовым деталям, что уменьшает последующую механическую обработку.

Для изготовления заготовок (отливок) корпусных деталей применяют литье в землю, литье по выплавляемым моделям и литье под давлением.



Литье в землю применяют главным образом для изготовления небольших серий крупногабаритных корпусов из сталей, чугунов и алюминиевых сплавов.

Литье по выплавляемым моделям применяют для получения деталей сложной конфигурации из сталей и цветных сплавов.

Процесс литья под давлением заключается в том, что расплавленный металл заливают в камеру литейной машины, соединенную литниковыми каналами с замкнутой формующей полостью разъемной металлической формы. Под действием поршня металл с камеры машины принудительно перегоняется в полость формы, заполняет ее, затвердевает и образует отливку. При раскрытии формы отливку удаляют.

### 12.3. Механическая обработка корпусных деталей

Трудоемкость механической обработки корпусных деталей вызвана необходимостью обеспечения их высокой точности и стабильности размеров. Высокие требования к точности обязывают вести обработку поверхностей и основных отверстий в несколько этапов и на стадии окончательной обработки использовать точные станки и инструмент. Разделение механической обработки на черновые и чистовые операции обусловлено необходимостью уменьшить влияние деформаций заготовки 1) на точность детали и износ прецизионного оборудования и 2) на перераспределение внутренних напряжений в самом корпусе.

Одним из наиболее сложных и важных вопросов, решаемых при проектировании технологического процесса обработки корпусных деталей, является назначение базирующих поверхностей. От решения этого вопроса зависят точность выполнения размеров, конструкция приспособлений и инструментов, а также общая трудоемкость обработки. При выборе базирующих поверхностей желательно совмещать технологические и измерительные базы с основными базами детали, т. е. осуществлять принцип единства баз.

При жестких требованиях к плоскостности после обработки на станках детали шабруют, а если помимо плоскостности необходимо обеспечить высокое качество поверхности (чистоту), их подвергают доводке.

Шабрением достигается плоскостность до 0,001 мм на длине 300 мм. С эксплуатационной точки зрения шабрение обеспечивает лучшее по сравнению со шлифованием прилегание поверхностей.

Доводкой достигается плоскостность 0,0006 мм на длине 300 мм. Доводку плоских поверхностей производят на притирочных плитах с помощью суспензии абразивного или алмазного порошков, а также пасты на их основе.

Обработка основных отверстий является наиболее сложной и трудоемкой частью технологического процесса изготовления корпусов. Эта обработка делится на черновую, чистовую и отделочную.

Для обработки отверстий в корпусах используют токарные, фрезерные, сверлильные и координатно – расточные станки.

## 12.4. Стабилизирующая термическая обработка корпусных деталей

Термическая обработка заготовок корпусных деталей обеспечивает стабильность размеров и формы в условиях длительной эксплуатации при переменной температуре.

Самопроизвольное изменение размеров механических деталей происходит из-за двух факторов: 1) нестабильности кристаллической решетки (решетки бывают: центрированный куб, куб с центрированными гранями, гексагональная и др.) и структурного состояния материала (в зависимости от содержания углерода железоуглеродистые сплавы имеют следующие структурные составляющие, которые могут переходить друг в друга: аустенит, ледебурит, перлит, феррит и цементит, фосфидная эвтектика, графит); 2) релаксации (выравнивания) остаточных внутренних напряжений, возникающих в деталях в процессе различных операций горячей и холодной обработки, а также при механосборочных работах.

Для обеспечения стабильности размеров деталей последние подвергают термической стабилизации. С этой целью вводят такие термические операции, как: 1) термическая обработка; 2) обработка холодом; 3) термоциклическая обработка; 4) нагрев под напряжением.

Термическую обработку в зависимости от требований к точности корпусной детали производят:

- 1) после получения заготовки (отливки, поковки и т. д.);
- 2) после предварительной (черновой) и чистовой обработок;
- 3) после окончательной обработки детали.

Первый вид термической обработки применяется с целью обеспечить однородные механические свойства и стабильное структурное состояние. Второй - снизить остаточные напряжения во всем объеме детали, а третий вид применяют только для высокоточных корпусных деталей.

Обработка холодом применяется для стальных корпусных деталей с целью понижения содержания аустенита в закаленной стали и производится после закалки перед отпуском на требуемую твердость. Интервал температур обработки холодом –  $(50 - 80)^\circ \text{C}$ .

Термоциклическая обработка заключается в чередовании нагрева и охлаждения и применяется для стабилизации размеров деталей, материал которых содержит фазы (структурные составляющие) с резко отличающимися коэффициентами теплового расширения.

## 12.5. Контроль корпусных деталей

### 12.5.1. Контроль механическими методами

В корпусных деталях контролируют точность диаметров отверстий и линейные размеры, а также точность формы и расположения поверхностей.

Выбор методов и средств контроля производят с учетом точности изготовления детали, ее размеров и конфигурации, а также количества контролируемых элементов.

Диаметральные и линейные размеры, выполненные с высокой точностью, контролируют гладкими калибрами или микрометрическими инструментами. Аналогичные размеры, обработанные менее точно, контролируют шаблонами «на просвет» или универсальными измерительными инструментами (штангенциркулями, штангенрейсмусами и т. д.). Калибры и шаблоны позволяют оценить лишь соответствие размера его заданным предельным значениям без определения действительного размера.

Точность обработки резьбовых поверхностей также контролируют резьбовыми калибрами (пробками и скобами).

Наиболее простым способом контроля отклонения формы плоскостей (неплоскостности и непрямолинейности) является контроль при помощи поверочных линеек и плит. Поверочные линейки выпускают различных типов длиной от 80 до 500 мм двух классов точности (0 и 1-го). Поверочные плиты выпускают пяти классов точности (01, 0, 1, 2 и 3) размерами от 250x250 мм до 400x1600 мм. Плиты изготавливают из чугуна с шаброванными рабочими поверхностями.

Сущность контроля прямолинейности и плоскостности линейками и плитами заключается в том, что контролируемую поверхность детали сравнивают с рабочей поверхностью плиты или линейки, которую принимают за эталонную плоскость или прямую. Это сравнение можно производить «на просвет» при контроле поверочными линейками и «на краску» при контроле плитами.

При контроле «на просвет» линейку рабочим углом устанавливают на контролируемую поверхность и на глаз оценивают просвет между ними. Невооруженный глаз способен обнаружить просвет, равный 5 – 2 мкм. Линейку устанавливают на контролируемую поверхность в диагональном и нескольких продольных и поперечных ее сечениях.

При проверке плоскостности «на краску» поверхность образцовой плиты покрывают тонким слоем краски и приводят в соприкосновение с контролируемой поверхностью. По распределению окрашенных пятен на контролируемой поверхности можно судить о расположении на ней «бугров» и «ям», но оценить величину неплоскостности нельзя.

Для контроля формы отверстий корпусных деталей в осевом сечении часто используют координатно – расточные станки. Для этого ось вращения вспомогательного поворотного стола, закрепленного на главном столе станка, совмещают с осью шпинделя. На поворотном столе закрепляют деталь в положении, при котором ось контролируемого отверстия точно совмещается с осью шпинделя. Затем поворотный стол поворачивают на некоторый заданный угловой шаг и в каждом положении стола с помощью индикаторного центроискателя, укрепленного на шпинделе станка, измеряют разность  $\Delta R$  между значением радиуса отверстия в начале и вдоль его оси. По найденным значениям  $\Delta R$  можно построить профиль отверстия в контролируемом сече-

нии. Данный метод малопроизводительный, но универсальный и не требует специальных вспомогательных устройств и приспособлений.

На рис. 12 – 1 показаны схемы контроля отклонений от параллельности и перпендикулярности поверхностей с использованием индикаторов. Для контроля неперпендикулярности плоскостей деталь базовой поверхностью устанавливают на поверочную плиту, а контролируемой плоскостью прижимают к двум упорам приспособления (рис. 12 – 1, а), один из которых неподвижен, а другой является наконечником индикатора. Настройку индикатора осуществляют по эталонному угольнику. Разность показаний индикатора  $\Delta x$  при его настройке и контроле детали позволяет определить угол неперпендикулярности  $\alpha$  плоскостей, измеренной на длине  $L$ :  $\alpha = \Delta x / L$ .

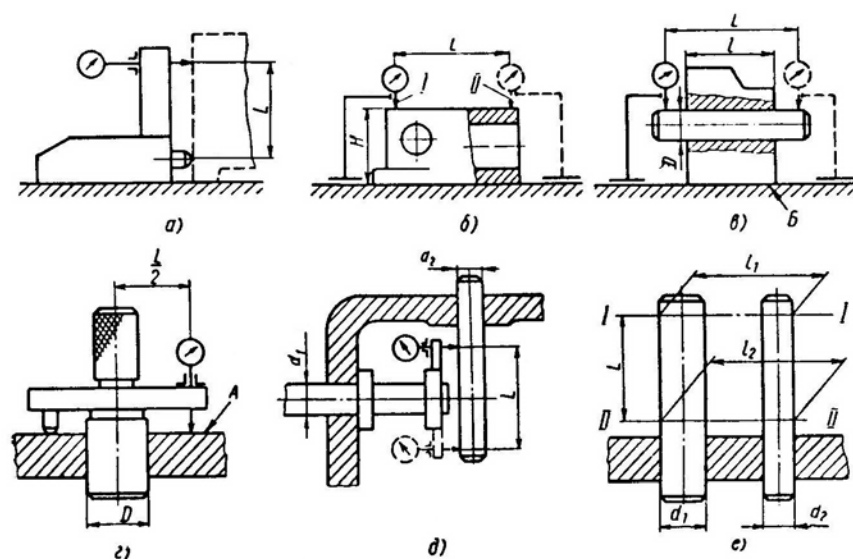


Рис. 12.1. Схемы контроля параллельности перпендикулярности с использованием индикаторов

Схема контроля отклонения от параллельности плоскостей корпусной детали на поверочной плите показана на рис. 12 – 1, б. Контроль сводится к измерению с помощью индикатора, укрепленного на стойке, разности высот детали  $H$  в точках / и //. Разность показаний индикатора равна непараллельности плоскостей детали на длине  $L$  в линейной мере.

По аналогичной схеме (рис. 12 – 1, в) контролируют непараллельность оси отверстия диаметром  $D$  плоскости  $B$ . На трех последних схемах рис. 12 – 1 положения осей контролируемых отверстий определяются специальными оправками, установленными в отверстия с минимальными зазорами.

Контроль соосности отверстий крупногабаритных деталей можно вести по схеме, показанной на рис. 12 – 2, а с использованием двух оправок и индикаторной насадки. Детали средних размеров удобнее контролировать по схеме, приведенной на рис. 12 – 2, б. Деталь 1 закрепляют в приспособлении на пальце 2 и вращают ее вокруг оси базового отверстия  $d_1$ . При этом индикатором определяют биение отверстия диаметром  $d_2$  относительно оси отверстия диаметром  $d_1$ . Несоосность контролируемых отверстий равна половине измеренного биения. Это приспособление позволяет проконтролировать и неперпендикулярность торцов А и Б оси базового отверстия  $d_1$ .

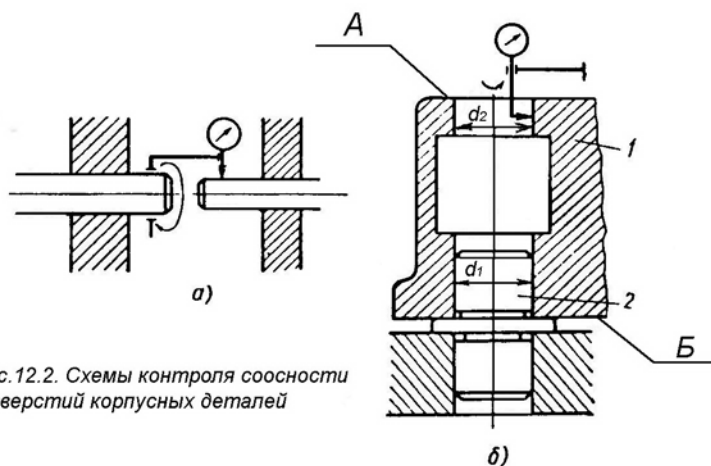


Рис.12.2. Схемы контроля соосности отверстий корпусных деталей

### 12.5.2. Контроль оптическими методами

Контроль точности расположения поверхностей деталей с помощью автоколлиматоров осуществляется двумя методами: а) методом сравнения с эталоном и б) разностным методом.

Контроль параллельности плоскостей детали методом сравнения с эталоном показан на схеме А1 (табл. 12.1).

На поверочную плиту *ПП* устанавливают эталон, представляющий собой накладное зеркало  $HЗ_2$ , установочная поверхность которого параллельна отражающей поверхности зеркала (на схеме последняя показана утолщенной линией). Автоколлиматор *А*, укрепленный на стойке, располагают перпендикулярно отражающей поверхности зеркала  $HЗ_2$  путем его наклона и разворота. Установку автоколлиматора контролируют по совмещению автоколлимационного изображения сетки с центром самой сетки.

Затем на место эталона на поверочную плиту базовой плоскостью устанавливают деталь *КД*. На контролируемую поверхность помещают накладное зеркало  $HЗ_1$ , к которому предъявляются те же требования, что и к эталону.

Если контролируемые плоскости детали непараллельны между собой на угол  $\varphi$ , то это приведет к наклону  $HЗ_1$  относительно отражающей поверхности эталона. В результате автоколлимационное изображение сетки автоколлиматора от  $HЗ_1$  сместится от центра этой сетки на величину, пропорциональную углу  $\varphi$ , который определяется непосредственно по самой сетке.

Контроль параллельности плоскостей *А* и *Б* разностным методом представлен на схеме А2 (табл. 12.1). Деталь произвольно устанавливают на любую устойчивую опору (массивный стол, поверочную плиту, стол станка и т. п.). На одной из контролируемых плоскостей укрепляют накладное зеркало  $HЗ_1$ . Автоколлиматор *А* выставляют так, чтобы автоколлимационное изображение сетки от отражающей поверхности  $HЗ_1$  находилось в поле зрения автоколлиматора. В этом положении по отсчетной сетке снимают первый отсчет  $\varphi_1$ . Затем на другой контролируемой поверхности укрепляют  $HЗ_2$  и по автоколлиматору снимают второй отсчет  $\varphi_2$ . Величина непараллельности  $\varphi$  (в угловой мере) равна разности отсчетов  $\varphi_2 - \varphi_1$ .

Схемы контроля точности расположения поверхностей корпусных деталей автоколлимационным методом

| Обозначение схемы                        | Схема | Обозначение схемы | Схема |
|--|-------|-------------------|-------|
| А. Контроль отклонения от параллельности |       |                   |       |
| A1                                       |       | A4                |       |
| A2                                       |       | A5                |       |

| Обозначение схемы                            | Схема | Обозначение схемы | Схема |
|--|-------|-------------------|-------|
| A3   |       | A6                |       |
| Б. Контроль отклонения от перпендикулярности |       |                   |       |
| B1   |       | B5                |       |

Схема  $A4$  отличается от схемы  $A2$  лишь тем, что накладные зеркала заменены зеркальными угольниками  $V3_1$  и  $V3_2$ , у которых установочная поверхность перпендикулярна отражающей поверхности зеркала.

Для контроля параллельности оси нижнего отверстия базовой плоскости детали (схема  $A5$ ) последнюю устанавливают на поверочную плиту, на которую помещают эталонный зеркальный угольник  $V3$  и перпендикулярно ему выставляют автоколлиматор. Затем в отверстие детали вставляют зеркальную оправку  $O3_1$  и по углу наклона зеркала этой оправки, измеренной по автоколлиматору, определяют величину непараллельности. Для оценки параллельности осей отверстий детали необходимо, сняв отсчет по автоколлиматору от  $O3_1$ , переместить автоколлиматор в верхнее положение, выставить его перпендикулярно эталону  $V3$ , установить в отверстие оправку  $O3_2$  и снять

2-й отсчет. Разность отсчетов (в угловой мере) равна углу между осями контролируемых отверстий.

На схеме *Б4* для контроля перпендикулярности осей перекрещивающихся отверстий кроме эталонного угольника и зеркальных оправок используют поворотный стол *ПС*. Деталь помещают на поворотный стол, автоколлиматор устанавливают против нижнего отверстия и выставляют перпендикулярно эталону *УЗ*. Затем в отверстие вставляют оправку *ОЗ<sub>2</sub>* и поворотом стола добиваются совмещения автоколлимационного изображения сетки с центром самой сетки. В данном положении по угломерному устройству поворотного стола снимают первый отсчет  $\varphi_1$ . После этого стол разворачивают на угол примерно  $90^\circ$ , автоколлиматор поднимают на высоту верхнего отверстия и вновь выставляют по эталону. В отверстие вставляют оправку, повторяют предыдущую операцию и находят второй отсчет  $\varphi_2$ . Величину неперпендикулярности  $\Delta\varphi$  отверстий вычисляют по формуле

$$\Delta\varphi = 90^\circ - (\varphi_2 - \varphi_1).$$

Контроль углов между поверхностями деталей (схемы *В1, В2, В3*) производят одним или двумя автоколлиматорами. В этих случаях автоколлиматоры с помощью эталонов предварительно устанавливают на величину контролируемых углов  $\alpha$ . В качестве эталонов могут быть использованы набор угловых мер, синусный стол, теодолит, делительная головка, точная призма и т. п. После настройки автоколлиматоров устанавливают контролируемую деталь с накладными зеркалами, а дальше контроль проводят описанными выше способами.

Проверку точности углов  $\alpha$  между отверстиями (схема *В4*) выполняют с помощью двух автоколлиматоров, зеркальной оправки *ОЗ*, поворотного стола *ПС* и точной многогранной (по числу отверстий в детали) призмы *Э*. Стол используют только для поворота детали. При этом точность поворота контролируют с помощью верхнего автоколлиматора и многогранной призмы, а точность угла между осями отверстий оценивают по нижнему автоколлиматору и оправке *ОЗ*, которую последовательно устанавливают в контролируемые отверстия.

Контроль соосности отверстий (схема *Г1*) проводят с помощью двух зеркальных оправок. В одно из контролируемых отверстий детали вставляют зеркальную оправку *ОЗ<sub>1</sub>* и по ней выставляют автоколлиматор. Затем оправку вынимают, а вместо нее сразу в оба отверстия вставляют оправку *ОЗ<sub>2</sub>* и определяют угол наклона  $\alpha$  оправки относительно оси выставленного автоколлиматора. Измерив этот угол, величину несоосности  $\Delta$  вычисляют по формуле

$$\Delta = L \operatorname{tg} \alpha,$$

где  $L$  — расстояние между средними сечениями контролируемых отверстий.

Контроль соосности валов (схема *Г2*) осуществляют аналогичным образом, только вместо зеркальных оправок используют зеркальные мостики *МЗ<sub>1</sub>* и *МЗ<sub>2</sub>*, имеющие призматические установочные поверхности.

Автоколлимационные методы контроля имеют следующие достоинства:

- 1) высокая точность контроля;
- 2) контроль осуществляется бесконтактным способом;
- 3) при контроле деталей разностным методом не требуется точных поверочных плит, можно использовать любую устойчивую опору;
- 4) контрольные приспособления просты по конструкции и универсальны, поскольку автоколлиматоры, накладные зеркала, мостики, плиты могут быть использованы для контроля различных деталей;
- 5) автоколлимационные методы позволяют контролировать детали в любом удобном для контроля положении.

К недостаткам методов можно отнести:

- 1) необходимость использования сравнительно дорогих автоколлиматоров;
- 2) необходимость изготовления специальных вспомогательных зеркальных приспособлений (эталонов, оправок и т. п.).

## Глава 13. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОПРАВ, КОЛЕЦ И ТУБУСОВ

### 13.1. Конструктивно-технологическая характеристика деталей

Оправы обычно представляют собой сложные по конструкции тонкостенные (0,5 – 5 мм) втулки различных диаметров и длин. Они предназначены для крепления оптических деталей.

Внутренние поверхности оправ снабжены гладкими цилиндрическими посадочными поверхностями, которые являются базами для установки в них круглых оптических деталей. Для закрепления оптических деталей на внутренних поверхностях оправ выполняют специальные проточки (при закреплении разрезным пружинным кольцом), нарезают резьбу (при закреплении резьбовым кольцом) или формируют кольцевую кромку (при креплении оптических деталей завальцовкой).

Для уменьшения отражения света от внутренних стенок оправ на них делают рифления в виде кольцевых или винтовых канавок с шагом 0,35 – 0,5 мм и углом профиля 60°.

Наружные поверхности оправ имеют цилиндрическую посадочную поверхность или резьбу, необходимые для соединения оправ с тубусами.

С целью обеспечения центрировки оптических систем внутренние и наружные поверхности оправ делают соосными, однако в отдельных случаях эти поверхности обрабатывают с некоторым эксцентриситетом. Такие эксцентриковые оправы часто используют в бинокулярных оптических приборах для юстировки взаимного положения визирных осей.

Тубусы являются несущими силовыми деталями и имеют жесткую конструкцию. В тубусах закрепляют элементы оптической системы, механизмы их перемещения, диафрагмы. Рабочая поверхность тубусов обычно внутренняя. На ней обрабатывают одну или несколько соосных посадочных цилиндрических и резьбовых поверхностей, необходимых для установки и закрепления оправ. Кроме того, в конструкции тубуса предусматривают установоч-



ные и крепежные наружные поверхности для закрепления его в корпусе прибора.

На сопрягаемых оправках и тубусах иногда нарезают многозаходную окулярную резьбу, обеспечивающую значительные осевые перемещения оправ при небольшом угле их поворота, а также выполняют пазы, лыски, проточки и т. д.

На наружных поверхностях оправ и тубусов часто делают накатку для поворота их рукой. В приборах с автоматическим управлением на оправках и тубусах изготавливают зубчатые секторы.

Конструкции оправ и тубусов приведены на рис. 13.1, а, в.

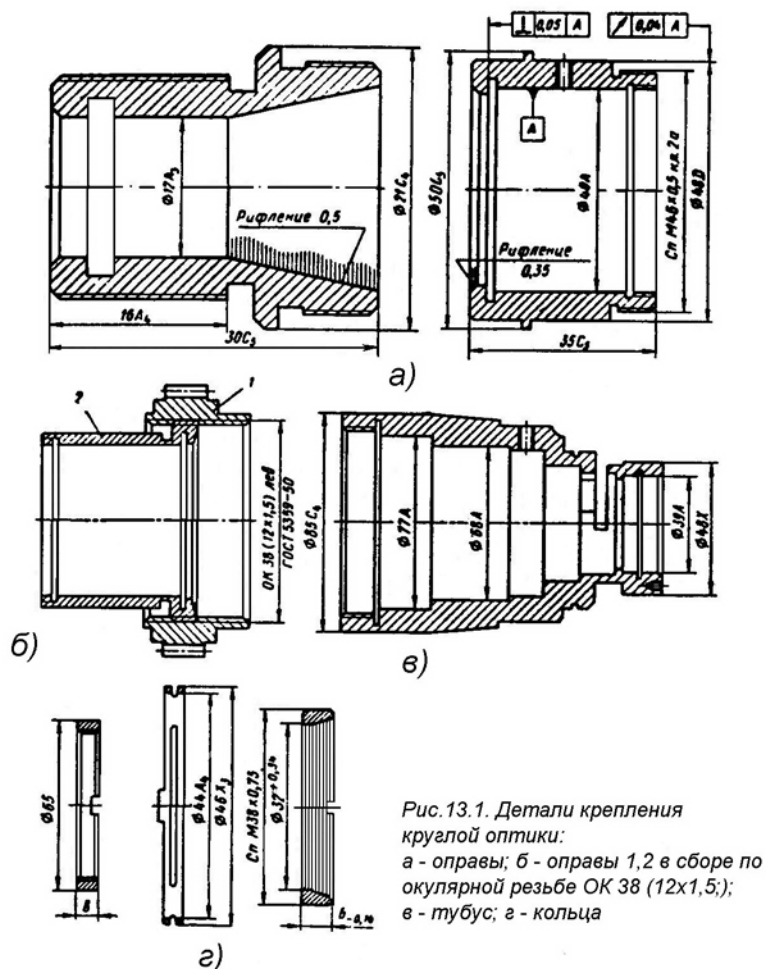


Рис. 13.1. Детали крепления круглой оптики:  
а - оправы; б - оправы 1,2 в сборе по окулярной резьбе ОК 38 (12x1,5);  
в - тубус; г - кольца

Кольца представляют собой короткие втулки с гладкими, рифлеными или резьбовыми цилиндрическими и коническими поверхностями (рис. 13.1, г). У резьбовых колец на торцах имеются шлицы или отверстия под ключ. Пружинные кольца имеют пазы на боковых поверхностях.

При изготовлении оправ, колец и тубусов применяют алюминиевые сплавы марок Д16, Д16-Т, латуни и реже бронзу. Стальные оправы встречаются редко, их изготавливают из сталей марок 20, 45, 50 или легированных сталей. В отдельных случаях для изготовления оправ используют титановые сплавы.

При изготовлении оправ, тубусов и колец в качестве заготовок используют прутки и трубы, а также получают их литьем под давлением и холодной штамповкой.

### 13.2. Типовой технологический процесс изготовления оправ, колец и тубусов

Данный технологический процесс для оправ и тубусов состоит из следующих основных этапов.

1. Предварительная токарная обработка заготовок, при которой удаляют большую часть припуска с посадочных поверхностей (линейные и диаметральные размеры этих поверхностей обрабатывают по 11 – 12 квалитетам точности), осуществляют нарезание крепежных резьб и рифлений, делают накатку.

2. Окончательная обработка посадочных поверхностей, в процессе которой обеспечивается требуемая точность размеров.

3. Обработка вспомогательных поверхностей (отверстий, пазов, шлицев и т. д.).

4. Нанесение шкал, товарных знаков, номеров и т.п. на поверхностях оправ и тубусов.

5. Отделка деталей, нанесение покрытий.

На различных стадиях обработки оправ и тубусов в технологический процесс часто вводят операции термической обработки и контрольные операции.

Предварительную токарную обработку оправ и тубусов из прутков, труб и штучных заготовок осуществляют на токарно – револьверных станках и револьверных автоматах с использованием универсальных приспособлений и нормализованного режущего инструмента.

Окончательную обработку посадочных поверхностей оправ и тубусов ведут на высокоточных токарных и шлифовальных станках. Точность размеров деталей достигается здесь посредством их обработки на настроенном станке (если станок может обеспечить требуемую точность). В противном случае обработку ведут методом пробных проходов и промеров.

Точность расположения поверхностей достигается путем их обработки за один установ, использования точных центрирующих приспособлений и соблюдения принципа совмещения баз.

Термическую обработку вводят в технологический процесс с целью снятия внутренних напряжений в материале заготовки, которые оказывают существенное влияние на стабильность размеров детали, а также для улучшения механических свойств (твердости, износостойкости, прочности) ее материала.

Отделка поверхностей (например, алмазное точение) и нанесение покрытий являются заключительными операциями обработки оправ и тубусов.

Контроль линейных и диаметральных размеров оправ и тубусов в процессе их механической обработки осуществляют на рабочем месте с помо-

щью калибров, шаблонов или универсальных измерительных инструментов. Такой контроль является составной частью операции механической обработки. В самостоятельную контрольную операцию выделяют контроль форм и расположения поверхностей, требующий специальных контрольных приспособлений.

Технологический процесс изготовления колец включает в себя токарные, фрезерные и сверлильные операции. На токарных операциях осуществляют обработку цилиндрических поверхностей, крепежных резьб и рифлений. Обработку выступов на торцах оправ, колец и тубусов и прорезей на боковых поверхностях пружинных колец производят на фрезерных станках.

### 13.3. Проектирование операций обработки оправ на токарно–револьверных станках

Данное проектирование заключается в назначении последовательности обработки поверхностей тел вращения, выборе режущего и вспомогательного инструментов и определении режимов резания. Принятую последовательность обработки детали и выбранный инструмент изображают графически в виде схемы.

Для токарно-револьверных станков схема обработки представляет собой эскиз револьверной головки (рис. 13.2), оснащенной режущим и вспомогательным инструментом, с эскизами заготовки на каждом переходе. На эскизах режущий инструмент показывают в конечном положении, обрабатываемые поверхности выделяют жирными линиями, иногда проставляют получаемые размеры. На каждом переходе по оси детали условными обозначениями (табл. 13.1) указывают фиксацию револьверной головки и ее движения.

При составлении схемы обработки учитывают следующие рекомендации.

1. Холоднотянутые и шлифованные прутки следует закреплять в цанговых патронах, а штучные заготовки и горячекатаные прутки - в кулачковых патронах.

2. Отверстия диаметром более 10 мм, имеющие небольшую глубину (отношение глубины к диаметру для сталей не более 3 и цветных сплавов не более 5), можно сверлить без предварительной центровки.

3. При обработке ступенчатых отверстий диаметров до 35 мм сначала сверлят отверстие большего диаметра, что сокращает время выполнения операции. Если обрабатывается отверстие диаметром более 35 мм, то рекомендуется предварительно просверлить отверстие малого диаметра, чтобы исключить участие перемычки сверла (поперечного режущего лезвия) в процессе резания.

4. Подрезку торца лучше выполнять после сверления отверстия, при этом сокращается основное время и не требуется точной установки резца по оси шпинделя.

5. При обработке отверстий в тонкостенных деталях сверлом или разверткой происходит увеличение диаметра наружной поверхности, поэтому чистовую обточку в этих случаях выполняют после обработки отверстия.

6. Следует стремиться к максимальному совмещению переходов, т. е. вести одновременно обработку несколькими инструментами, при этом уменьшается основное время обработки. Одновременно работающие резцы располагают так, чтобы возникающие при их работе усилия резания взаимно уравновешивались.

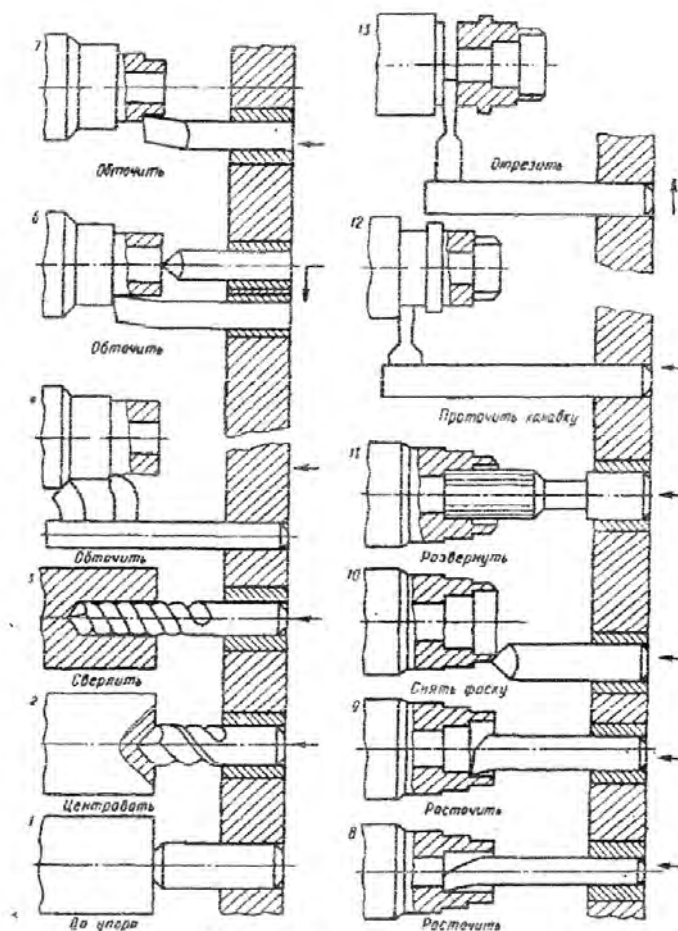


Рис 13,2 План обработки оправы на токарно-револьверном станке

7. Режимы резания назначают с учетом материалов заготовки и режущего инструмента, заданного качества обработки, конструкции детали, применяемых смазочно-охлаждающих жидкостей и т. п. При одновременной обработке детали несколькими инструментами (рис. 13.3) число оборотов  $n$  шпинделя вычисляют по допустимой в данном случае нормативной скорости резания  $v$  для наибольшего обрабатываемого диаметра  $d_2$ ,
















$$n = \frac{1000v}{\pi d_2} \text{ об/мин,}$$

а возможность сверления отверстия диаметром  $d_3$  при таких оборотах заготовки оценивают сравнением величины

$$v' = \frac{\pi d_3 n}{1000}$$

с допустимым значением скорости резания при сверлении отверстия диаметром  $d_3$ , определяемой по соответствующим таблицам.

Таблица 13.1  
Условные обозначения, применяемые при построении плана обработки на револьверных станках с горизонтальной осью поворота головки

| Условные обозначения  | Наименование обозначений   | Условные обозначения  | Наименование обозначений                                     |
|---|--|---|--|
|  | Продольный упор револьверной головки                                   |  | Рабочее движение револьверной головки назад                  |
|  | Продольный боковой упор  |  | Рабочее движение револьверной головки на себя                |
|  | Поперечный упор револьверной головки                                   |  | Рабочее движение револьверной головки от себя                |
|  | Револьверная головка зафиксирована                                     |  | Холостое движение револьверной головки                       |
|  | Фиксатор револьверной головки выключен, револьверная головка отключена |  | Продольная обработка с зафиксированной револьверной головкой |
|  | Продольная обработка по делениям                                       |  | Продольная обработка на поперечном упоре                     |
|  | Поперечная обработка по делениям                                       |  | Обработка по копиру  |
|  | Рабочее движение револьверной головки вперед                           |   |  |

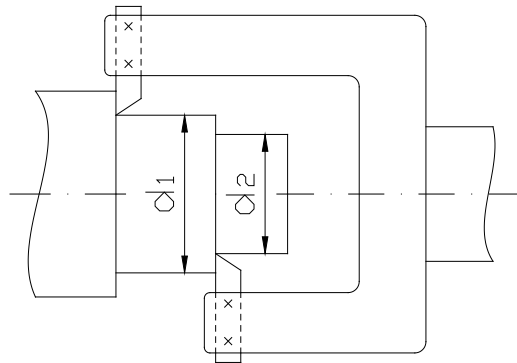


Рис. 13.3.

#### 13.4. Окончательная токарная обработка оправ и тубусов

Необходимость выделения окончательной токарной обработки в отдельную операцию обусловлена следующим: 1) не всегда удастся обеспечить требуемую точность размеров в процессе предварительной обработки; 2) после предварительной обработки под действием остаточных напряжений детали деформируются с образованием погрешности формы и расположения поверхностей.

Для уменьшения остаточных напряжений детали перед окончательной обработкой подвергают термическому воздействию.

Обработку двух и более внутренних соосных поверхностей и перпендикулярных к ним торцов необходимо вести с одной установки. В этом случае деталь закрепляют по наиболее точной и протяженной наружной поверхности.

сти. Если посадочные поверхности должны быть расположены соосно с резьбовыми поверхностями, то рекомендуется обрабатывать резьбу одновременно с посадочными поверхностями. Если резьба получена при предварительной обработке, ее можно использовать в качестве базы для установки и закрепления детали с помощью дополнительной резьбовой оправки (обработка от резьбы).

В случае необходимости обеспечить соосность внутренних и наружных посадочных поверхностей оправ обработку целесообразно вести "от отверстия", т. е. сначала обработать внутреннюю поверхность, а затем, базирясь на обработанное отверстие, следует точить наружную поверхность.

При обработке оправ и тубусов, к посадочным поверхностям которых предъявляются повышенные требования в отношении точности формы, сила их закрепления на станке должна быть минимальной, но обеспечивающей надежное фиксирование детали. Для уменьшения колебания величины погрешности формы в пределах партии оправ следует при их закреплении обеспечивать постоянное усилие зажима (например, тарированными ключами).

Погрешность формы оправ зависит не только от количества зажимных кулачков, но также от их формы и размеров. Радиус поверхности кулачков, контактирующей с деталью, должен быть равен радиусу поверхности детали, по которой она закрепляется. Этим обеспечивается равномерное распределение усилия по поверхности детали, что уменьшает ее деформацию.

Для минимизации погрешности формы при закреплении труб их свободную сторону поджимают вращающимся центром.

### 13.5. Обработка вспомогательных поверхностей

Вспомогательные поверхности (отверстия, пазы, лыски и т. п.) служат для прикрепления оправ и тубусов к корпусу прибора, установки стопорных винтов, штифтов, для монтажа диафрагм и т. п. Вспомогательные отверстия бывают осевые и радиальные, глухие и сквозные, гладкие и резьбовые.

Обработку классных резьбовых отверстий ведут в следующей последовательности: сверление, зенкерование, развертывание, нарезание резьбы.

Для сверления отверстий в оправках или тубусах иногда используют кондукторы, позволяющие получать отверстия на одинаковом расстоянии от базовой поверхности всей партии деталей.

Отверстия зенкуют для образования конической поверхности под винт с потайной (конической) головкой и для снятия фасок перед нарезанием резьбы. Обработку ведут специальными зенковками, а иногда заточенными под соответствующие углы сверлами диаметром большим, чем диаметр отверстия.

Зенковкой специальной конструкции можно получить также неглубокое цилиндрическое отверстие несколько большего диаметра основного отверстия и соосно ему расположенного (например, под головку болта или винта с цилиндрической головкой).

Пазы на торцах и боковых поверхностях оправ обрабатывают на фрезерных станках.

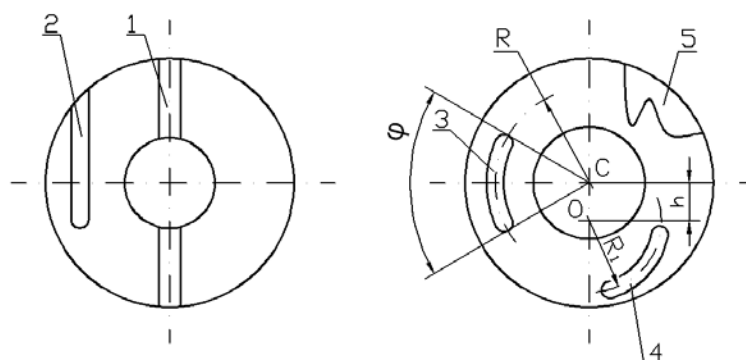


Рис. 13.4

Сквозные пазы (шлицы) на торцах фрезеруют дисковыми фрезами (паз 1, рис. 13.4) на горизонтально- и вертикально-фрезерных станках, а несквозной паз 2 - на вертикально-фрезерном станке концевой фрезой.

Обработку криволинейных пазов обычно ведут на вертикально-фрезерных станках концевыми фрезами. В частности, радиусный концентричный паз 3 (рис. 13.4) получают при круговой подаче детали в поворотном приспособлении, установленном на столе станка. При этом ось оправы совмещают с осью вращения приспособления, а фрезу располагают на расстоянии  $R$  от оси приспособления. Угол  $\varphi$  выдерживают по предварительно установленным упорам или по угломерной шкале приспособления. Аналогичным способом ведут обработку паза 4, но в поворотном приспособлении оправу устанавливают так, чтобы ее ось симметрии  $C$  была смещена от оси вращения  $O$  поворотного приспособления (или поворотного стола) на величину  $h$ . Криволинейные пазы произвольной формы (паз 5) обрабатывают по копиру.

Пазы на боковой поверхности оправ и тубусов обрабатывают на вертикально-фрезерных станках, оснащенных делительными головками.

Зубчатые секторы на оправках обрабатывают зубофрезерованием или зубодолблением.

### 13.6. Обработка окулярной резьбы

Окулярная резьба имеет укороченный профиль с углом  $60^\circ$  и применяется в оправках объективов и окуляров для обеспечения значительных осевых перемещений оправ при небольших углах их поворота. Параметры окулярной резьбы и допуски на ее размеры даны в ГОСТ 5359-77.

Рекомендуемое число заходов окулярной резьбы 2, 4, 6, 8, 12, 16, 20, однако на практике часто применяют резьбы с нечетным числом заходов 3, 5, 7, 11. Для многозаходной резьбы действительно соотношение:

$$P_n = P n,$$

где  $P_n$  – ход резьбы;  $P$  – шаг резьбы;  $n$  – число заходов.

Установлены условные обозначения окулярной резьбы на чертежах. Например, правая одиннадцатизаходная окулярная резьба диаметром 55 мм и

шагом 1,5 мм обозначается: Ок 55 x 16,5 (P1,5) ГОСТ 5359–77; левая восьми-заходная резьба диаметром 40 и шагом 1,5 мм – Ок 40 x 12 (P1,5) ЛН ГОСТ 5359–77, а правая однозаходная резьба диаметром 12 мм и шагом 1,5 мм - Ок 12 x 1,5 (P1,5) ГОСТ 5359–77Z.

К окулярной резьбе часто предъявляются жесткие требования соосности (порядка 0,01-0,05 мм) с цилиндрическими поверхностями детали. После окончательной обработки резьбы и сборки

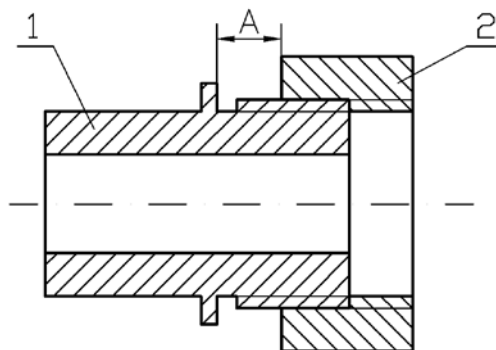


Рис.13.5

пары оправ "винт – гайка" резьбовое соединение должно удовлетворять заданным допускам по осевой и радиальной качке. Например, после притирки окулярной резьбы (рис. 13.5) оправы 1 («винт») с оправой 2 («гайка») для трех значений величины  $A$  должны удовлетворяться следующие требования:

| Расстояние,<br>$A$ , мм | Допустимая качка, мм |            |
|-------------------------|----------------------|------------|
|                         | осевая               | радиальная |
| 1                       | 0,02                 | 0,04       |
| 5                       | 0,025                | 0,05       |
| 10                      | 0,03                 | 0,06       |

Порядок обработки оправ с окулярной резьбой следующий. Сначала обрабатывают партию оправ, имеющих внутреннюю резьбу («гайки»). Контроль нарезанной резьбы осуществляют резьбовыми калибрами – пробками. Затем нарезают резьбу на «винтах». При этом «винты» обрабатывают по «гайкам», которые используют как «калибры». Операцию продолжают до тех пор, пока «гайка» не будет навинчиваться на «винт» с определенным усилием, для чего на «винте» оставляют припуск порядка 0,01 – 0,015 мм.

Для требуемой плавности хода в окулярной резьбе на нее не наносят защитных покрытий. Поэтому окулярные резьбы нарезают после нанесения покрытий. Окулярную резьбу нарезают с помощью резцов на токарно-винторезных, револьверных станках и специализированных полуавтоматах.

Полученные пары оправ взаимно притирают для достижения требуемых эксплуатационных характеристик соединения (плавного хода, отсутствия превышающей допуск радиальной и осевой кач-



ки), которые не могут быть обеспечены при механической обработке резьб.

Процесс притирки окулярных резьб заключается в следующем. На резьбовую поверхность скомплектованной пары оправ "винт – гайка" наносят пасту ГОИ, детали свинчивают и сообщают им относительный проворот попеременно в одну и другую сторону, т. е. осуществляют их периодическое свинчивание и развинчивание. Данную операцию выполняют либо вручную, либо на станках, но с использованием ручного труда. Это связано с тем, что необходимое время обработки различных участков резьбы неодинаково и оно зависит от многих факторов (неравномерности припуска, оставленного на притирку, погрешностей формы деталей и т. п.). При ручной притирке время окончания обработки отдельных участков резьбы рабочий определяет по величине крутящего момента, который он прикладывает для относительного проворота оправ ("по чувству").

### 13.7. Особенности обработки корпусов–труб

Корпуса–трубы имеют сравнительно тонкие стенки (2 – 5 мм) и значительную длину.

Обычно с обеих сторон корпусов-труб обрабатывают точные соосные наружные и внутренние посадочные и вспомогательные поверхности.

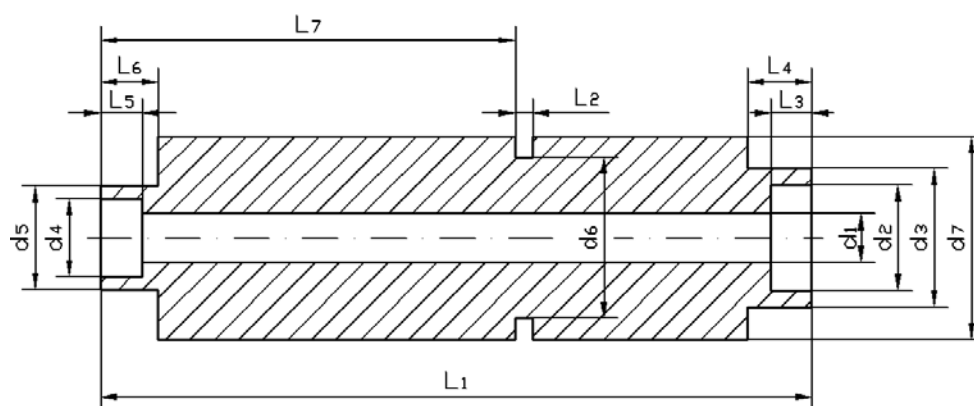


Рис. 13.6

Рассмотрим последовательность выполнения операций при изготовлении корпуса зрительной трубы (рис. 13.6). У заготовки, полученной литьем под давлением, удаляют следы литника от разводящего канала и приливов от плоскости разъема формы.

Для последующей токарной обработки заготовку по внутренней необработанной поверхности (черновой базе) диаметром  $d_1$  одной стороной устанавливают на разжимной оправке, которую закрепляют в патроне токарного станка, а вторую сторону детали поджимают вращающимся центром. На этой операции подрезают торцы в размер  $L_1$  и обтачивают поверхность диаметром  $d_7$ . Затем производят расточку отверстия диаметром  $d_2$  и обтачивают поверхность диаметром  $d_3$ , а также протачивают канавку диаметром  $d_7$ . Для этого заготовку по обработанной поверхности диаметром  $d_7$  одной стороной закрепляют в кулачковом патроне станка, а другую ее сторону вставляют в кольцо с точно обработанным внутренним диаметром  $d_7$ , которое закреплено в люнете и выставлено по оси шпинделя станка. Это кольцо является дополнительной опорой, которая повышает жесткость заготовки, что позволяет обеспечить соосность поверхностей диаметрами  $d_2$  и  $d_3$ .

Аналогичным образом закрепляют заготовку, повернув ее на  $180^\circ$ , для обработки поверхностей диаметрами  $d_4$  и  $d_5$ .

### 13.8. Контроль оправ и тубусов

Точность обработки посадочных внутренних и наружных поверхностей оправ и тубусов контролируют с помощью предельных калибров (проходных и непроходных скоб и пробок), микрометрических инструментов (микрометров, микрометрических нутромеров и т. д.), штангенциркулей, штангенрейсмусов, индикаторов часового типа.

При этом часто используют специальные и переналаживаемые контрольные приспособления. На рис. 13.7, *а* показано переналаживаемое приспособление, настроенное на контроль размера  $15,5^{+0,019}$  детали, изображенной на рис. 13.7, *б*. В корпусе 1 установлена сменная вставка 2. Индикатор 3, укрепленный в корпусе, настраивается по набору концевых мер или эталонной детали на контролируемый размер. Для контроля детали приспособление помещают в отверстие оправы. Опорные поверхности *A* и *B* корпуса и вставки упираются в торцы *A'* и *A'* оправы. При этом показания индикатора для годной детали должны находиться в пределах допуска.

Приспособление для контроля высоты *H* детали (рис. 13.8) состоит из корпуса 1, подвижного упора 2 и пружины 3. На верхней части подвижного упора 2 имеются две горизонтальные риски, расстояние между которыми равно допуску  $\delta$  на контролируемый размер. Приспособление устанавливают на деталь и подвижный упор пальцем прижимают к верхней ее поверхности. Деталь считается годной, если нижняя риска подвижного упора 2 располагается ниже торца *A* корпуса, а верхняя – выше.

Резьбу на оправках контролируют резьбовыми калибрами. Рабочие резьбовые калибры применяют для контроля резьб в процессе их изготовления. Приемные резьбовые калибры предназначены для проверки резьбы в ОТК.

Контроль внутренней резьбы осуществляют следующими калибрами: проходная и непроходная резьбовые пробки и предельные гладкие пробки для проверки внутреннего диаметра резьбы.

Для проверки наружной резьбы используют проходное и непроходное резьбовые кольца и предельные гладкие скобы для наружного диаметра резьбы.

На рис. 13.9 показано приспособление для проверки качки в окулярной резьбе. Скомплектованную пару оправ («винт – гайка») закрепляют в сменной втулке 1. Индикатор 2, имеющий возможность перемещаться в вертикальном и горизонтальном направлениях, выставляют до соприкосновения с торцом «винта» (на рис. не показан), покачивая который, по индикатору определяют величину осевой и радиальной качки. Контроль осуществляют при различной длине свинчивания оправ.

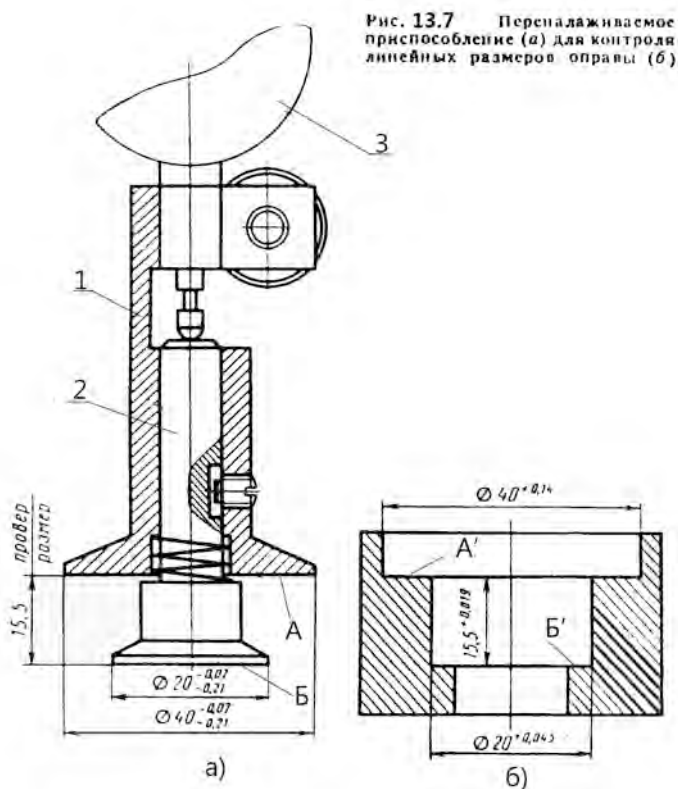


Рис. 13.7 Переустанавливаемое приспособление (а) для контроля линейных размеров оправы (б)

На рис. 13.10 приведена схема контроля параллельности торцов *A* и *B* оправы, которая торцом *A* устанавливается на поверочную плиту, а с торцом *B* приводится в контакт ножка индикатора, закрепленного в стойке. Разность показаний индикатора при вращении оправы должна быть в пределах допуска на непараллельность. Аналогичным образом можно проверить параллельность торцов *B* и *Г* торцу *A*.

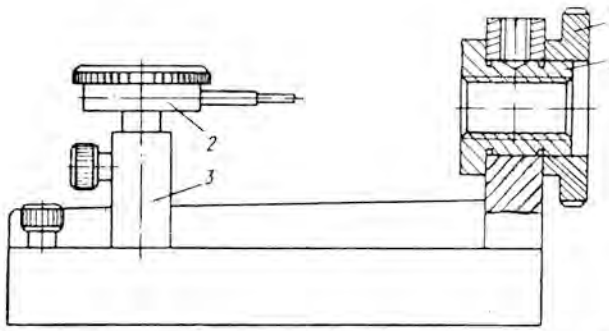


Рис.13,9 Приспособление для контроля "качки" в окулярной резьбе

Контроль биения наружных цилиндрических поверхностей и торцов относительно оси сквозного отверстия можно вести по схеме, показанной на рис. 13.11. Оправку 1 устанавливают на точной оправке 2, которую закрепляют в соосных центрах 3. При вращении оправки 2 с деталью 1 индикаторы показывают величины радиального и осевого биений поверхностей *A* и *B* относительно оси отверстия *B*.

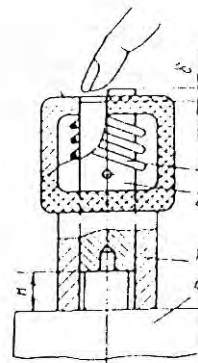


Рис.13.9. Приспособление для контроля линейных размеров

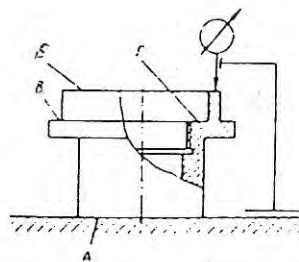


Рис. 13.10 Схема контроля параллельности торцов

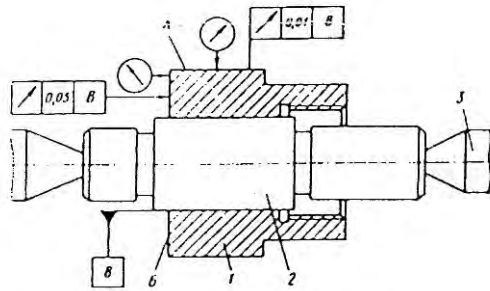


Рис. 13.11 Схема контроля биения поверхностей оправы

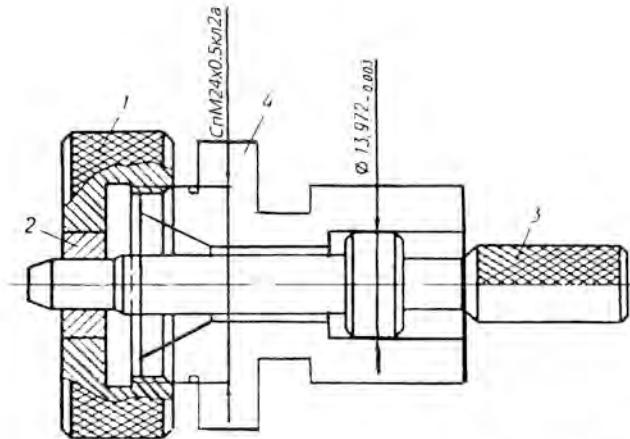


Рис.13.12 Калибр положения для контроля биения поверхностей оправы

На рис. 13.12 показан калибр для контроля несоосности резьбы *Sp M24 x 0,5* и отверстия  $\varnothing 13,972_{-0,003}$  оправы 4. Гайку 1 с втулкой 2 навинчивают на резьбу оправы 4 и в отверстие  $\varnothing 13,972$  вводят пробку 3. Деталь считают годной, если пробка входит в отверстие втулки 2.

## Глава 14. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И РЕЕК

### 14.1. Методы нарезания зубьев зубчатых колес

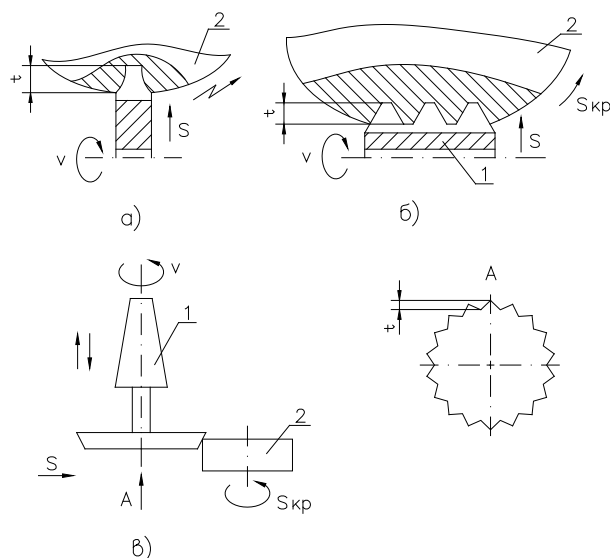
Зубья мелко модульных колес невысокой степени точности (9 – 10) нарезают методом копирования дисковыми модульными фрезами (рис. 14.1, а), а более точные колеса – обкаткой червячными фрезами (рис. 14.1, б) и хвостовыми долбяками (рис. 14.1, в). Обкатка является более производительной и точной среди других методов.

При использовании дисковой фрезы ее выбирают по модулю зубьев колеса. Нарезание зубьев производится на универсально – фрезерных станках с использованием делительных приспособлений. Дисковая фреза 1 прорезает сначала одну межзубную впадину, после чего заготовка 2 поворачивается на один окружной шаг (на один зуб) и прорезается следующая межзубная впадина. Основные параметры процесса зубофрезерования – скорость резания  $v$ , глубина резания  $t$  и подача  $s$ .

При обработке зубчатых колес по методу обкатки червячная фреза 1 (рис. 14.1, б) совершает вращение вокруг своей оси со скоростью  $v$  и поступательное движение (подача  $s$ ) в направлении оси нарезаемого зубчатого колеса 2, вращающегося вокруг своей оси (круговая подача  $s_{кр}$ ).

При нарезании зубьев колес хвостовым долбяком 1 (рис. 14.1, в) последний совершает обратно – поступательное движение, движение подачи  $s$  и вращается вокруг своей оси со скоростью  $v$ . Заготовка 2 вращается со скоростью круговой подачи  $s_{кр}$ .

Нарезание конических колес производится двумя зубостогальными резцами, совершающими встречное возвратно-поступательное движение.



Дополнения к рис. 14.1.

## 14.2. Получение зубчатых колес литьем, холодной штамповкой и накатыванием

Ряд зубчатых колес из мягких (цинковых и алюминиевых) сплавов в условиях массового и крупносерийного производства изготавливают литьем под давлением. Этим методом можно получать небольшие по размеру и специальные по форме зубчатые колеса и трибы невысокой степени точности. Литье под давлением часто заменяют методом холодной штамповки. Этот метод дает существенную экономию металла и более высокое качество колес.

Существует два вида процессов изготовления зубчатых колес холодной штамповкой:

а) зубчатое колесо штампуют совместно с зубчатым венцом непосредственно из полосы (ленты);

б) заготовку (диск) получают механической обработкой, а штампуют только зубчатый венец.

Предпочтение следует отдать первому виду. Холодная штамповка может быть рекомендована для изготовления мелкозубчатых колес толщиной для цветных сплавов до 1,5 мм, конструкционной стали до 1 мм и легированной стали до 0,9 мм.

Сущность холодного накатывания заключается в пластическом деформировании заготовки в процессе ее обкатывания зубьями инструмента.

Накатыванием изготавливают зубчатые колеса из деформируемых алюминиевых и медных сплавов, а также из малоуглеродистых и нержавеющей сталей. Накатывание производят на токарном станке с использованием специального приспособления.

Достоинства процесса зубонакатывания следующие: высокая производительность (в 5 – 10 раз выше, чем при обработке резанием), хорошее качество рабочих поверхностей зубьев и достаточно высокая точность геометрических параметров зубчатых колес, повышается износостойкость зубьев, происходит экономия материала (диаметр заготовки под накатывание меньше, чем под обработку резанием).

#### 14.3. Чистовая обработка цилиндрических зубчатых колес и термообработка

Назначение чистовой обработки зубчатых колес состоит в улучшении качества поверхности зубьев, повышении точности элементов зубчатого венца и обеспечении плавности работы передачи. Для чистовой обработки закаленных стальных зубчатых колес применяют зубошлифование, притирку и зубополирование, а для незакаленных колес – шевингование, зубообкатывание и приработку.

*При зубошлифовании* в качестве инструмента применяют абразивный шлифовальный круг, заправленный в виде червяка. Достоинствами зубошлифования абразивным червяком являются относительно высокая точность, высокий класс шероховатости поверхности зубьев (до 10-го) и высокая производительность, а недостатками – низкая стойкость абразивных червячных кругов и трудность их изготовления.

*Притирка* осуществляется как при параллельных осях притира и колеса, так и при их скрещивающихся осях. Притирка по второй схеме более совершенна. Рабочим инструментом являются зубчатые колеса – притиры. Число притиров может быть от одного до трех. Притиры изготавливают из серого чугуна.

Диаметр притира должен быть по возможности большим, число зубьев не кратным числу зубьев притираемого колеса. Зубья у притиров выполняют утоненными на 0,05 мм. Ширина притира больше ширины венца обрабатываемого колеса.

Для притирки в качестве абразивного материала используют пасту ГОИ и пасту на основе электрокорунда.

*Зубополирование* используют для отделки закаленных колес с числом зубьев менее 20 (трибов). Сущность процесса зубополирования состоит в относительном скольжении червячного диска, смазанного полиро-

вальной пастой, и зуба зубчатого колеса. В результате зубополирования происходит сглаживание микронеровностей и повышается качество поверхности зуба.

Полировальные диски изготавливают из бука, капронита или сплава свинца (87 %), олова (4 %) и сурьмы (9 %).

*Шевингование* применяют для окончательной отделки зубьев цилиндрических колес. Применяют шевингование в основном для колес, к которым предъявляются высокие требования в отношении плавности зацепления и бесшумности, но которые не предназначены для точного углового отсчета.

*Зубообкатывание* сводится к зацеплению обрабатываемого колеса с закаленным эталонным колесом (обкатником). Обрабатываемое колесо прижимается к обкатнику с определенным усилием. При обкатке происходит смятие поверхностных неровностей (гребешков), оставшихся после зубофрезерования, что позволяет повысить класс шероховатости и поверхностную твердость зубьев.

*Приработка* сводится к взаимному обкатыванию работающих в паре колес после их сборки или до сборки на специальных установках. Приработку производят с использованием абразивного материала, но более часто без абразива. Зубчатые колеса после приработки должны быть тщательно промыты в бензине. В результате приработки точность элементов колес не повышается, имеет место даже некоторое ухудшение профиля, но плавность зацепления и качество поверхности зубьев повышаются, а шум в передаче уменьшается.

В тех случаях, когда заготовки зубчатых колес получают посредством давления (горячей или холодной штамповкой), перед обработкой резанием проводят термообработку с целью снять внутренние напряжения, а при изготовлении из прутка – получить однородную структуру материала.

При использовании заготовок из листового материала для снятия внутренних напряжений и стабилизации размеров их также подвергают термообработке.

Полностью изготовленные зубчатые колеса при необходимости подвергаются химико–термической обработке (цианированию, цементации, азотированию или закалке с последующим отпуском).

#### 14.4. Зубчатые колеса из пластмасс

Колеса из пластмасс имеют малый вес, работают бесшумно в условиях ограниченной смазки и без нее, а в агрессивных и абразивных средах обладают высокими антифрикционными свойствами, компенсируют неточности изготовления и монтажа за счет упругой податливости, просты в изготовлении. Недостатками зубчатых колес из пластмасс являются сравнительно небольшая нагрузочная способность и размерная нестабильность в температурно-влажностных средах.



При необходимости отвода тепла из зоны контакта зубчатых колес применяют металлополимерные зубчатые передачи: малое колесо из стали, а большое из пластмассы. Использовать для зубчатых пар сочетание цветные металлы – пластмассы не рекомендуется вследствие быстрого износа зубчатой передачи. Особенно интенсивен износ в зубчатых передачах, в которых одно из колес изготовлено из алюминиевого сплава, а другое из пластмассы.

Пластмассовые колеса бывают неармированные и армированные. В последнем случае армирующие элементы выполняют в виде накладных шайб, ступиц – втулок, валов с выступами и т.д.

Для получения заготовок зубчатых колес из пластмассы применяют прямое прессование, литьевое прессование и литье под давлением. Прямое и литьевое прессование применяют при переработке термореактивных материалов, а литье под давлением при переработке термопластов.

Предварительную механическую обработку заготовок зубчатых колес из пластмасс проводят на токарном станке. В процессе этой обработки помимо удаления литников и облоя производят обточку наружной поверхности и подрезку торцов. Для снятия внутренних напряжений, образования однородной кристаллической структуры, повышения твердости и уменьшения гигроскопичности заготовки после предварительной токарной обработки подвергают термической обработке, режимы которой устанавливают экспериментально. Затем следует окончательная обработка заготовок на токарном станке, после чего – нарезание зубьев.

#### 14.5. Изготовление зубчатых реек

Рейки бывают косозубые и прямозубые преимущественно с прямолинейным профилем зуба.

Технологический процесс изготовления реек включает следующие этапы: получение заготовок, изготовление поверхностей и отверстий крепления, фрезерование зубьев.

Заготовками для реек в зависимости от масштаба производства и размеров рейки могут быть холоднотянутые (волоченные) и горячекатаные прутки требуемого поперечного сечения; полосы, отрезанные от листа и обработанные после отрезки, а также специальные (литые) заготовки.

Изготовление поверхностей и отверстий крепления включает фрезерование плоскостей, сверление отверстий и нарезание в них резьбы. Нарезание зубьев при отсутствии специального оборудования осуществляется на обычных фрезерных станках дисковыми фрезами. Нарезаемую заготовку располагают поперек стола станка. После прорезки одной впадины путем продольной подачи стола последний возвращают в исходное положение и поперечным его перемещением нарезаемую заготовку смещают на один шаг; так последовательно нарезают все зубья рейки. Если нарезают косозубую рейку, стол станка поворачивают на угол наклона зубьев. С целью повышения производительности труда при нарезании зубьев на столе станка закрепляют несколько заготовок реек или на шпинделе устанавливают несколько фрез на

расстоянии, кратном шагу рейки, т.е. одновременно нарезают несколько зубьев.

В условиях серийного и массового производства нарезание коротких реек производят специальными кольцевыми фрезами, позволяющими нарезать все зубья одновременно, или используют специальные зубореечные полуавтоматы.

## ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

#### СОДЕРЖАНИЕ

|   |     |
|---|-----|
| Лабораторная работа № 1.<br>РАСЧЕТ ЦЕНТРАЛЬНОГО, РАЗВОДЯЩИХ И ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ<br>КАНАЛОВ ФОРМ ДЛЯ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ..... | 77  |
| Лабораторная работа № 2.<br>РАСЧЕТ ВПУСКНЫХ КАНАЛОВ ФОРМ ДЛЯ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕ-<br>НИЕМ.....                                | 89  |
| Лабораторная работа № 3.<br>РАСЧЕТ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ГЛАДКОЙ ФОРМО-<br>ОБОАЗУЮЩЕЙ ДЕТАЛИ.....                       | 97  |
| Лабораторная работа № 4.<br>РАСЧЕТ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ РЕЗЬБООФОРМЛЯЮ-<br>ЩИХ ДЕТАЛЕЙ.....                            | 103 |
| Лабораторные работы № 5.<br>РАСЧЕТ ТЕРМОСТАТИРУЮЩИХ КАНАЛОВ ФОРМЫ ДЛЯ ЛИТЬЯ<br>ПОД ДАВЛЕНИЕМ.....                         | 109 |
| Лабораторная работа № 6.<br>РАСЧЕТ РАЗМЕРОВ ЗАГРУЗОЧНОЙ КАМЕРЫ ФОРМЫ ДЛЯ<br>ПРЕССОВАНИЯ.....                              | 117 |
| Лабораторная работа № 7.<br>ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВАТЕЛЯ ПРЕСС –<br>ФОРМЫ.....                               | 122 |
| Лабораторная работа № 8.<br>РАСЧЕТ ИНУКТОРА ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВАТЕЛЯ ПРЕСС –<br>ФОРМЫ.....                               | 125 |

# ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

## Лабораторная работа № 1

### РАСЧЕТ ЦЕНТРАЛЬНОГО, РАЗВОЯЩИХ И ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ КАНАЛОВ ФОРМ ЛЯ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

#### 1.1 Теоретическая часть

##### *Литниковая система*

Литниковая система – это система каналов формы, служащая для передачи материала из сопла литьевой машины в оформляющие гнезда формы. Застывший в литниковых каналах полимер называется литником.

Литниковая система должна обеспечивать поступление расплава полимера в формообразующую полость формы с минимальными потерями температуры и явления после пластицирующего цилиндра литьевой машины. Литниковая система решающим образом влияет на качество изготавливаемого изделия, расход материала, производительность процесса и др. Неправильно спроектированная литниковая система является причиной повышенных напряжений в изделии, его коробления, образования на поверхности изделия следов течения материала, неполного заполнения формообразующей полости, неравномерной усадки материала.

В общем виде литниковая система включает три основных элемента: центральный литниковый канал, по которому расплав из материального цилиндра поступает в форму; разводящий канал, ответвляющийся от основного центрального; впускной канал, по которому расплав непосредственно поступает в оформляющую полость.

**Центральный литниковый канал** – наиболее простой элемент. Этот канал должен иметь остаточное большое сечение, возрастающее с увеличением вязкости расплава и толщины стенки изделия для сохранения жидкотекучести расплава в литниковой системе. Однако сечение центрального литникового канала 1 (рис. 1.1) не должно быть слишком большим, так как это увеличивает время охлаждения, расход материала и может ухудшить внешний вид изделия (появляются утяжины под литником при литье в одногнездные формы). Диаметр  $d_1$  отверстия центрального литникового канала на входе в литниковую втулку 2 можно принять по зависимости  $d_1$  от массы  $m$  отливки (в заштрихованной зоне рис. 1.2). Для развитой литниковой системы размеры следует выбирать ближе к верхнему краю зоны, для менее развитой системы – ближе к нижнему краю.

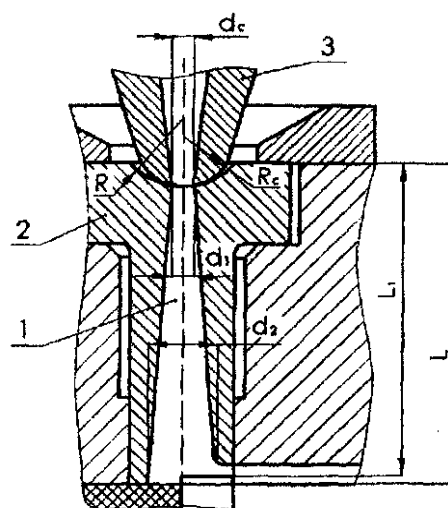


Рис. 1.1

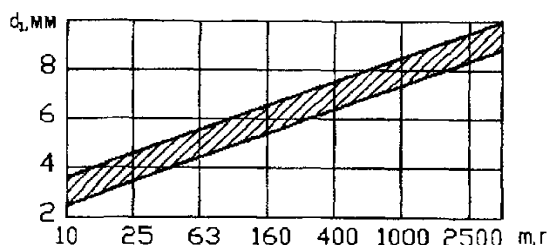


Рис. 1.2

Диаметр  $d_1$  канала рекомендуется выполнять на 0,4 – 0,6 мм больше диаметра сопла 3  $d_c$  (см. рис. 1.1, где радиус сопла  $R_c = R - 1$ ), мм;  $R$  – радиус литниковой втулки;

$d_c = d_1 - (0,4 \dots 0,6)$ , мм;  $L_1 \leq (L - 0,2)$ , мм;  $L$  – длина центрального литникового канала.

Диаметр  $d_1$  на входе в литниковую втулку можно определить аналитически, вычислив расчетный диаметр, мм:

$$d_p = \sqrt{V / (\pi v \tau)}, \quad (1.1)$$

где  $V$  – объем впрыска отливки,  $\text{см}^3$  (равен объему материала, необходимого для получения конкретной детали, показанной на рис. 1.3);

$v$  – средняя скорость течения материала в литниковой втулке,  $\text{см/с}$ ;

$\tau$  – продолжительность впрыска, с.

Рекомендуемые значения средней скорости: для отливок объемом до  $100 \text{ см}^3$  -  $v = 300 \text{ см/с}$ ; для отливок объемом до  $500 \text{ см}^3$  -  $v = 450 \text{ см/с}$ ; для отливок объемом более  $500 \text{ см}^3$  -  $v = 550 \dots 600 \text{ см/с}$ .

Время впрыска (выбирают в соответствии с технической характеристикой литейной машины) должно быть увязано с массой и толщиной  $S_{\text{и}}$  отливки: для тонкостенных отливок и отливок малой массы время впрыска меньше, для толстостенных отливок и отливок большой массы время впрыска больше.

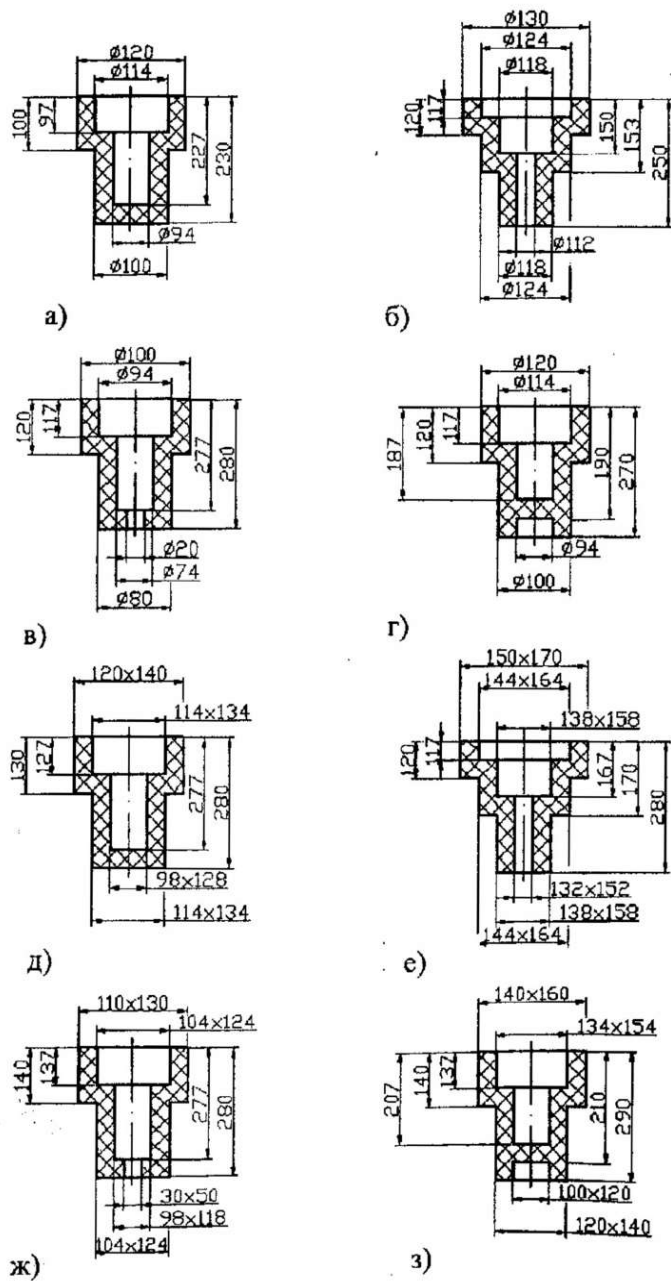


Рис. 1.3

Диаметр  $d_2$  центрального литникового канала на выходе и его максимально допустимую длину  $L$  выбирают по тал. 1.1.

Таблица 1.1

Значения диаметра  $d_2$  центрального литникового канала на выходе и максимально допустимой длины  $L$  при различных углах конуса (линейные размеры, мм)

| Диаметр $d_1$<br>центрального<br>литникового<br>канала на вхо-<br>де | $d_2$            | $L$ | $d_2$            | $L$ | $d_2$            | $L$ | $d_2$            | $L$ | $d_2$            | $L$ |
|--|------------------|-----|------------------|-----|------------------|-----|------------------|-----|------------------|-----|
|  | $\alpha=2^\circ$ |     | $\alpha=3^\circ$ |     | $\alpha=4^\circ$ |     | $\alpha=5^\circ$ |     | $\alpha=6^\circ$ |     |
| 2,5  | 4,2              | 50  | 5,1              | 50  | 6,0              | 50  | 6,9              | 50  | 7,7              | 50  |
| 3,0  | 4,7              | 50  | 5,6              | 50  | 6,5              | 50  | 7,4              | 50  | 8,2              | 50  |
| 3,5  | 5,9              | 70  | 7,2              | 70  | 8,4              | 70  | 9,6              | 70  | 10,8             | 70  |
| 4,0  | 6,4              | 70  | 7,7              | 70  | 8,9              | 70  | 10,1             | 70  | 11,3             | 70  |
| 4,5  | 6,9              | 70  | 8,2              | 70  | 9,4              | 70  | 10,6             | 70  | 11,8             | 70  |
| 5,0  | 7,8              | 80  | 9,2              | 80  | 10,5             | 80  | 12,0             | 80  | 13,4             | 80  |
| 5,5  | 8,3              | 80  | 9,7              | 80  | 11,1             | 80  | 12,5             | 80  | 13,9             | 80  |
| 6,0  | 8,8              | 80  | 10,2             | 80  | 11,6             | 80  | 13,0             | 80  | 14,4             | 80  |
| 6,5  | 9,3              | 80  | 10,7             | 80  | 12,1             | 80  | 13,5             | 80  | 14,9             | 80  |
| 7,0  | 10,1             | 90  | 11,7             | 90  | 13,3             | 90  | 14,9             | 90  | 16,4             | 90  |
| 7,5  | 10,6             | 90  | 12,2             | 90  | 13,8             | 90  | 15,4             | 90  | 16,9             | 90  |
| 8,0  | 11,1             | 90  | 12,7             | 90  | 14,3             | 90  | 15,9             | 90  | 17,4             | 90  |
| 8,5  | 12,0             | 100 | 13,7             | 100 | 15,5             | 100 | 17,3             | 100 | 19,0             | 100 |
| 9,0  | 12,5             | 100 | 14,2             | 100 | 16,0             | 100 | 17,8             | 100 | 19,5             | 100 |
| 9,5  | 13,0             | 100 | 14,7             | 100 | 16,5             | 100 | 18,3             | 100 | 20,0             | 100 |
| 10,0   | 13,5             | 100 | 15,2             | 100 | 17,0             | 100 | 18,8             | 100 | 20,5             | 100 |
| 10,5   | 14,0             | 100 | 15,7             | 100 | 17,5             | 100 | 19,3             | 100 | 21,0             | 100 |
| 11,0   | 14,5             | 100 | 16,2             | 100 | 18,0             | 100 | 19,8             | 100 | 21,5             | 100 |
| 11,5   | 15,0             | 100 | 16,7             | 100 | 18,5             | 100 | 20,3             | 100 | 22,0             | 100 |
| 12,0   | 15,5             | 100 | 17,2             | 100 | 19,0             | 100 | 20,8             | 100 | 22,5             | 100 |

Центральный литниковый канал обязательно выполняют коническим (см. рис. 1.1). Угол конуса определяется усадкой полимера и его адгезионными свойствами. Рекомендуемый угол конуса  $\alpha$  (кроме поликарбоната и стеклонаполненных полимеров)  $3^\circ$ . Для поликарбоната и стеклонаполненных полимеров  $\alpha = 4...6^\circ$ .

Если основной литник подводится непосредственно к изделию, то его больший диаметр  $d_2$  (со стороны изделия), во избежание образования утяжин на изделии, не должен превышать максимально допустимой величины  $d_{2\max}$ , мм:

$$d_2 \leq d_{2\max} = S_{\dot{\epsilon}} + 1,5, \quad (1.2)$$

где  $S_{и}$  - толщина отливаемого изделия в месте подвода литника. В противном случае возможны два решения.

1. Выполнить канал, как показано на рис. 1.4. Такая форма сечения канала предотвращает или значительно уменьшает возможность образования утяжин на изделии.

2. Увеличить время впрыска и по формуле (1.1) определить новый меньший диаметр литникового канала.

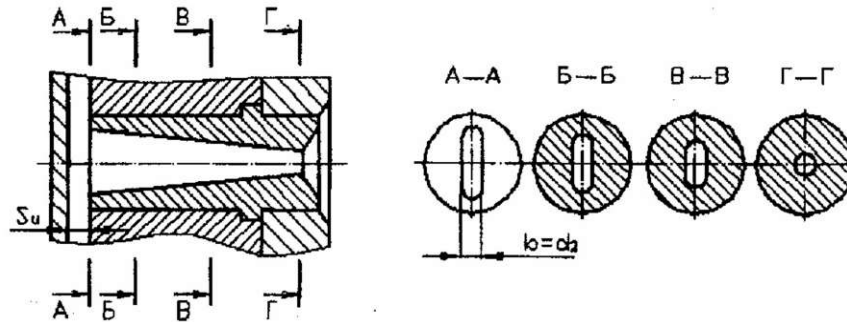


Рис. 1.4

**Пример.** Рассчитать диаметр центрального литникового канала. Масса отливки  $m = 1200$  г; материал – полистирол ударопрочный; время впрыска  $\tau = 2$  с; литниковая система с разводящими каналами; толщина изделия  $S_{и} = 2,5$  мм.

*Решение.* Объем отливки  $V = m/\rho = 1200/1,07 = 1121 \text{ см}^3$ , где  $\rho = 1,07 \text{ г/см}^3$  – плотность ударопрочного полистирола.

Расчетный диаметр центрального литникового канала (см. формулу (1.1), где  $v = 550 \text{ см/с}$ )

$$d_p = \sqrt{1121 / (3,14 \cdot 550 \cdot 2)} \approx 6 \text{ мм}.$$

По табл. 1.1  $d_2 = 10,2$  мм (для  $\alpha = 3^\circ$ ); по соотношению (1.2)  $d_{2 \max} = 2,5 + 1,5 = 4,0$  мм. Получено  $d_2 > d_{2 \max}$ . Но так как центральный литник не примыкает к изделию, останавливаемся на этом варианте и принимаем  $d_1 = d_p = 6$  мм,  $d_2 = 10,2$  мм,  $L = 80$  мм.

**Разводящие каналы** являются частью литниковой системы, соединяющей оформляющие полости формы с центральным литниковым каналом. Во всех случаях надо укорачивать разводящие каналы, так как увеличение их длины ведет к возрастанию расхода материала, потерь давления, а также ориентационных напряжений в изделиях.

Формы сечения разводящих каналов и рекомендации по применению даны в табл. 1.2.



Рекомендации по применению каналов  
с различной формой сечения

| Вариант | Эскиз | Форма сечения разводящего канала                       | Характеристика канала   | Примечание      |
|---------|-------|--|---|-----------------|
| 1       | 2     | 3  | 4   | 5               |
| 1       |       | плоская  | Расположены в одной плите. Способствуют быстрому охлаждению расплава. На изделиях возможны спаи, утяжины, следы потока и т.д. | Не допускаются  |
| 2       |       | сегментная   |   |                 |
| 3       |       | прямоугоньная  | Прямоугоньный канал выполнен в двух плитах, трапецидальный - в одной плите  | Нежелательны    |
| 4       |       | трапецидальная   | Относительно развитая поверхность. Недостатки предыдущих сечений выражены в меньшей степени                                   |                 |
| 5       |       | трапецидальная   | Трапецидальный канал выполнен в двух плитах, сегментный - в одной плите   | Рекомендуются   |
| 6       |       | сегментная<br>$b=1,25h$<br>$h=(2/3)d$<br>$d=S_n+1,5мм$ | Обеспечивают хорошее течение расплава и небольшие потери теплоты  | Рекомендуются   |
| 7       |       | -  | Форма оптимальная   | Предпочтительны |

Поверхность разводящих каналов для большей части перерабатываемых полимерных материалов не полируют для удержания на стенках затвердевшего слоя полимера и предотвращения уноса затвердевших частиц в оформляющую полость формы. Для переработки таких материалов, как ПВХ, поликарбонат, полиметилметакрилат, поверхность разводящих каналов следует полировать и хромировать.

При заполнении каналов расплавом полимера прилегающие к стенкам слои материала интенсивно охлаждаются и затвердевают, уменьшая эффективное сечение канала. В связи с этим разводящие каналы редко изготавливают с площадью поперечного сечения меньше  $7мм^2$  ( $\varnothing 3 мм$ ). В то же время площадь поперечного сечения разводящего канала не должно быть слишком велика, чтобы не изменялась продолжительность цикла литья, что возможно при литье очень тонких изделий. По этой причине нежелательно изготавливать разводящие каналы с сечением более  $80 мм^2$  ( $\varnothing 10 мм$ ).

В общем случае диаметр  $d$  разводящего канала круглого сечения или эквивалентный диаметр  $d_y$  канала некруглого сечения можно определить по диаграмме на рис. 1.5 в зависимости от массы отливаемого изделия и длины  $L$  пути течения материала в центральном канале.

Для непластифицированного поливинилхлорида, поликарбоната, полиметилметакрилата расчетную площадь сечения разводящего канала необходимо увеличить на 25%.

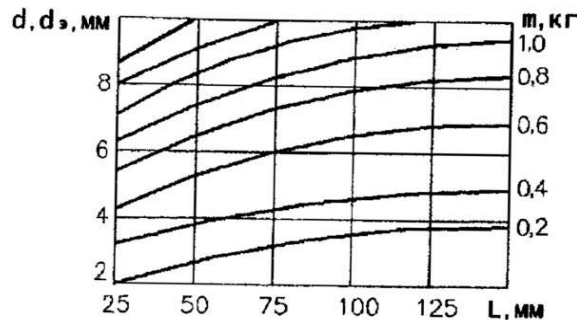


Рис. 1.5

Размеры разводящих каналов некруглого сечения (см. табл. 1.2) находят по определенному значению  $d_y$  (см. рис. 1.5):

**Вариант 3** в табл. 1.2

$$h = 0,5d_y \sqrt[3]{\pi(1 + \kappa) / \kappa^2},$$

где  $k = b/h$ . При  $k = 1$ ,  $h = 0,92d_y$ .

**Вариант 4** в табл. 1.2

$$h = 0,5d_y \sqrt[3]{\pi(1 + \sin \alpha + \kappa \cos \alpha) / (\kappa + \operatorname{tg} \alpha)^2 \cos \alpha}.$$

При  $\alpha = 10^\circ$  и  $k = 1$ ,  $h = 0,85d_y$ .

**Вариант 5** в табл. 1.2

$$h = 0,5d_y \sqrt[3]{4\pi \left( \kappa + \frac{1}{\cos \alpha} \right) / (2\kappa + \operatorname{tg} \alpha)^2}.$$

При  $\alpha = 10^\circ$  и  $k = 0,84$  (условие вписанной окружности)  $h \approx 0,95d_y$ .

Как указано выше, расплав при заполнении канала охлаждается. Попадание в оформляющее гнездо охлажденного переднего фронта расплава может привести к появлению дефектов на поверхности изделий (муар, следы течения). Для уменьшения этих явлений разводящий канал пере поворотом

следует снабжать специальными сборниками охлажденного расплава, т.е. удлиннять каналы на величину  $b$  (рис. 1.6;  $b_1 = (1,0 \dots 1,5) d_1$ ;  $b = (1,0 \dots 1,5) d$ ).

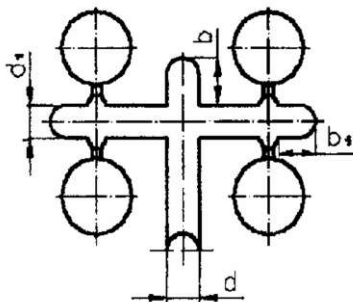


Рис. 1.6

Необходимо добиваться такого расположения разводящих каналов, которое обеспечивает идентичные условия заполнения оформляющих гнезд расплавом полимера.

Проще всего эту задачу решить при таком расположении каналов (рис. 1.7), когда пути течения (показаны утолщенными линиями) до каждого гнезда равны.

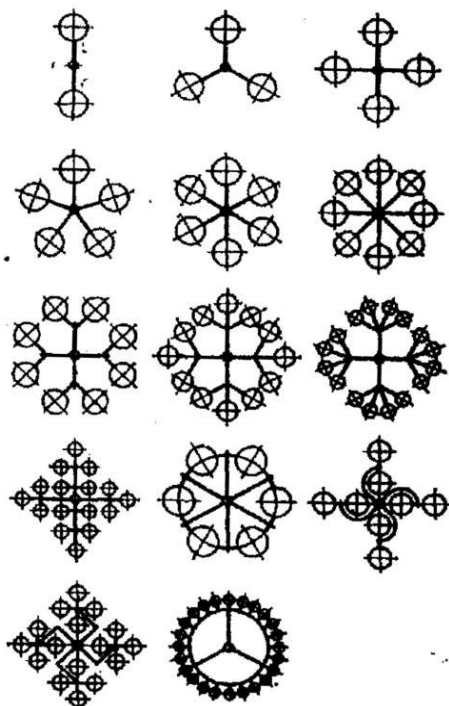


Рис. 1.7

На рис. 1.8 приведены примеры нереконструируемого расположения литниковых каналов, при котором хотя и обеспечиваются одинаковые условия заполнения, но увеличиваются путь течения и расход материала.

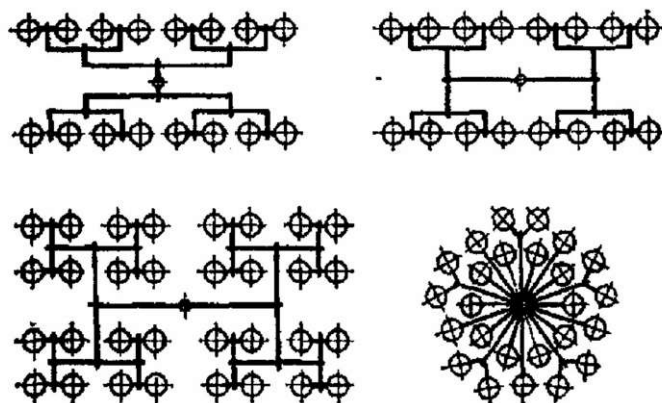


Рис. 1.8

**Вентиляционные каналы.** При заполнении оформляющей полости находящийся в ней воздух, а также выделяющиеся из полимера газы (особенно из поливинилхлорида, полиметилметакрилата, сополимеров формальдегида и др.) сжимаются, препятствуя заполнению формы. При этом температура газа может достичь 300-400°C. На изделии могут появиться дефекты в виде резко выраженных спаев в местах встречи потоков расплава, недоливов, прижогов (при литье толстостенных изделий). Кроме того, происходит растворение газа в отливке, приводящее к уменьшению прочности и к деформации изделий. В связи с этим для отвода газов из оформляющего гнезда в форме предусматривают вентиляционные (газоотводящие) каналы в местах, заполняемых расплавом в последнюю очередь. Это, как правило, наиболее удаленные от места впуска участки полости с максимальным сопротивлением течению, где происходят защемление и сжатие газа. Площадь  $f$  удельного сечения вентиляционных каналов выбирают (рис. 1.9) в зависимости от времени впрыска  $\tau$ . Площадь сечения вентиляционного канала одного гнезда, мм<sup>2</sup>:

$$F = f \cdot V_p,$$

где  $f$  – мм<sup>2</sup>/см<sup>3</sup>;

$V_p$  – объем гнезда, см<sup>3</sup>.

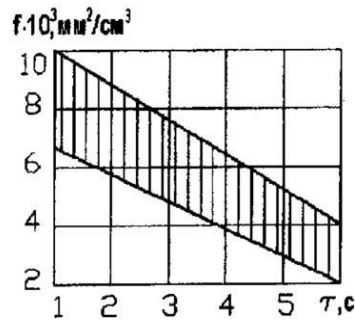


Рис. 1.9

Для тонкостенных изделий с большой длиной течения расплава значения  $f$  принимают по верхней границе диаграммы, для толстостенных изделий с малой длиной течения – по нижней границе.

Максимальную глубину  $e$  каналов принимают в зависимости от материала изделия:

|                         | $e$ , мм |
|-------------------------|----------|
| Полистирол ударопрочный | 0,04     |
| Полипропилен            | 0,03     |
| Полиамид 610            | 0,015    |
| Поливинилхлорид         | 0,05     |
| Полиметилметакрилат     | 0,055    |
| Полиформальдегид        | 0,035    |
| Поликарбонат            | 0,06     |

Число  $n$  каналов выбирают по конструктивным соображениям.

Суммарная ширина каналов равна расчетной ширине:

$$F/l = \sum_1^n b,$$

где  $b$  – текущая ширина канала.

Длина вентиляционного канала 1,5 – 2,0 мм. Он переходит в соединительный канал глубиной 1,0 – 2,0 мм, который соединяет его с атмосферой (рис. 1.10,а).

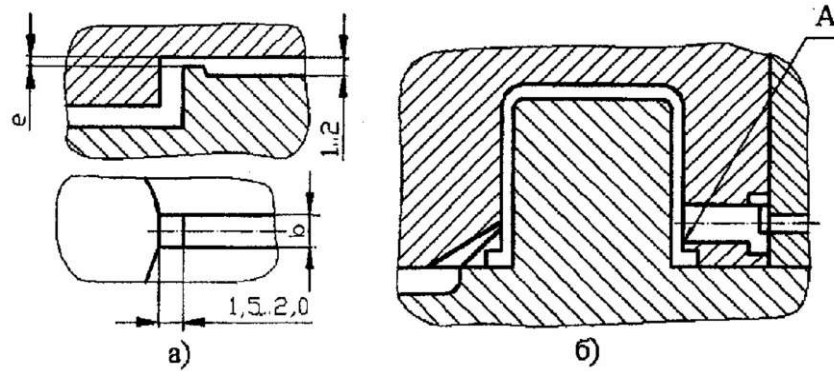


Рис. 1.10

Часто роль вентиляционных каналов могут играть зазоры в толкателях, вставках, подвижных и разъемных элементах оформления или специальных знаках (рис. 1.10,б), устанавливаемых в месте *A* заземления газа.

При литье вспенивающихся термопластичных композиций вентиляционным каналам следует уделять особое внимание, так как в этом случае давление заполнения формы значительно меньше, чем при литье невспенивающихся материалов.

Суммарная ширина каналов должна быть не менее 50% периметра оформляющей полости в плоскости разреза. Число и ширину каналов выбирают конструктивно.

## 1.2. Прикладная часть

Используя методику, изложенную в п. 1, и данные табл. 1.3, рассчитать размеры центрального, разводящих и вентиляционных каналов форм для литья под давлением.

Таблица 1.3

Данные для расчета центрального, разводящих и вентиляционных каналов

| Вариант | Материал                | Время впрыска, с | Насыпная плотность пресс-массы, кг/м <sup>3</sup> | Усадка пластмассы, % |           |
|---------|-------------------------|------------------|---|----------------------|-----------|
|         |                         |                  |   | $S_{min}$            | $S_{max}$ |
| 1       | Полипропилен            | 2,0              | 500   | 0,6                  | 0,8       |
| 2       | Поливинилхлорид         | 3,5              | 800   | 0,5                  | 0,7       |
| 3       | Поликарбонат            | 4,5              | 600   | 0,4                  | 0,6       |
| 4       | Полистирол ударопрочный | 6,8              | 400   | 0,8                  | 1,0       |
| 5       | Полиметилметакрилат     | 6,4              | 500   | 0,7                  | 1,0       |
| 6       | Поликапролактан         | 4                | 700   | 0,5                  | 0,8       |
| 7       | Полиамид 610            | 5,2              | 600   | 0,6                  | 1,0       |
| 8       | Полиформальдегид        | 7                | 400   | 0,4                  | 0,7       |

**Примечания:**

1. Литник подводится к детали.
2. Плотность материала см. в табл. 5.1 лабораторной работы № 5.

**Требования для получения допуска  
к выполнению работы**

Знать методику расчета центрального, разводящих и вентиляционных каналов форм для литья под давлением.

**Требования к оформлению отчета**

Привести расчеты практической части.

**Контрольные вопросы**

1. Что такое литниковая система? Назначение центрального, разводящих и вентиляционных каналов и требования к ним.
2. Методика расчета центрального, разводящих и вентиляционных каналов форм для литья под давлением.
3. Требования к центральному каналу, подведенному к изделию.
4. Рекомендуемая форма сечений разводящих каналов и требования к величине площади их поперечного сечения и боковой поверхности.
5. Требования к расположению разводящих каналов и их конструктивные особенности, способствующие уменьшению дефектов на поверхности детали.
6. Рекомендации по выбору места в форме для вентиляционного канала.

**Лабораторная работа № 2**

**РАСЧЕТ ВПУСКНЫХ КАНАЛОВ ФОРМ  
ДЛЯ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ**

**2.1. Теоретическая часть**

**Впускные каналы** (питатели) имеют особое значение при литье под давлением.

Они представляют собой последнее звено в системе литниковых каналов, подводящих материал к оформляющей полости формы. От их размеров и расположения в значительной степени зависит качество отливаемых изделий, поэтому определение оптимальных размеров впускных каналов, их числа и расположения является весьма ответственной задачей.

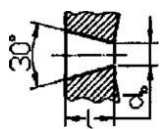
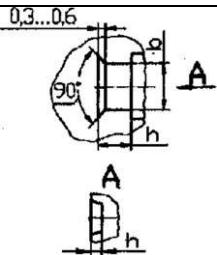
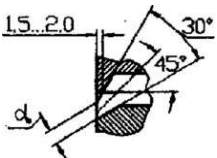
При определении размеров впускных каналов необходимо руководствоваться следующими общими соображениями:

- для уменьшения потерь давления при заполнении формы длина впускных каналов должна быть возможно малой;
- площадь сечения канала не должна быть слишком мала, так как это приводит к большим потерям давления, затрудняет заполнение формы и способствует возникновению внутренних и наружных усадочных дефектов в зоне впуска (полосы, складки и пр.); кроме того, возможна термическая деградация материала из-за его перегрева при прохождении с высокой скоростью через канал малого сечения;
- площадь сечения канала не должна быть слишком велика; это усложняет отделение литников и ухудшает внешний вид изделия (следы от литника), а также приводит к излишнему уплотнению расплава, увеличению степени полимеризации в детали и возникновению больших внутренних напряжений в зоне впуска.

При литье термопластов наиболее распространены впускные каналы с круглым (точечным) и прямоугольным поперечным сечениями (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Конструкция и размеры, мм, впускных каналов

| Исполнение | Конструкция впускного канала  | $H$   | $d_e$                          | $H = b$<br>(пред. откл. по $H11$ )                                 | $l$ (пред. откл. по $h14$ )   |
|------------|---|---|--------------------------------|--|---|
| 1          |  | До 0,6<br><br>Свыше 0,6 до 3,3<br><br>Свыше 3,3 | 0,5<br><br>0,85 $H$<br><br>2,8 | —<br><br>—<br><br>—  | 0,6 при $d_e = 0,5 \dots 0,6$<br>0,7 при $d_e = 0,6 \dots 0,7$<br>0,8 при $d_e = 0,7 \dots 0,8$<br>0,9 при $d_e = 0,8 \dots 1,0$<br>1,0 при $d_e = 0,8 \dots 1,0$<br>1,1 при $d_e = 1,0 \dots 1,2$<br>1,2 при $d_e = 1,2 \dots 1,5$<br>1,3 при $d_e = 1,5 \dots 2,0$<br>1,4 при $d_e = 2,0 \dots 2,8$ |
| 2          |  | До 0,6<br><br>Свыше 0,6 до 3,3<br><br>Свыше 3,3 | —<br><br>—<br><br>—            | 0,5<br><br>$a \cdot H$<br><br>2,0-3,0 (в зависимости от материала) | 0,6 при $h = 0,5 \dots 0,6$<br>0,7 при $h = 0,6 \dots 0,7$<br>0,8 при $h = 0,7 \dots 0,8$<br>0,9 при $h = 0,8 \dots 0,9$<br>1,0 при $h = 0,9 \dots 1,0$<br>1,1 при $h = 1,0 \dots 1,2$<br>1,2 при $h = 1,2 \dots 1,5$<br>1,3 при $h = 1,5 \dots 2,0$<br>1,4 при $h = 2,0 \dots 3,0$                   |
| 3          |  | До 0,6<br><br>Свыше 0,6 до 2,4<br><br>Свыше 2,4 | 0,5<br><br>0,85 $H$<br><br>2,0 | —<br><br>—<br><br>—  | —<br><br>—<br><br>—   |



Характеристический размер  $H$  (см. табл. 2.1) для равностенного изделия принимают равным его толщине, в остальных случаях вычисляют по формуле

$$H = 2V_{и} / S_{и}, \quad (2.1)$$

где  $H$  – характеристический размер изделия, см;

$V_{и}$  – объем изделия, см<sup>3</sup>;

$S_{и}$  – площадь поверхности изделия, см<sup>2</sup>.

Объем изделия следует определять алгебраическим суммированием элементарных объемов, составляющих объем изделия, площадь полной поверхности изделия – алгебраическим суммированием элементарных площадей, составляющих поверхность изделия.

Диаметр  $d_g$  следует округлять до 0,05 мм.

Число  $n_0$  впускных каналов одного гнезда формы определяют по рис. 2.1 следующим образом:

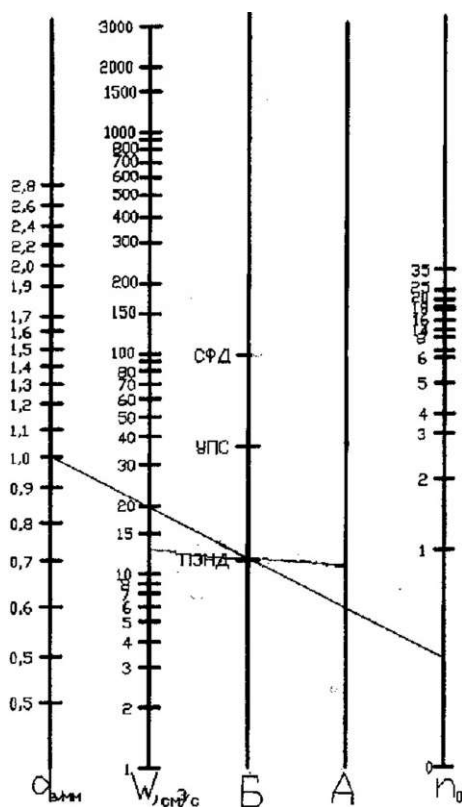


Рис. 2.1

а) вычисляют номинальную объемную скорость впрыска в одно гнездо формы, см<sup>3</sup>/с:

$$W = W_M V_{\text{и}} / V_c, \quad (2.2)$$

где  $W_M$  – номинальная (паспортная) объемная скорость впрыска литьевой машины,  $\text{см}^3/\text{с}$ ;

$V_c$  – сумма объемов одновременно отливаемых изделий или гнезд в форме,  $\text{см}^3$ ;

б) через точку на шкале  $W$ , соответствующую вычисленному значению  $W$ , и точку на шкале  $A$ , соответствующую выбранному термопласту (СФД – сополимер формальдегида с диоксоланом, УПС – ударопрочный полистирол; ПЭНД – полиэтилен низкого давления), проводят прямую. Через точку пересечения этой прямой со шкалой  $B$  и точку на шкале  $d_{\text{в}}$  (значение определено по табл. 2.1) проводят прямую, пересекающую шкалу  $n_0$ . Полученная точка соответствует значению  $n_0$ .

Максимально допустимое число впускных каналов следует определять по рис. 2.2 следующим образом:

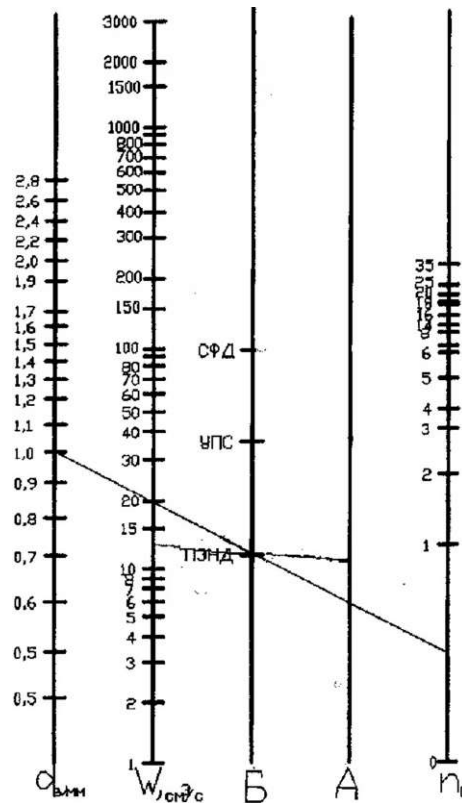


Рис. 2.2

а) вычисляют

$$K = V_{\text{н}} / H^2 ; \quad (2.3)$$

б) через точку на шкале  $K$ , соответствующую вычисленному значению, и точку на шкале  $B$ , соответствующую выбранному термопласту, проводят прямую. Точку пересечения этой прямой со шкалой  $\Gamma$  и точку на шкале  $d_{\text{в}}$  (значение определено по табл. 2.1) соединяют прямой. Продолжение последней пересекает шкалу  $n_{\text{min}}$  в точке, соответствующей значению  $n_{\text{min}}$ ;

в) при  $n_0 > n_{\text{min}}$  число впускных каналов выбирается равным ближайшему большему, чем  $n_{\text{min}}$  целому числу. При  $n_0 < n_{\text{min}}$  необходимо принять  $n_0 = n_{\text{min}}$ , по рис. 2.1 в обратном порядке определить новое значение  $W$  и по нему выбрать тип литьевой машины с большей объемной скоростью впрыска или новое значение  $V_c$  (т.е. меньшее число гнезд в форме), после чего повторить расчет  $n_0$ .

**Пример** расчета впускных каналов. Рассчитать размеры и число впускных каналов для изделий (рис. 2.3) из полиэтилена низкого давления, изготавливаемых в форме с двумя плитами, горячеканальной литниковой системой, пятью гнездами на машине с объемной производительностью  $60 \text{ см}^3/\text{с}$ .

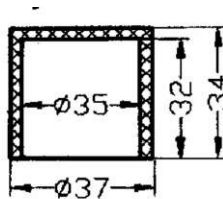


Рис. 2.3

Объем изделия

$$V_{\text{н}} = 0,25\pi (34 \cdot 37^2 - 35^2 \cdot 32) = 5,77 \text{ см}^3.$$

Площадь поверхности изделия

$$S_{\text{н}} = 0,25\pi \cdot 37^2 + \pi 37 \cdot 34 + 0,25\pi(37^2 - 35^2) + \pi 35 \cdot 32 + 0,25\pi \cdot 35^2 = 96,2 \text{ см}^2.$$

Характеристический размер (см. формулу (2.1))

$$H = 2 \cdot 5,77 / 96,2 = 0,12 \text{ см}.$$

По табл. 2.1 угол выхода впускного канала  $30^\circ$ ; при  $H = 1,2$  мм диаметр впускного канала  $d_{\text{в}} = 0,85H = 0,85 \cdot 1,2 = 1,02$  мм.

Принимаем  $d_b = 1,00$  мм.

Для диаметра 1,00 мм по 11-12 качеству допуск составляет +0,06 мм. Исполнительный размер  $d_b = 1^{+0,06}$ . Параметр шероховатости поверхности впускного канала  $R_a = 0,16$  мкм; длина впускного канала  $l = 1$  мм.

Сумма объемов одновременно отливаемых деталей  $V_c = V_{и} \cdot 5 = 5,77 \cdot 5 = 28,85$  см<sup>3</sup>.

Номинальная объемная скорость впрыска в одно гнездо (см. формулу (2.2))

$$W = 60 \cdot 5,77 / 28,85 = 12 \text{ см}^3/\text{с}.$$

По рис. 2.1 при  $W = 12$  см<sup>3</sup>/с и  $d_b = 1,0$  мм определяем  $n_o < 1$ . Принимаем  $n_o = 1$ . По формуле (2.3)  $K = 5,77 / (1,2^2 \cdot 10^{-2}) = 400$  см.

По рис. 2.2 при  $K = 400$  см и  $d_b = 1,0$  мм определяем  $n_{\min} < 1$ . Так как  $n_o = n_{\min}$ , принимаем  $n_o = 1$ .

Размеры впускных каналов для других полимерных материалов рекомендуют рассчитывать по следующим эмпирическим соотношениям.

Глубина канала

$$H = aH,$$

где  $a$  – постоянная, зависящая от материала;

$H$  – характеристический размер.

Для практических расчетов различные термопласты можно разделить на несколько групп по значению  $a$ :

|  | $a$ |
|--|-----|
| Полистирол, полиэтилен                       | 0,6 |
| Полипропилен, поликарбонат, полиформальдегид | 0,7 |
| Полиметилметакрилат, полиамиды               | 0,8 |
| Поливинилхлорид непластифицированный         | 0,9 |

Ширина впускного канала  $b = a \sqrt{A/300}$ , где  $A$  – площадь поверхности матрицы, мм<sup>2</sup>.

Длину  $l$  канала принимают в пределах 0,6 - 1,4 мм.

При конструировании литниковой системы следует внимательно относиться к выбору места расположения впускного литникового канала. Необходимо придерживаться следующих основных правил.

Впуск должен быть расположен так, чтобы по возможности обеспечить равномерное заполнение и одновременное достижение расплавом краев формирующей полости. Полость должна заполняться в направлении потока прямолинейным фронтом, а не свободной струей. При формировании длинных плоских сплошных изделий расплав нужно подводить не параллельно большей стороне изделия, а перпендикулярно ей.

Впуск должен быть расположен в местах наибольшей толщины изделия и максимально удален от участков с тонкими стенками. Если впуск рас-

положен не на самом толстостенном участке отливки, то для нее обычно характерны раковины, утяжины и большой разброс размеров, так как время подпитки толстостенных участков уменьшается из-за быстрого затвердевания тонкостенного участка. Исключение составляет переработка пенопластов, когда впуск рекомендуют размещать в самом тонком сечении отливки. В этом случае форма заполняется под давлением выделяющихся при вспенивании газов. При этом сопротивление формы по мере ее заполнения должно уменьшаться, так как снижается давление газов.

**Тоннельные литниковые каналы** отличаются тем, что расплав подводится в оформляющую полость не по поверхности разъема формы, а через тоннель, выполненный в стенке матрицы. Рекомендуемые размеры тоннеля даны на рис. 2.4 (для хрупких материалов  $\alpha < 20^\circ$ , для эластичных  $\alpha < 50^\circ$ ). Размеры впускного канала см. в табл. 2.1.

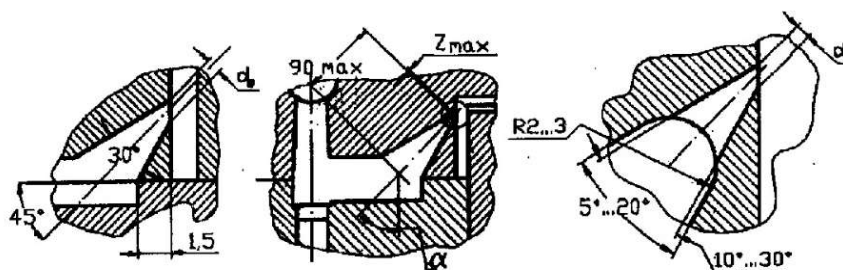


Рис. 2.4

**Специальные виды литниковых систем.** Развитие вопросов конструирования форм для литья термопластов привело к разработке и использованию таких форм, которые поддерживают расплав в литниковой системе в состоянии текучести. В результате появилась возможность получать отливки без литников и отпала необходимость их отделения, уменьшился расход материала, сократился цикл литья.

В зависимости от способа поддержания температуры текучести расплава в литниках такие литниковые системы можно разделить на следующие виды: система с самоизолирующимися каналами; система с частично обогреваемыми разводящими каналами; система с горячими каналами.

*Литниковые системы с самоизолирующимися каналами* являются самыми простыми и дешевыми из всех систем с неотверждаемыми литниками. Их отличительная особенность – подача расплава через каналы увеличенного диаметра, расположенные в необогреваемых элементах формы. При коротких циклах литья литник не успевает полностью затвердеть. На стенках канала образуется толстая корка, играющая роль изолятора и поддерживающая материал в расплавленном состоянии, так что он может свободно протекать к оформляющим полостям формы.

*Системы с частично обогреваемыми разводящими каналами* являются модификацией систем с самоизолирующимися каналами. Отличительная особенность – наличие встроенного во впускное сопло и (или) в центральный

литниковый канал сердечника из медного сплава с размещенным в нем ТЭНом (мощностью 40 – 100 Вт). Сердечник поддерживает необходимую температуру расплава в сопле и впускном канале. Благодаря наличию таких нагревателей цикл литья может быть несколько увеличен.

*Литниковые системы с горячими каналами* – самые сложные и трудоемкие и в тоже время наиболее надежные среди систем с неотверждаемыми литниками. Они позволяют перерабатывать достаточно широкий круг материалов (полиэтилен, полипропилен, полистирол, полиамиды, стеклонанополненные материалы и др.).

Наиболее распространены эти системы при литье крупногабаритных изделий, особенно тонкостенных, и в многогнездных формах, где большая доля массы отливки (при холодных литниковых каналах) приходится на литники.

Горячеканальная литниковая система состоит из двух основных частей: обогреваемого коллектора с центральной литниковой втулкой и сопла (сопл) без индивидуального обогрева или с ним.

Для обогрева коллектора можно использовать нагревательные элементы (ТЭНы). ТЭНы необходимо располагать в коллекторе таким образом, чтобы по возможности создать в нем равномерное температурное поле.

## Практическая часть

Используя методику, изложенную в п. 2.1, и данные табл. 2.2 и 2.3 рассчитать размеры и число впускных каналов форм для литья под давлением.

Таблица 2.2

Технические характеристики термопластоавтоматов

| Параметр  | Значения параметра для модели |                    |                   |                   |                    |                    |                    |                     |
|---|-------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
|   | ДБ<br>3121-<br>16П            | ДБ<br>3124-<br>32П | ДА<br>3127-<br>63 | Д<br>3130-<br>225 | ДА<br>3130-<br>125 | Д<br>3132-<br>250П | Д<br>3134-<br>500П | Д<br>31361-<br>1000 |
| Диаметр шнека, мм   | 22                            | 26                 | 36                | 40                | 40                 | 50                 | 60                 | 80                  |
| Номинальный объем впрыска, см <sup>3</sup>                | 16                            | 32                 | 63                | 125               | 125                | 250                | 500                | 1000                |
| Номинальное давление литья (в материальном цилиндре), МПа | 112                           | 112                | 132               | 1132              | 1132               | 1132               | 1132               | 132                 |
| Номинальная объемная скорость впрыска, см <sup>3</sup> /с | 30                            | 47                 | 60                | 78                | 104                | 150                | 192                | 400                 |
| Номинальное усилие запириания формы, кН                   | 125                           | 250                | 500               | 1000              | 1000               | 1600               | 2500               | 4000                |
| Высота формы, мм наибольшая                               | 230                           | 250                | 250               | 320               | 320                | 400                | 500                | 630                 |
| наименьшая  | 110                           | 125                | 140               | 160               | 160                | 200                | 250                | 320                 |

Данные для расчета числа впускных каналов форм для литья под давлением

| Вариант                                 | 1                  | 2                  | 3                 | 4                 | 5                  | 6                   | 7                  | 8                  |
|---|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| Модель термопластоавтомата              | ДБ<br>3121-<br>16П | ДБ<br>3124-<br>32П | ДА<br>3127<br>-63 | Д<br>3130-<br>225 | ДА<br>3130-<br>125 | ДА<br>3132-<br>250П | Д<br>3134-<br>500П | Д<br>3136-<br>1000 |
| Количество гнезд на машине              | 1                  | 1                  | 2                 | 2                 | 2                  | 3                   | 3                  | 3                  |
| Марка термопласта                       | СФД                | УПС                | ПЭНД              | СФД               | УПС                | ПЭНД                | СФД                | УПС                |
| Позиция детали на рис. 1.3 лаб. раб. №1 | а                  | б                  | в                 | г                 | д                  | е                   | ж                  | з                  |

### Требования для получения допуска к выполнению работы

Знать методику определения размеров и числа впускных каналов форм для литья под давлением.

### Требования к оформлению отчеты

Привести расчеты практической части.

### Контрольные вопросы

1. Методика расчета размера и числа впускных каналов форм для литья под давлением.
2. Характерные требования к впускным каналам.
3. Основные требования к выбору места расположения впускных каналов в форме.
4. Особенность тоннельных литниковых каналов.
5. Специальные виды литниковых систем.

## Лабораторная работа № 3

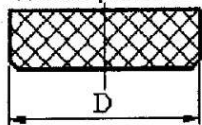
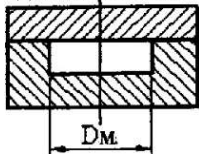
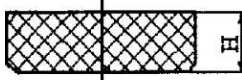

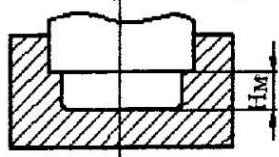
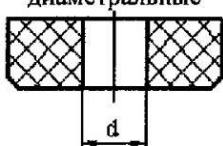
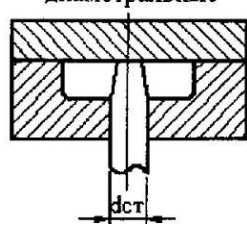
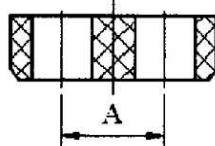
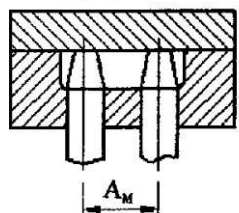
### РАСЧЕТ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ГЛАДКОЙ ФОРМООБРАЗУЮЩЕЙ ДЕТАЛИ

#### 3.1. Теоретическая часть

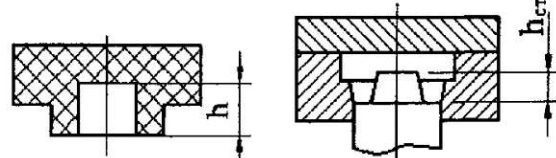
Исполнительные размеры формообразующих элементов назначают в зависимости от допуска на размеры изделия и усадки формуемого материала. Методика расчета гладких формообразующих элементов приведена в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Расчет гладких формообразующих элементов

| Размеры   |   | Расчетная формула   |
|---|---|---|
| изделия   | формообразующих де-талей  |   |
| 1   | 2   | 3   |
| <p>Охватываемые диаметральные</p>    | <p>Охватывающие диаметральные</p>    | $D_M = D_{MAX} + D_{MAX} \cdot 0,01 S_{cp} - T_{И}$                 |
| <p>Охватываемые высотные</p>         | <p>Охватывающие высотные, не зависящие от толщины обля</p>                                   | $H_M = H_{MAX} + H_{MAX} \cdot 0,01 S_{cp} - 0,5(T_{И} + T_{Ф})$    |
|   | <p>Охватывающие высотные, зависящие от толщины обля (пресс-формы прямого прессования)</p>  | $H_{M1} = H_{MAX} + H_{MAX} \cdot 0,01 S_{cp} - 0,5(T_{И} + T_{Ф})$ |
| <p>Охватываемые диаметральные</p>  | <p>Охватывающие диаметральные</p>    | $d_{CT} = d_{min} + d_{min} \cdot 0,01 S_{cp} + T_{И}$              |
| <p>Межосевые</p>                   | <p>Межосевые</p>   | $A_M = A + A \cdot 0,01 S_{cp}$                                     |



|   |   |
|---|---|
| <p>Прочие, не относящиеся к охватываемым, охватывающим и межосевым (глубина паза, высота уступа и т.д.)</p>  | $h_{CT} = h_{min} + h_{min} \cdot 0,01 S_{cp} + 0,5(T_{И} + T_{Ф})$ |
|---|---|

**Примечание.**  $D_{max}$ ,  $H_{max}$  – наибольшие предельные размеры изделия, мм;  $d_{min}$ ,  $h_{min}$  – наименьшие предельные размеры изделия, мм;  $S_{cp}$  – средняя усадка пластмассы, %;  $T_{и}$  – допуск на размер изделия, мм;  $T_{ф}$  – допуск на размер формообразующих деталей (табл. 3.5);  $c$  – поправочный коэффициент, учитывающий толщину облоя в формах прямого прессования (для древесного наполнителя пресс-массы  $c = 0,1$  мм, минерального –  $c = 0,2$  мм, волокнистого –  $c = 0,3$  мм).

Углы конусов поверхностей формообразующих деталей, предусматриваемые для съема изделий, нужно располагать в пределах поля допуска размера изделия и назначать не менее приведенных в табл. 3.2. Уклоны должны быть направлены в сторону увеличения охватывающих размеров и в сторону уменьшения охватываемых размеров формообразующих деталей.

Таблица 3.2

Минимально допустимые углы  $\alpha$  конусов формообразующих элементов

| Пластмасса  | $\alpha$ для поверхностей |                 |
|---|---------------------------|-----------------|
|   | внутренних                | наружных        |
| Реактопласты и термопласты, кроме стекловолоконного пресс-материала и полиэтилена | $0^{\circ} 10'$           | $0^{\circ} 20'$ |
| Стекловолоконный пресс-материал   | $0^{\circ} 15'$           | $0^{\circ} 30'$ |
| Полиэтилен  | $0^{\circ} 30'$           | $1^{\circ}$     |

Исполнительные размеры гладких формообразующих деталей, рассчитанные по формулам табл. 3.1, следует округлять с кратностью, указанной в табл. 3.3 (охватывающие размеры – в сторону увеличения, а охватываемые, межосевые и прочие – в сторону уменьшения).

**Кратность округления исполнительных размеров  
формообразующих деталей**

| Номинальные размеры,<br>мм | Кратность округления при качестве |      |         |
|----------------------------|-----------------------------------|------|---------|
|                            | 6 - 7                             | 9    | 11 - 12 |
| От 1 до 3                  | 0,005                             | 0,01 | 0,02    |
| Свыше 3 до 6               |                                   |      | 0,05    |
| Свыше 6 до 10              |                                   |      |         |
| Свыше 10 до 18             | 0,010                             | 0,02 | 0,10    |
| Свыше 18 до 30             |                                   |      |         |
| Свыше 30 до 50             |                                   |      |         |
| Свыше 50 до 120            |                                   |      |         |
| Свыше 120 до 180           |                                   |      |         |
| Свыше 180 до 260           | -----                             | 0,05 | 0,10    |
| Свыше 260 до 360           |                                   |      |         |
| Свыше 360 до 500           |                                   |      |         |

**Пример** расчета исполнительных размеров гладких формообразующих деталей. Рассчитать исполнительные размеры гладких формообразующих деталей для изделия из полистирола блочного (рис. 3.1, а). Усадка  $S = 0,4...0,8\%$ .

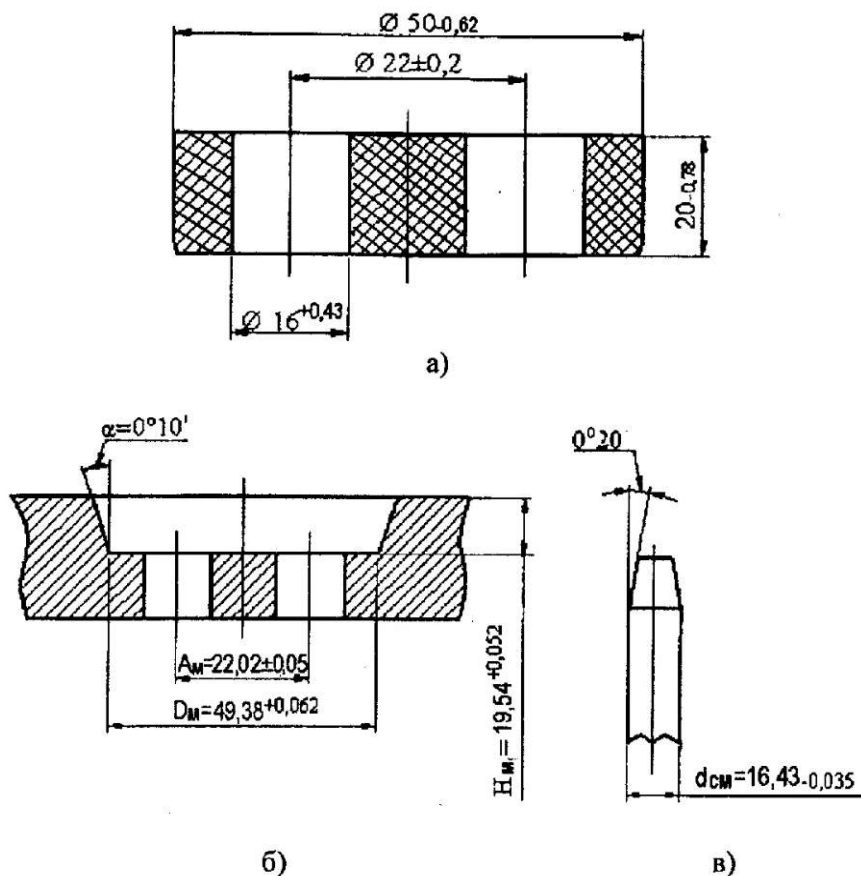


Рис. 3.1  
Последовательность расчета

1. Допуски на размеры детали рассчитать по формулам табл. 3.4.

Таблица 3.4

Достижимая точность размеров изделий из пластмасс,  
получаемых прессованием и литьем под давлением

| Размеры   | Расчетные формулы   |
|---|---|
| Охватываемые, кроме высотных  | $T_n \geq T_s + T_\phi + 2T_y$ ,<br>где $T_s = D \cdot 0,01(S_{\max} - S_{\min})$ |
| Охватывающие  | $T_y = H \cdot \operatorname{tg} \alpha$  |
| Охватываемые высотные, не зависящие от толщины облоя; межосевые; прочие, не относящиеся к охватываемым и охватывающим | $T_n > T_s + T_\phi$  |
| Охватываемые высотные, зависящие от толщины облоя (пресс-формы прямого прессования)                                   | $T_n \geq T_s + T_\phi + T_c$   |

**Примечание.**  $T_n$  – допуск на размер изделий, мм;  $T_s$  – часть допуска на размер изделия, учитывающая колебания усадки пластмассы, мм;  $T_\phi$  – допуск на размер формообразующей детали, мм (согласно табл. 3.5);  $T_y$  – часть допуска на размер изделия, учитывающая уклон поверхности формообразующей детали, мм;  $D$  – номинальный размер изделия, мм;  $S_{\max}$ ,  $S_{\min}$  – максимальная и минимальная усадка пластмассы, %;  $H$  – высота элемента изделия, оформляемого с уклоном, мм;  $\alpha$  – угол конуса поверхности формообразующей детали (см. табл. 3.2);  $T_c$  – часть допуска, учитывающая колебание толщины облоя (принимают  $T_c = 0,01$  мм).

Таблица 3.5

Поле допуска на размеры формообразующих деталей  
в зависимости от качества формуемого изделия

| Квалитет | Поле допуска размеров |                       |                     |
|----------|-----------------------|-----------------------|---------------------|
|          | охватывающих          | Охватываемых и прочих | межосевых*          |
| 6-7      | H7                    | h6                    | $\pm \frac{T_e}{2}$ |
| 9        | H9                    | h9                    |                     |
| 11       | H11                   | h11                   |                     |
| 12       | H12                   | h12                   |                     |

\* Предельные отклонения межосевых размеров следует назначать не менее  $\pm 0,02$  мм.

2. Исполнительные диаметральный, высотный и межосевой размеры матрицы (см. рис. 3.1, б и табл. 3.1)

$$D_M = 50 + 50 \cdot 0,01 \cdot 0,6 - 0,62 = 49,68 \text{ мм.}$$

$$H_{M1} = 20 + 20 \cdot 0,6 - 0,1 - 0,5(0,78 - 0,052) = 19,537 \text{ мм.}$$

$$A_M = 22 + 22 \cdot 0,01 \cdot 0,6 = 22,132 \text{ мм.}$$

С учетом кратности округления по табл. 3.3 принимаем (по 9-му качеству)  $H_{M1} = 19,54 \text{ мм}$ ,  $A_M = 22,02 \text{ мм}$ .

3. Исполнительный размер знака (см. рис. 3.1, и в табл. 3.1)

$$d_{ст} = 16 + 16 \cdot 0,01 \cdot 0,006 + 0,43 = 16,43 \text{ мм.}$$

3. Предельные отклонения размеров матрицы (см. рис. 3.1, б) и стержня (см. рис. 3.1, в) принимать по табл. 3.5, углы конусов  $\alpha$  – по табл. 3.2.

### 3.2. Практическая часть

Используя методику, изложенную в п. 3.1, а также рис. 3.2 и данные табл. 3.6, рассчитать исполнительные размеры формообразующей детали.

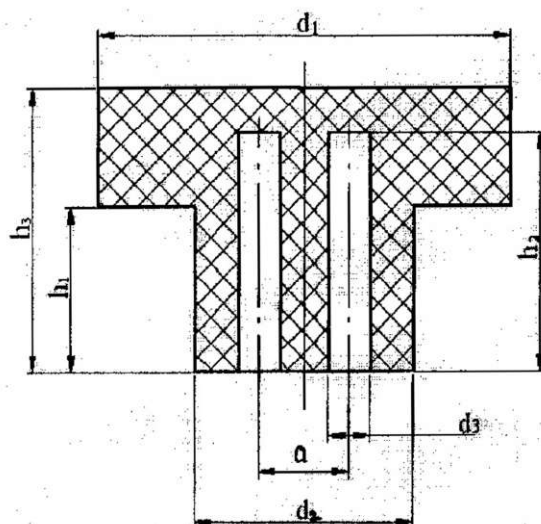


Рис. 3.2

Таблица 3.6

Размеры, мм, детали для различных вариантов (см. рис. 3.2)

| Вариант | $d_1$ | $d_2$ | $d_3$ | $\alpha$ | $h_1$ | $h_2$ | $h_3$ |
|---------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|
| 1       | 60    | 42    | 8     | 18       | 15    | 20    | 25    |
| 2       | 58    | 40    | 10    | 20       | 17    | 22    | 27    |
| 3       | 62    | 44    | 12    | 22       | 13    | 18    | 23    |
| 4       | 59    | 41    | 9     | 19       | 16    | 21    | 24    |
| 5       | 61    | 43    | 11    | 21       | 14    | 19    | 26    |
| 6       | 63    | 45    | 13    | 23       | 18    | 23    | 28    |
| 7       | 58    | 41    | 11    | 20       | 14    | 18    | 23    |
| 8       | 62    | 43    | 12    | 22       | 15    | 20    | 25    |

**Примечание.** Материал детали взять из табл. 1.3 лабораторной работы №1.

### **Требования для получения допуска к выполнению работы**

Знать методику расчеты исполнительных размеров гладких формообразующих деталей.

### **Требования к оформлению отчета**

1. Изложить расчеты практической части.
2. Привести фрагмент чертежа формообразующей детали.

### **Контрольные вопросы**

1. Методика расчета исполнительных размеров гладких формообразующих деталей.
2. Полимерные материалы для получения деталей методами литья и прессования («Общие сведения о получении деталей из пластмасс», п. 1).
3. Назначение технологических уклонов на формообразующей детали и требования к ним, ребра, острые углы («Общие сведения о получении деталей из пластмасс», п. 3).

## **Лабораторная работа № 4**

### **РАСЧЕТ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ РЕЗЬБООФОРМЛЯЮЩИХ ДЕТАЛЕЙ**

#### **4.1. Теоретическая часть**

Расчет исполнительных размеров резьбоформирующих деталей (колец и знаков) в соответствии с ГОСТ 15948-76 для формирования резьбы по ГОСТ 11709-81 в пластмассовых изделиях следует выполнять в соответствии с рис. 4.1 и табл. 4.1.

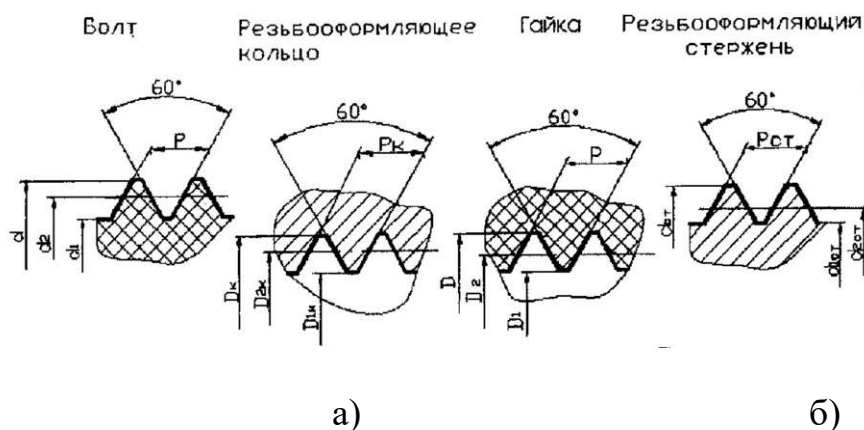


Рис. 4.1

Таблица 4.1

Расчет резьбоформирующих элементов

| Размер                                   | Расчетная формула  |
|--|--|
| 1  | 2  |
| Резьбоформирующее кольцо (рис. 4.1, а)   |  |
| Наружный диаметр                         | $D_K = d + d \cdot 0,01S_{\max} - T_d - es$                    |
| Средний диаметр                          | $D_{2K} = d_2 + d_2 \cdot 0,01S_{\max} - T_{d2} - es$          |
| Внутренний диаметр                       | $D_{1K} = d_1 + d_1 \cdot 0,01S_{\max} - T_{d2} - es - 0,144P$ |
| Шаг                                      | $P_K = P(1 + 0,01S_{cp})^*$                                    |
| 2  | 2  |
| Резьбоформирующий стержень (рис. 4.1, б) |  |
| Наружный диаметр                         | $d_{ct} = D + D \cdot 0,01S_{\min} + T_{D2} + E1$              |
| Средний диаметр                          | $d_{2ct} = D_2 + D_2 \cdot 0,01S_{\min} + T_{D2} + E1$         |
| Внутренний диаметр                       | $d_{1ct} = D_1 + D_1 \cdot 0,01S_{\min} + T_{D1} + E1$         |
| Шаг                                      | $P_{ct} = P_k = P(1 + 0,01S_{cp})^*$                           |

\* Допускается применять резьбоформирующие детали с номинальным (нескорректированным) шагом при условии выполнения рекомендаций ГОСТ 11709-81.

**Примечание.**  $d, d_2, d_1$  – соответственно наружный, средний и внутренний номинальный диаметр резьбы болта, мм;  $D_1, D_2$  и  $D$  – соответственно наружный, средний и внутренний номинальный диаметр резьбы гайки, мм;  $P$  – шаг резьбы, мм;  $T_d$  и  $T_{d2}$  – допуски наружного и среднего диаметров резьбы болта, мм;  $T_{D2}$  и  $T_{D1}$  – допуски среднего и внутреннего диаметров резьбы гайки, мм;  $es$  – верхнее отклонение диаметров резьбы болта, мм;  $E1$  – нижнее отклонение диаметров резьбы гайки, мм;  $S_{\max}, S_{\min}, S_{cp}$  – соответственно наибольшая, наименьшая и средняя усадка пластмассы, %.

Диаметры резьбы резьбоформирующих деталей, рассчитанные по формулам табл. 4.1, следует округлять в соответствии с данными табл. 4.2 (диаметры резьбы кольца в сторону увеличения, а диаметры резьбы стержня в сторону уменьшения).

Таблица 4.2

Кратность округления исполнительных размеров  
резьбоформирующих деталей

| Диаметр резьбы, мм | Кратность округления при качестве |        |
|--------------------|-----------------------------------|--------|
|                    | 6 - 7                             | 8 - 10 |
| До 10              | 0,005                             | 0,02   |
| Свыше 10 до 50     | 0,010                             |        |
| — " — 50 — " — 180 | 0,020                             | 0,05   |

Предельные отклонения диаметров резьбы резьбоформирующих деталей нужно назначать в соответствии с полями допусков, приведенными в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Поле допуска на диаметр резьбы резьбоформирующих деталей

| Квалитет | Поле допуска |             |
|----------|--------------|-------------|
|          | для кольца   | для стержня |
| 6 - 7    | <i>H7</i>    | <i>h7</i>   |
| 8 - 10   | <i>H9</i>    | <i>h9</i>   |

Шаг резьбы резьбоформирующих деталей, рассчитанный по формулам табл. 4.1, округлять до сотых долей миллиметра. Предельные отклонения  $\Delta_p$  шага резьбы резьбоформирующих деталей следует назначать в зависимости от длины  $l$  резьбы в соответствии со следующими данными (предельные отклонения шага относятся к расстояниям между любыми витками резьбы резьбоформирующих деталей):

|                 |             |             |             |             |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| $l$ , мм        | До 12       | 12 - 32     | 32 - 40     | Свыше 50    |
| $\Delta_p$ , мм | $\pm 0,008$ | $\pm 0,010$ | $\pm 0,012$ | $\pm 0,014$ |

Ниже приведены предельные отклонения  $\Delta'_{\beta/2}$  половины угла профиля резьбы при шаге  $P$ :

|                     |          |             |             |             |             |            |
|---------------------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| $P$ , мм            | До 0,35  | 0,35 – 0,60 | 0,60 – 1,00 | 1,00 – 1,50 | 1,50 – 3,00 | Свыше 3,00 |
| $\Delta'_{\beta/2}$ | $\pm 65$ | $\pm 50$    | $\pm 40$    | $\pm 35$    | $\pm 25$    | $\pm 20$   |

**Пример** расчета исполнительных размеров резьбоформирующих деталей.

Рассчитать исполнительные размеры резьбы резьбоформирующих деталей для литья болта и гайки из полистирола блочного; усадка 0,4 – 0,8%; резьба болта  $M16-d8$ , резьба гайки  $M16-H7$ ; шаг  $P = 2$  мм; число витков 8. Наружный, средний и внутренний номинальный диаметр резьбы (ГОСТ 9150-81) соответственно:  $d = 16$  мм,  $d_2 = D = 14,701$  мм;  $d_1 = D_1 = 13,835$  мм.

По ГОСТ 16093-81 верхнее отклонение болта  $e_s = 0,038$  мм; допуск наружного диаметра болта  $T_d = 0,45$  мм; допуск среднего диаметра болта  $T_{d2} = 0,25$  мм; нижнее отклонение диаметра резьбы гайки  $E_1 = 0$ ; допуск среднего диаметра резьбы гайки  $T_{D2} = 0,265$  мм; допуск внутреннего диаметра резьбы гайки  $T_{D1} = 0,475$  мм.

1. По ГОСТ 11709-81 требуемая точность резьбы болта и гайки из пластмассы с колебанием усадки 0,4% достижима.
2. Исполнительные размеры диаметров резьбы резьбоформирующего кольца (рис. 4.2, а) рассчитываем по формулам табл. 4.1.

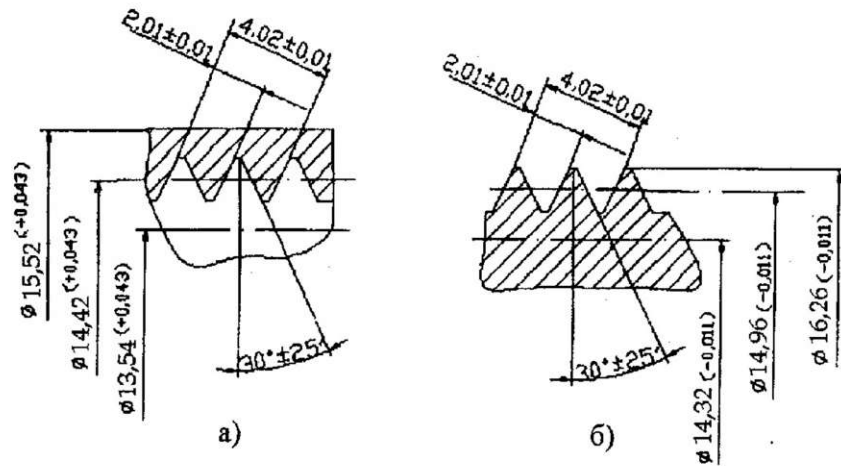


Рис. 4.2

$$D_K = 16 + 16 \cdot 0,01 \cdot 0,008 - 0,45 - 0,038 = 15,513 \text{ мм};$$

$$D_{2K} = 14,701 + 14,701 \cdot 0,01 \cdot 0,008 - 0,25 - 0,038 = 14,414 \text{ мм};$$

$$D_{1K} = 13,835 + 13,835 \cdot 0,01 \cdot 0,008 - 0,25 - 0,038 - 0,144 \cdot 2 = 13,548 \text{ мм}.$$

С учетом кратности округления по табл. 4.2 принимаем:  $D_K = 15,52$  мм;  $D_{2K} = 14,42$  мм;  $D_{1K} = 13,54$  мм.

Предельные отклонения диаметров (рис. 4.2, а) приняты в соответствии с табл. 4.3.

3. Исполнительный размер шага резьбы резьбоформирующего кольца рассчитываем по формуле табл. 4.1, так как в соответствии с рекомендациями ГОСТ 11709-81 требуемая точность достижима лишь при скорректированном шаге.

$$P_K = 2(1 + 0,01 \cdot 0,006) = 2,00012 \text{ мм}.$$

С учетом кратности округления принимаем  $P_K = 0,01$  мм.



Предельные отклонения шага резьбы принимаем в соответствии с данными, приведенными под табл. 4.3.

4. Предельные отклонения половины угла профиля резьбы резьбоформирующего кольца принимаем по данным, приведенным перед началом примера.
5. Исполнительные размеры диаметров резьба резьбоформирующего стержня (рис. 4.2, б) (см. табл. 4.1).

$$d_{ст} = 16 + 16 \cdot 0,01 \cdot 0,004 + 0,265 + 0 = 16,265 \text{ мм};$$

$$d_{2ст} = 14,701 + 14,701 \cdot 0,01 \cdot 0,004 + 0,265 + 0 = 14,966 \text{ мм};$$

$$d_{1ст} = 13,835 + 13,835 \cdot 0,01 \cdot 0,004 + 0,475 + 0 = 14,31 \text{ мм}.$$

С учетом кратности окружения по табл. 4.2 принимаем:  $D_{ст} = 16,26 \text{ мм}$ ;  $d_{2ст} = 14,96 \text{ мм}$ ;  $d_{1ст} = 14,32 \text{ мм}$ .

Предельные отклонения диаметров (см. рис. 4.2, б) принимаем в соответствии с табл. 4.3.

6. Исполнительный размер шага, его предельные отклонения половины угла профиля резьбы резьбоформирующего стержня те же, что и для резьбоформирующего кольца.

Конструкцию захода и выхода резьбы пластмассового изделия выполняют согласно рис. 4.3, а, б (соответственно для болта и гайки).

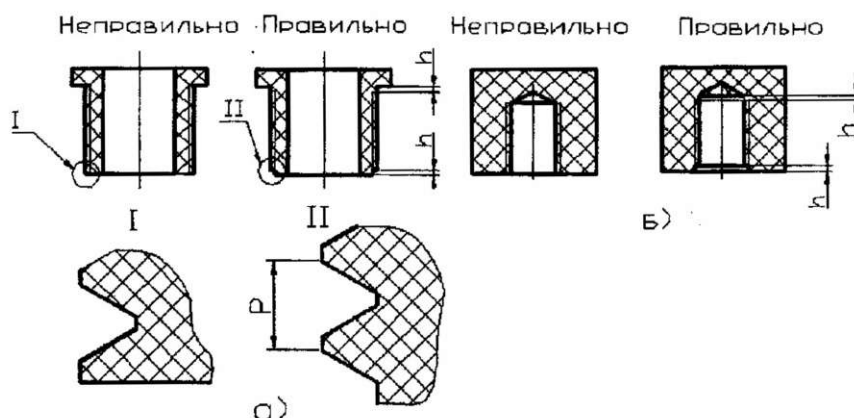


Рис. 4.3

Значения  $h$  принимаем в зависимости от шага резьбы  $P$  по следующим данным:

|          |         |           |           |           |
|----------|---------|-----------|-----------|-----------|
| $P$ , мм | До 0,75 | 0,6 – 1,5 | 1,6 – 2,0 | Свыше 2,0 |
| $h$ , мм | 1,0     | 1,5       | 2,0       | 3,0       |

На рис. 4.4, а, б приведены конструкции резьбоформирующего кольца. При неправильном (сквозном) его выполнении (рис. 4.4, а) на выходе резьбы в изделии образуется прилив (см. рис. 4.3, а, фрагмент 1), который будет препятствовать вывинчиванию изделия, способствовать его разрушению и потребует чистки кольца после каждого цикла. Правильное исполнение резьбоформирующего кольца 1 достигается несквозной нарезкой резьбы (рис. 4.4, б). И если при этом имеется цилиндрический знак 2 на резьбовом кольце, то он не должен доходить до нарезанной части резьбы на расстояние  $h$ .

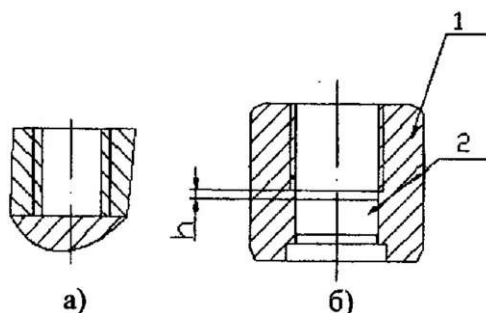


Рис. 4.4

## 4.2. Практическая часть

Используя методику, изложенную в п. 4.1, а также соответствующие данные ГОСТ 9150-81, ГОСТ 16093-81, ГОСТ 11709-81 и табл. 4.4, рассчитать исполнительные размеры резьбоформирующей детали болта и гайки.

Таблица 4.4

Данные для расчета исполнительных размеров резьбоформирующих деталей

| Вариант      | 1    | 2   | 3    | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   |
|--------------|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Резьба болта | M8   | M10 | M12  | M14 | M18 | M20 | M22 | M24 |
| Резьба гайки | M8   | M10 | M12  | M14 | M18 | M20 | M22 | M24 |
| Шаг резьбы   | 1,25 | 1,5 | 1,75 | 2   | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 3   |

**Примечания:** 1. Материал деталей см. в табл. 1.3 лабораторной работы №1.

2. Число витков – 10.

3. Поля допусков для болта по 7  $h$ , для гайки – по 6  $H$ .

### Требования к оформлению отчета

Знать методику расчета исполнительных размеров резьбоформирующих деталей.

## Требования к оформлению отчета

1. Изложить расчеты практической части.
2. Привести фрагменты чертежей резьбоформирующих деталей болта и гайки.

## Контрольные вопросы

1. Методики расчета исполнительных размеров резьбоформирующих деталей.
2. Конструктивные особенности захода и выхода резьбы пластмассовых деталей.
3. Технологичность пластмассовых деталей (допуски на изделия из пластмасс, форма изделия, приливы и выступы, стенки и днища, резьбы, арматура) («Общие сведения о получении деталей из пластмасс», п. 3).

## Лабораторная работа № 5

### РАСЧЕТ ТЕРМОСТАТИРУЮЩИХ КАНАЛОВ ФОРМЫ ДЛЯ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

#### 5.1 Теоретическая часть

##### Термостатирование форм

Отверждение полимера в форме требует отвода большого количества теплоты. В связи с этим продолжительность цикла литья в значительной степени зависит от эффективности отвода теплоты и от достигаемой при этом температуры отливки. Кроме того, режим охлаждения существенно влияет на качество изделий. Так, более высокая температура формы позволяет получить:

улучшенные механические показатели кристаллических полимеров –  $\sigma_p$ ,  $E$ ,  $HВ$  и т.д. ( у аморфных полимеров эти показатели меняются незначительно);

качественную поверхность, блеск изделия;

менее ориентированную структуру полимера и меньшие внутренние напряжения;

меньшую склонность к растрескиванию в напряженном состоянии и при воздействии агрессивных сред;

большую стабильность размеров в процессе эксплуатации, особенно при повышенных температурах.

Низкая температура формы позволяет уменьшить: рассеяние размеров отливаемых изделий, усадку и коробление, цикл литья.

Вместе с тем необходимо помнить, что при быстром охлаждении в отливке возникают большие внутренние напряжения, и, если изделие эксплуатируется при повышенных температурах, неизбежны вторичная усадка и коробление. На переохлажденных стенках формы может конденсироваться влага, отрицательно влияющая на качество поверхности отливки.

Выбор конструктивного решения системы термостатирующих каналов должен быть обоснован количественно, т.е. расчетным путем. Прежде всего рассчитывают площадь поперечного сечения каналов, затем – длину каналов.

### Расчет каналов.

1. Время охлаждения, с, определяют по приближенной формуле

$$\tau_{\text{охл}} = \frac{0,405}{\alpha} \left( \frac{\delta}{2} \right)^2 \left( 1n1,27 - 1n \frac{t_k - t_\delta}{t_H - t_\delta} \right),$$

где  $\alpha$  – коэффициент температуропроводности, м<sup>2</sup>/с (по табл. 5.1);

$\delta$  – толщина изделия, м;

$t_\phi$  – средняя за цикл температура формирующих поверхностей, °С (по табл. 5.1);

$t_H$  – начальная температура изделия, равная температуре впрыскиваемого в форму расплава, °С (по табл. 5.1);

$t_k$  – температура в середине стенки изделия, при которой раскрывается форма (принимают на 8 – 25 °С выше  $t_\phi$ : меньшие значения для мягких материалов, большие – для жестких прочных; для стеклонаполненных материалов можно принимать  $t_k > t_\phi$  на 20 – 30 °С).

2. Время цикла, с:

$$\tau_{\text{ц}} = \tau_{\text{охл}} + \tau_{\text{ср}} + \tau_{\text{впр}}, \quad (5.1)$$

где  $\tau_{\text{ср}}$  – время смыкания или размыкания полуформ, с;

$\tau_{\text{впр}}$  – время впрыска, с.

3. Количество теплоты  $Q_o$ , поступившей с расплавом и отдаваемой отливкой, Дж:

$$Q_o = m_o c_o (t_H - t_k),$$

где  $m_o = n(m_H + m_L)$  – масса отливки, кг;

$m_H$  – масса изделия, кг;

$n$  – число гнезд (см. табл. 2.3 в лаб. раб. №2);

$m_L$  – масса литников, кг;

$c_o$  – удельная теплоемкость материала отливки, Дж/(кг · °С) (по табл. 5.1);

$t_k$  – средняя по объему отливки температура изделия в момент раскрытия формы, °С.

$$t_k = t_\phi + 2(t_H - t_\phi) / \pi.$$

Таблица 5.1

Некоторые физические и технологические параметры материалов,  
используемые при расчете систем термостатирования

| Вариант | Материал                     | Плотность<br>$\rho \cdot 10^{-3}$ ,<br>кг/м <sup>3</sup> | Теплопроводность<br>$\lambda$<br>Вт/(м·°C) | Удельная теплоемкость<br>$c \cdot 10^{-3}$ ,<br>Дж/(кг·°C) | Температуропроводность<br>$\alpha \cdot 10^7$ , м <sup>2</sup> /с | Температурный коэффициент линейного расширения<br>$\alpha \cdot 10^5$ ,<br>1/°C | Температура формы при литье, °C | Температура расплава в зоне сопла, °C |
|---------|------------------------------|--|--|--|---|---|---------------------------------|---------------------------------------|
| 1       | полипропилен                 | 0,95   | 0,14-0,175                                 | 1,92   | 0,86  | 16  | 30-90                           | 260-280                               |
| 2       | поливинилхлорид              | 1,35   | 0,16                                       | 1,5  | 0,8   | 6-7   | 20-60                           | 160-180                               |
| 3       | поликарбонат                 | 1,2  | 0,198                                      | 1,25   | 1,32  | 6,75  | 80-130                          | 280-310                               |
| 4       | полистирол ударопрочный      | 1,1-1,15   | 0,14                                       | 1,8  | 0,75  | 6-10  | 50-70                           | 220-250                               |
| 5       | полиметилметакрилат          | 1,18-1,20  | 0,187-0,21                                 | 1,8-1,97   | 0,93  | 8   | 60-80                           | 200-230                               |
| 6       | поликапролактан              | 1,14-1,15  | 0,254                                      | 2,5  | 0,9   | 10-11   | 70-90                           | 230-250                               |
| 7       | полиамид 610                 | 1,1  | 0,268                                      | 1,97-2,5   | 1,08  | 11-12   | 40-60                           | 200-230                               |
| 8       | полиформальдегид             | 1,425  | 0,31                                       | 1,17-1,46  | 1,5   | 8,1   | 90-120                          | 260-280                               |
|         | <b>Охлаждающие жидкости:</b> |  |  |  |   |   |                                 |                                       |
|         | вода                         | 1,0  | 0,65                                       | 4,18   | 1,58  | -   | -                               | -                                     |
|         | минеральные масла            | 0,88-0,92  | 1,28                                       | 1,67-1,88  | 0,8   | -   | -                               | -                                     |
|         | глицерин                     | 1,26   | 2,77-2,96                                  | 2,42   | 0,91-0,98   | -   | -                               | -                                     |

#### 4. Количество теплоты, отводимой хладагентом:

$$Q_x = Q_o \pm Q_{\text{пот}},$$

где  $Q_{\text{пот}}$  – потери теплоты в окружающую среду (минус) или количество теплоты, получаемое формой из окружающей среды (плюс).

В тепловых расчетах литьевых форм теплообменом с окружающей средой в большинстве случаев можно пренебречь без большой погрешности. Тогда

$$Q_x = Q_o.$$

Однако если хладагент подогревается до высокой температуры, то внешний теплоотвод надо учитывать; при этом

$$Q_{\text{пот}} = Q_k + Q_T + Q_{\text{и}},$$

где  $Q_k$ ,  $Q_T$ ,  $Q_{\text{и}}$  – количество теплоты, передаваемой в окружающую среду соответственно конвективно, через крепежные плиты машины и излучением.

Поскольку в этом случае необходимо предусматривать тепловую изоляцию формы от плит пресса, то  $Q_T$  в расчете можно не учитывать. При вы-

соких температурах формы  $Q_{\text{н}} \approx 0,25 Q_{\text{к}}$ , поэтому окончательно можно записать

$$Q_{\text{пот}} = 1,25 Q_{\text{к}},$$

$$Q_{\text{к}} = F_{\text{б}} \alpha (t_{\text{пф}} - t_{\text{в}}) \tau_{\text{ц}},$$

где  $F_{\text{б}}$  – площадь боковых поверхностей формы,  $\text{м}^2$ ;

$\alpha$  – коэффициент теплоотдачи (при естественной конвекции в воздухе можно принять  $\alpha = 8 \text{ кг} \cdot \text{с}^{-3} / \text{°C}$ );

$t_{\text{пф}} = t_{\text{ф}} - 5\text{°C}$  – температура на поверхности формы,  $\text{°C}$ ;

$t_{\text{в}}$  – температура окружающего воздуха,  $\text{°C}$ .

5. Расход хладагента,  $\text{кг}$ :

$$g_{\text{x}} = Q_{\text{x}} / (c_{\text{x}} \Delta t_{\text{x}}), \quad (5.2)$$

где  $c_{\text{x}}$  – удельная теплоемкость хладагента,  $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{°C})$  по табл. 5.1;

$\Delta t_{\text{x}}$  – разность температур хладагента на выходе и входе в канал (принимают не более  $2 - 4 \text{ °C}$  для исключения неравномерности охлаждения).

6. Расход хладагента (в  $\text{кг}$ ) через пуансон и матрицу принимают пропорциональным площадям оформляющих их поверхностей  $F_{\text{п(м)}}$  (площадь пуансона  $F_{\text{п}}$  равна внутренней поверхности изделия, а площадь матрицы  $F_{\text{м}}$  – его наружной поверхности):

$$g_{\text{x}}^{\text{п(м)}} = g_{\text{x}} F_{\text{п(м)}} / F_{\text{общ}},$$

где  $F_{\text{п(м)}}$  – определяют по чертежу пуансона и матрицы или по чертежу изделия,  $\text{м}^2$  ( $F_{\text{общ}}$  – суммарная площадь оформляющих поверхностей пуансона и матрицы).

7. Площадь поперечного сечения каналов,  $\text{м}^2$ :

$$f_{\text{k}}^{\text{п(м)}} = g_{\text{x}}^{\text{п(м)}} / (\rho_{\text{x}} \tau_{\text{ц}} \omega),$$

где  $\rho_{\text{x}}$  – плотность хладагента,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$\tau_{\text{ц}}$  – см. (5.1);

$\omega$  – скорость течения хладагента,  $\text{м}/\text{с}$  (принимают  $\omega = 0,5 \dots 1,0 \text{ м}/\text{с}$ ).

8. Диаметр канала или длина стороны сечения (если канал прямоугольный),  $\text{м}$ :

$$d_{\text{k}}^{\text{п(м)}} = 1.13 \sqrt{f_{\text{e}}^{\text{п(м)}}}.$$

Если расчет дает неприемлемые результаты, например, слишком малый (нетехнологичный) диаметр канала, то необходимо увеличить расчетный расход хладагента, уменьшив  $\Delta t_{\text{x}}$  в уравнении (5.2), или применить другой хладагент с меньшей теплоемкостью  $c_{\text{x}}$ . Если диаметр, наоборот, получается

слишком большим, то расход уменьшают, переходя на хладагент с большими  $c_x$  или  $\Delta t_x$ , либо увеличивают скорость хладагента  $\omega$ . При этом следует учитывать, что слишком большое увеличение  $\Delta t_x$  приводит к значительной неравномерности температурного поля формы.

9. После окончательного выбора  $d_k^{п(м)}$  определяют длину каналов из условия, что эффективная площадь поверхности каналов должна быть не менее охлаждаемой площади оформляющих поверхностей пуансона или матрицы, т.е.

$$F_k^{п(м)} \geq F_{п(м)},$$

где  $F_k^{п(м)}$  – площадь поверхности охлаждающих каналов пуансона (матрицы),  $m^2$ .

Суммарная длина, м, каналов круглого сечения

$$l_k^{п(м)} \geq F_{п(м)} / (\pi d_k^{п(м)}).$$

**Конструирование системы термостатирования.** Так как при расчете размеров каналов охлаждения принят ряд допущений, а также вследствие того, что расчетное время охлаждения отливки  $\tau_{охл}$  может отличаться от фактического из-за неопределенности температуры  $t_k$  в середине стенки изделия, необходимо предусматривать возможность регулирования температуры формы.

Температуру формы можно регулировать двумя способами: изменением средней температуры хладагента и изменением расхода хладагента. Первый способ применяют при высоких температурах формы, он реализуется независимо от конструкции формы. Второй способ используют наиболее широко, поэтому в конструкции формы или в системе повода хладагента к форме обязательно следует предусматривать возможность регулирования его расхода, например, установкой вентиля.

При конструировании системы термостатирования необходимо учитывать следующие основные требования:

- суммарная длина каналов должна быть возможно большей, но не меньше расчетного значения  $l_k^{п(м)}$  (избыточные возможности системы всегда можно уменьшить регулированием, тогда как недостаток трудно компенсировать);

- расположение каналов, а также направление потока хладагента от более нагретых частей к менее нагретым должны обеспечить по возможности равномерное охлаждение оформляющих элементов формы; необходимо учитывать, что температура формы в зоне впрыска всегда несколько выше, чем на периферийных участках;

- более интенсивное охлаждение должно быть предусмотрено в месте расположения подвижных элементов формы (выталкивателей, плит съема, подвижных знаков), что позволяет исключить деформацию изделий при их удалении из формы;

- так как коэффициент теплоотдачи с изменением скорости движения жидкости изменяется в широком диапазоне, в системе каналов не должно быть участков с увеличивающимся сечением и особенно застойных зон, где охлаждающая жидкость может играть роль теплоизолятора (по этой же причине не рекомендуется использовать полостное охлаждение, рис. 5.1, а);

- система охлаждения должна быть герметична, что проверяют при давлении 0,6 МПа.

Ниже рассмотрены основные конструктивные варианты – системы канального и полостного типа, комбинированная система.

Систему канального типа с прямыми каналами применяют при литье плоских прямоугольных изделий и в многогнездных формах с рядным расположением гнезд. Расстояние между охлаждающими каналами  $S_{п(м)}$ , а также каналами и охлаждаемой поверхностью  $b_{п(м)}$  (рис. 5.2, а) выбирают по эмпирическим зависимостям  $S_{п(м)} \approx (2,5 \dots 3,5)d_{к(м)}$ ,  $b_{п(м)} \approx (0,8 \dots 1,5)S$ .

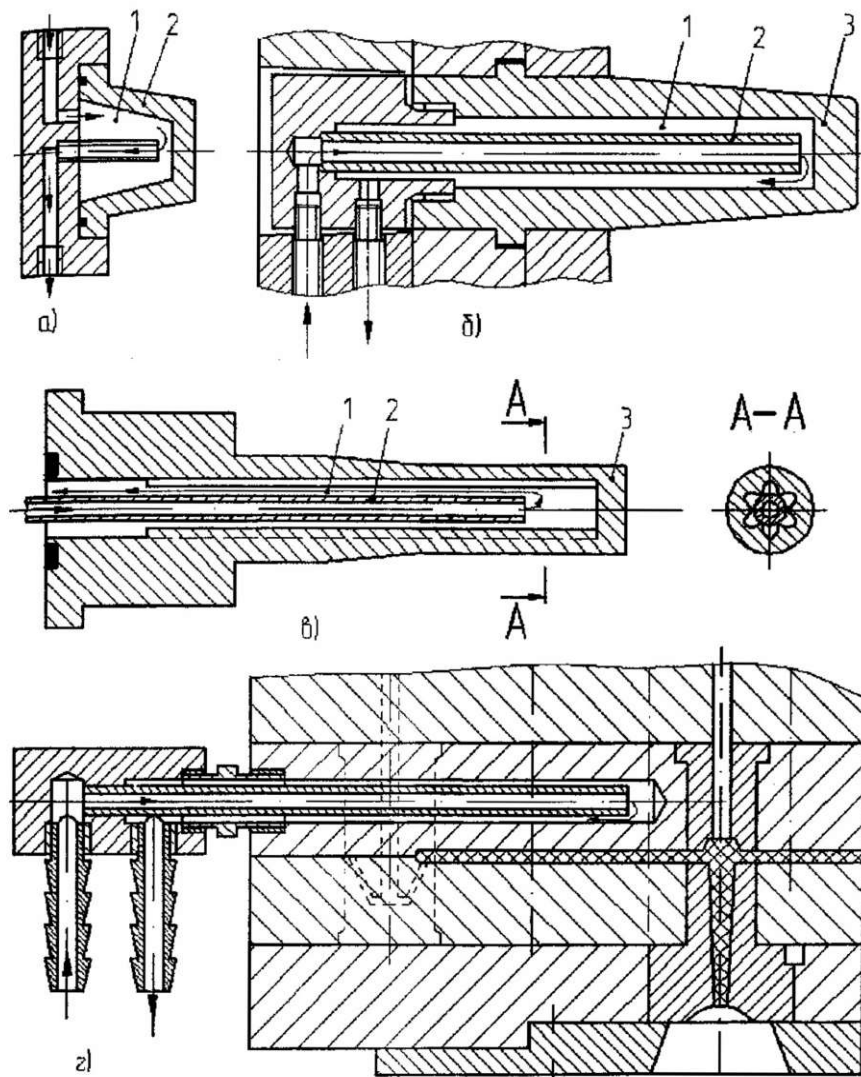


Рис. 5.1



На рис. 5.2, б показано рекомендуемое расположение каналов при переменной толщине стенок изделия ( $b_1 > b_2$ ).

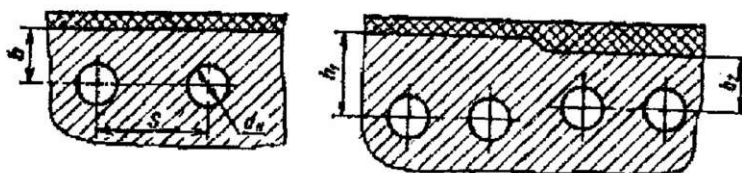


Рис. 5.2

Каналы в матрицах, пуансонах, плитах охлаждения или обоймах выполняют, как правило, сквозными и заканчивают резьбовыми гнездами, в которые вворачивают ниппели и пробки.

Систему полостного типа (см. рис. 5.1), как правило, применяют при отношении высоты охлаждаемого элемента формы к его диаметру (ширине)  $h / d \geq 1$ .

На рис. 5.1, а приведен пример неудачной полостной системы. В нижней части полости будет образовываться застойная зона, а в верхней части скорость потока уменьшится. В результате пуансон будет иметь неравномерное температурное поле.

На рис. 5.1, б, показаны правильно спроектированные системы. В охлаждающей полости 1 установлена фонтанирующая трубка 2, через которую жидкость подается к наиболее нагретому участку пуансона 3. Отводится жидкость через кольцевой зазор, образуемый в полости вокруг трубки.

Для увеличения эффективности охлаждения отдельных мест участков формы (где невозможно выполнить сквозной канал) могут применяться специальные узлы (рис. 5.1, г). В труднодоступных местах, где подвести жидкость не удастся, для улучшения отвода теплоты можно применять вкладыши из материала с высоким коэффициентом теплопроводности.

Комбинированная система является сочетанием канальной и полостной систем, причем возможны различные сочетания.

### Практическая часть

Используя методику, изложенную в п. 5.1, и данные табл. 5.2, рассчитать термостатирующие каналы формы для литья под давлением.

## Данные для расчета термостатирующих каналов

| Вариант | Материал             | Время смыкания полуформ, с | Время впрыска, с | Масса литников на одно гнездо, кг |
|---------|----------------------|----------------------------|------------------|-----------------------------------|
| 1       | Полипропилен         | 0,3                        | 4                | 0,02                              |
| 2       | Поливинилхлорид      | 0,5                        | 7                | 0,03                              |
| 3       | Поликарбонат         | 0,2                        | 3,5              | 0,035                             |
| 4       | Полистирол ударочный | 0,4                        | 6,4              | 0,026                             |
| 5       | Полиметилметакрилат  | 0,3                        | 5,2              | 0,022                             |
| 6       | Поликапролактан      | 0,4                        | 6                | 0,04                              |
| 7       | Полиамид 610         | 0,2                        | 3,5              | 0,038                             |
| 8       | Полиформальдегид     | 0,5                        | 6,8              | 0,032                             |

**Примечания:** 1. Геометрические параметры детали см. на рис. 1.3 лабораторной работы №1.

2. Температуру на поверхности формы принимать как среднее значение ее температуры.

### Требования для получения допуска к выполнению работы

Знать методику расчета термостатирующих каналов форм для литья под давлением.

### Требования к оформлению отчета

Изложить расчеты практической части.

### Контрольные вопросы

1. Методика расчета термостатирующих каналов форм для литья под давлением.
2. Влияние режима охлаждения формы на качество детали.
3. Способы регулирования температуры формы.
4. Основные требования к системе термостатирования формы.
5. Основные конструктивные варианты системы термостатирования формы и случаи их применения.

## Лабораторная работа № 6

### РАСЧЕТ РАЗМЕРОВ ЗАГРУЗОЧНОЙ КАМЕРЫ ФОРМЫ ДЛЯ ПРЕССОВАНИЯ

#### Теоретическая часть

##### Особенности форм для прессования

Основные отличительные особенности форм для прессования реактопластов определяются технологической особенностью процесса прессования, заключающейся в том, что в отличие от литья в открытую форму подается непластифицированный материал в виде порошка или таблеток, а смыкание формы происходит после загрузки материала.

Материал загружают в матрицу формы с помощью приспособлений и механизмов или вручную. Дозирование таблетированного пресс-материала выполняют по числу таблеток, порошкообразного – весовым или объемным способом, волокнистого – по числу таблеток и весовым способом.

Формообразование происходит в процессе смыкания формы при высоких температурах (150–200 °С) и высоком давлении на материал (25–50 МПа). При этом оформляющие элементы и арматура воспринимают повышенные нагрузки. Это необходимо учитывать при наличии длинных оформляющих элементов малого сечения, элементов, расположенных перпендикулярно направлению смыкания формы, а также при наличии особенно тонкой арматуры, которая в момент смыкания формы может изгибаться или ломаться.

Высокие температуры определяют ограничения при использовании (для автоматизации процесса) зубчатых, винтовых передач, гидро- и пневмоприводов и требует обязательного применения высокотемпературных дисульфитмолибденовых и других смазочных материалов.

Процесс прессования проводят, как правило, с подпрессовкой. Подпрессовка – это кратковременное (2–3 с) размыкание формы на небольшую высоту (до 10 мм) для удаления газов, паров воды, образовавшихся в процессе поликонденсации, а также удаления влаги, находившейся в пресс-материале. Однако подпрессовку не применяют при прессовании изделий с арматурой и использовании форм кассетного типа, так как даже незначительный вывод пуансона из матрицы вызывает смещение арматуры или разрушение еще неотвержденного изделия. В таких случаях в пуансоне не следует располагать замкнутые оформляющие полости высотой более 3 мм.

Отпрессованные изделия выталкиваются из стационарных форм выталкивателями, получающими движение от штока нижнего гидроцилиндра пресса, и извлекаются специальной вилкой-съемником после возврата выталкивателей в исходное положение. Съемные формы размыкают вне пресса с использованием специальных приспособлений.

После извлечения изделий форму очищают с помощью сжатого воздуха, поэтому в местах, где может скапливаться облой, необходимо предусматривать пазы для продува.

### Конструктивные элементы форм

**Матрицы, пуансоны, загрузочные камеры.** Матрицы компрессионных форм полужакрытого типа являются сочетанием двух элементов – собственно матрицы и расположенной над ней загрузочной камеры. Конструктивно матрицы могут быть выполнены как одно целое или составными (рис. 6.1, а), для повышения технологичности ее конструкции, а также возможности внедрения прогрессивных методов формообразования (холодного и полугорячего выдавливания, электроимпульсной обработки, гальванопластики и др.).

Поверхность  $A$  собственно матрицы, по которой происходит ее запираение и отжатие излишнего количества вытекающего из матрицы пресс-материала, называется отжимным рантом матрицы. Его ширину  $b$  принимают в зависимости от конструкции матрицы и изделия не менее 2,5 мм. В цельных матрицах 1 (рис. 6.1, б), когда в пуансоне 2 не оформляются элементы изделия или когда они оформляются, но значение  $a$  соответствует условиям прочности, ширину отжимного ранта принимают  $b = 2,5$  мм. Во вставных матрицах 1 (рис. 6.1, в), а также в случаях, когда часть изделия размещена в пуансоне 2 (рис. 6.1, г) и размер этой части равен или больше размера части изделия, размещенного в матрице 1,  $b \geq 5$  мм. Для уменьшения толщины облоя, примыкающего к изделию в этом случае, на пуансоне выполняют также отжимной рант шириной  $b_1 = 2,5$  мм и высотой 0,5 мм. При малом плане выпуска изделий, когда стойкость пуансона и матрицы не является лимитирующим фактором,  $b_1$  можно уменьшить до 1 мм, что позволит дополнительно уменьшить толщину облоя. Радиус  $R$  скругления пуансона больше радиуса  $r \leq 1$  мм скругления загрузочной камеры:  $R = r + (0.5...1)$  мм.

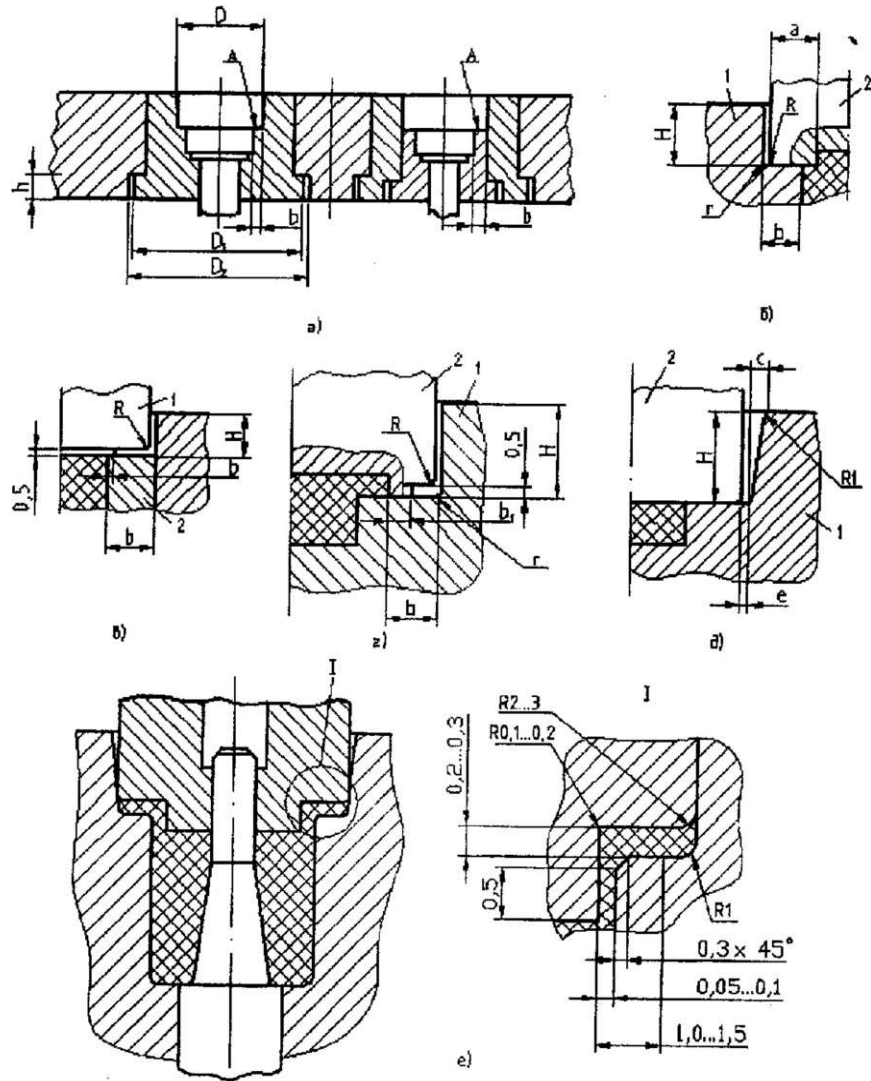


Рис. 6.1

Избыточный материал и газы удаляются из оформляющего гнезда формы прямого прессования через зазор шириной  $e$  (рис. 6.1, д) между пуансоном 2 и стенкой загрузочной камеры. Кроме того, этот зазор исключает контакт боковых поверхностей пуансона и загрузочной камеры при запрессовке, что уменьшает износ этих поверхностей. Для материалов типа волокнит принимают  $e = 0,3$  мм, для остальных материалов (фенопласты, аминопласты, стеклопласты АГ – 4В, ДСВ и др.)  $e = 0,15$  мм. Стенку загрузочной камеры выполняют с  $c = 0,2$  мм при высоте  $H \leq 30$  мм и  $c = 0,3$  мм при  $H > 30$  мм.

Пуансоны и матрицы с цилиндрической посадочной частью и оформляющей частью, требующими взаимной ориентации, фиксируют шпонками, штифтами и пр.

Размеры загрузочной камеры рассчитывают в такой последовательности:

1. Объем загружаемого пресс- материала, см<sup>3</sup>:

$$V = mkn / \rho ,$$

где  $m$  – масса прессуемого изделия, г;

$k$  – коэффициент уплотнения пресс- массы (для нетаблетированных материалов)

$$k = \rho_n \cdot 10^{-2} , \frac{i^3}{\epsilon \ddot{a}}$$

где  $\rho_n$  – насыпная плотность; для таблетированных порошкообразных материалов  $k = 1,4 \dots 1,5$ , волокнистых -  $k = 2,5 \dots 3,0$ , жгутированного АГ – 4В -  $k = 3,5$ );

$n$  – число одновременно прессуемых изделий с использованием одной загрузочной камеры;

$\rho$  – плотность отпрессованного изделия, г/см<sup>3</sup>.

2. Площадь  $F$  сечения верхней загрузочной камеры матрицы форм литьевого прессования для предотвращения раскрытия формы под давлением материала, должна быть больше суммарной площади сечения изделия и литников:

$$F = 1,1 (F_{и} + F_{л})n ,$$

где  $F_{и}$  – площадь прессуемого изделия (в плане), см<sup>2</sup>;

$F_{л}$  – суммарная площадь сечения литников (в плане), см<sup>2</sup>.

3. Диаметр  $D$ , мм нижней загрузочной камеры форм литьевого прессования рекомендуется определять по эмпирической формуле

$$D = \sqrt[3]{V_{и}} ,$$

где  $V_{и}$  – объем прессуемого изделия, см<sup>3</sup>.

4. Высота  $H$ , см, загрузочной камеры для форм литьевого прессования

$$H_{ц} = V / F + 1,2.$$

Расчет исполнительных размеров матриц, пуансонов, резбовых знаков и других деталей не отличается от соответствующего расчета форм для литья термопластов.

Толщину стенок загрузочных камер, матриц и обойм стационарных форм обычно не рассчитывают. Строгий расчет стенок загрузочных камер, матриц и обойм с учетом работы днища и возможного переменного сечения стенки громоздок и сложен, а упрощенный расчет по известным каноническим формулам сопрямата является весьма приближенным и, как правило, не

дает результатов, согласующихся с практикой; в связи с этим в большинстве случаев толщину  $S$ ,  $S_1$ ,  $S_2$  стенок можно выбирать по специальной таблице.

### Практическая часть

Используя методику, изложенную в п. 6.1, и данные табл. 6.1, рассчитать размеры загрузочной камеры формы для прессования.

Таблица 6.1

Данные для расчета размеров загрузочной камеры

| Вариант  | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Плотность отпрессованной детали, кг/м <sup>3</sup>       | 1400 | 1450 | 1850 | 1600 | 1500 | 1750 | 1350 | 1900 |
| Площадь сечения литников на одну деталь, мм <sup>2</sup> | 280  | 390  | 260  | 300  | 290  | 400  | 380  | 350  |

**Примечания:** 1. Для определения массы детали плотность материала см. в табл. 5.1 лабораторной работы № 5.

2. Число одновременно прессуемых деталей см. в табл. 2.3 лабораторной работы № 2.

3. Площадь прессуемой детали (в плане) и ее объем см. на рис. 1.3 лабораторной работы № 1.

4. Насыпную плотность материала см. в табл. 1.3 лабораторной работы № 1.

### Требования для получения допуска к выполнению работы

Знать методику расчета загрузочной камеры форм для прессования.

### Требования к оформлению отчета

Изложить расчеты практической части.

### Контрольные вопросы

1. Методики расчета размеров загрузочной камеры формы для прессования.
2. Особенности процесса прессования.
3. Сущность подпрессовки.
4. Конструкция матрицы.
5. Виды переработки пластмасс методом прессования («Общие сведения о получении деталей из пластмасс», п. 2):
  - а) прямое прессование без предварительного подогрева;
  - б) прямое прессование с предварительным подогревом таблетированного материала.

## Лабораторная работа № 7

### ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВАТЕЛЯ ПРЕСС – ФОРМЫ

#### 7.1. Теоретическая часть

##### *Обогрев пресс – форм*

Пресс – формы для прессования и литья термореактивных материалов в настоящее время обогревают в основном с использованием электронагревательных устройств, в качестве которых применяют ТЭНы различных конструкций, в том числе выпускаемые по ГОСТ 13268-83. Набор таких элементов позволяет быстро и легко монтировать плиты обогрева с различной тепловой отдачей установкой ТЭНов необходимой мощности. При выходе из строя одного или нескольких элементов их легко заменить новыми. К недостаткам такого обогрева следует отнести ограниченный срок службы ТЭНов вследствие их перегрева из-за сложности обеспечения полного контакта ТЭНов с плитой.

При конструировании плит обогрева необходимо руководствоваться следующими соображениями:

1. Расположение электронагревательных элементов должно обеспечивать равномерное прогревание всей поверхности формирующих элементов.

2. При определенной суммарной мощности нагревателей следует устанавливать большее их число с меньшей единичной мощностью.

3. В зависимости от расположения формирующих полостей, выталкивателей и конфигурации изделия отверстия в плитах обогрева могут быть расположены симметрично (на равных расстояниях одного от другого), попарно или смещены от центра к краям плит, но по возможности ближе к формирующим элементам.

4. Мощность нагревателей должна быть не меньше расчетной и не превышать ее более чем в 1,5 раза.

5. Для визуального контроля температуры в обоймах матриц (пуансонов) или непосредственно в матрице (пуансоне) следует предусматривать отверстие диаметром 10,5 мм, глубиной 100 мм для установки термометра.

Широкое распространение получает индукционный нагрев токами промышленной частоты. При этом значительно возрастает долговечность нагревателей, которая может достигать 3 -5 лет (для ТЭНов 2 – 3 мес.); время разогрева пресс – формы не превышает 0,5 – 2 ч (для ТЭНов 6 – 10 ч); повышается равномерность температурного поля оформляющих поверхностей. К недостаткам индукционного обогрева относятся значительная сложность и трудоемкость установки нагревательного элемента и его замены в случае отказа.

Индукционный нагреватель (рис. 7.1) представляет собой специальную катушку 1, устанавливаемую в соответствующий паз плиты обогрева 2. Пли-



та закрыта стальной пришлифованной крышкой 3. Выводы катушки подключают к клеммнику 4. Термопара 5 размещена в плите на расстоянии около 3 мм от стенки паза.

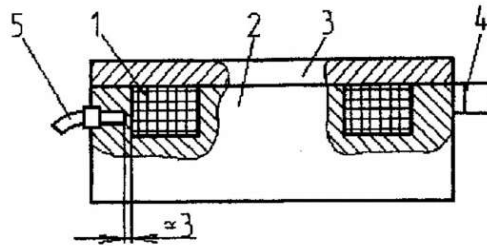


Рис. 7.1

### Расчет индукционного нагревателя

#### Тепловой расчет

1. Мощность теплового потока нагревателя при заданном времени разогрева пресс – формы, Вт:

$$P = Q_{\text{пф}} / \tau + \Phi_{\text{п0}}^{\Delta t},$$

где  $Q_{\text{пф}}$  – количество теплоты, необходимой для разогрева пресс- формы (без учета потерь), Дж;

$\Phi_{\text{п0}}^{\Delta t}$  - потери теплового потока за время разогрева, Вт;

$\tau$  – время разогрева, с.

2. Количество теплоты, необходимое для разогрева пресс – формы до температуры прессования, Дж:

$$Q_{\text{пф}} = cm(t_{\text{пф}} - 20),$$

где  $c$  – удельная теплоемкость стали, Дж / (кг · °С) (см. в лаб. работе № 8);

$m$  – масса пресс – формы, кг;

$t_{\text{пф}}$  – средняя температура пресс – формы в конце разогрева ( $t_{\text{пф}} \approx 200$  °С при температуре стенки  $t_c = 165...170$  °С).

3. Потери теплового потока за период разогрева, Вт:

$$\Phi_{\text{п0}}^{\Delta t} = \Phi_{\text{бп}} + \Phi_{\text{пк}},$$

где  $\Phi_{\text{бп}}$  и  $\Phi_{\text{пк}}$  – потери теплового потока соответственно боковыми поверхностями пресс – формы и поверхностями контакта с прессом, Вт.

Потери теплового потока боковыми поверхностями, Вт:  
без теплоизоляции

$$\Phi_{\text{бп}} = 0,5 \alpha_{\text{б}} F_{\text{б}} (t_{\text{с}} - 20);$$

с теплоизоляцией

$$\Phi_{\text{бп}} = 0,5 \alpha_{\text{а}}^{\dot{e}} F_{\text{б}} (t_{\text{и}} - 20),$$

здесь  $\alpha_{\text{б}}$  и  $\alpha_{\text{а}}^{\dot{e}}$  - коэффициент теплоотдачи боковых поверхностей соответственно пресс – формы и изоляции, Вт / (м<sup>2</sup> · °С);

$F_{\text{б}}$  – площадь боковых поверхностей пресс –формы, м<sup>2</sup> (см. рис. 1.3 в лаб. работе №1);

$t_{\text{и}}$  – температура поверхности теплоизоляции, °С).

Обычно  $\alpha_{\text{б}} = 13$  Вт / (м<sup>2</sup> · °С),  $\alpha_{\text{а}}^{\dot{e}} = 11,6$  Вт / (м<sup>2</sup> · °С);  $t_{\text{и}} = 80...85$  °С.

4.Потери теплового потока поверхностями контакта пресс – формы с прессом через прокладки, Вт:

$$\Phi_{\text{пк}} = F_{\text{к}} (\lambda_{\text{пр}} / \delta_{\text{пр}})(t_{\text{о}} - t_{\text{п}}),$$

где  $F_{\text{к}}$  – площадь поверхности контакта пресс –формы и пресса, м<sup>2</sup>;

$\lambda_{\text{пр}}$  – коэффициент теплопроводности прокладки из асбеста, Вт / (м<sup>2</sup> · °С) (см. в лаб. работе № 8);

$\delta_{\text{пр}}$  – толщина прокладки, м;

$t_{\text{о}} = 0,5 (t_{\text{с}} - 20)$  – средняя температура поверхности контакта пресс – формы с прессом в период разогрева, °С;

$t_{\text{п}} \approx 28..30$  °С – средняя температура поверхности контакта пресса с пресс –формой.

## 7.2. Практическая часть

Используя методику, изложенную в п. 7.1, и данные табл. 7.1, выполнить тепловой расчет индукционного нагревателя пресс –формы.

Таблица 7.1

Данные для теплового расчета индукционного нагревателя  
пресс –формы

| Вариант               | 1     | 2     | 3    | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     |
|-----------------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Масса пресс-формы, кг | 180   | 150   | 190  | 160   | 170   | 165   | 195   | 175   |
| Толщина прокладки, м  | 0,008 | 0,009 | 0,01 | 0,011 | 0,012 | 0,013 | 0,014 | 0,015 |

**Примечание.** Площадь контакта пресс –формы с прессом составляет 1/6 часть площади ее боковой поверхности.

### Требования для получения допуска к выполнению работы

Знать методику теплового расчета индукционного нагревателя пресс – формы.

### **Требования к оформлению отчета**

В отчете привести расчеты практической части.

### **Контрольные вопросы**

- 1.Методика теплового расчета индукционного нагревателя пресс- формы.
- 2.Достоинства и недостатки использования ТЭНов и индукционных нагревателей для обогрева пресс- форм.
- 3.Требования к конструкции плит обогрева.
- 4.Конструкция индукционного нагревателя.
- 5.Виды переработки пластмасс методами прессования:
  - а)литьевое прессование;
  - б)прямое прессование с предварительной пластификацией;
  - в)литьевое прессование с предварительной пластификацией.

## **Лабораторная работа № 8**

### **РАСЧЕТ ИНДУКТОРА ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВАТЕЛЯ ПРЕСС- ФОРМЫ**

#### **8.1. Теоретическая часть**

##### *Формы для литья под давлением реактопластов*

По конструкции формы, которые предназначены для изготовления изделий из реактопластов методом литья под давлением, принципиально не отличаются от форм для литья изделий из термопластов. Некоторые особенности определяются спецификой технологии формования реактопластов. К таким особенностям относятся: наличие обогревательных элементов (ТЭНы, индукторы и р.), а также необходимость учета температурного расширения подвижных элементов формы для предотвращения возможных заеданий, задиров, поломок. Для уменьшения тепловых потерь и выравнивания температурного поля формы необходимо предусматривать надежную тепловую изоляцию полуформ от плит литьевой машины и окружающей среды.

При проектировании литниковой системы (центральный литник, разводящие литниковые каналы, место подвода впускного канала, его вид и форма) необходимо руководствоваться требованиями, предъявляемыми к литниковой системе форм для литья изделий из термопластов. Однако при литье реактопластов всегда требуется тщательная отделка поверхности раз-

водящих каналов с обязательным хромированием. Переход от разводящих каналов к впускным должен быть плавным.

Выбор площади поперечного сечения впускного канала – наиболее ответственный этап проектирования литниковой системы. Чрезмерное уменьшение поперечного сечения впускного канала приводит к следующим нежелательным явлениям: излишней потере давления; преждевременному отверждению впрыскиваемого материала из-за дополнительного выделения теплоты при трении в узком канале; возникновению больших внутренних напряжений в месте впуска; неравномерной ориентации наполнителя и вследствие этого ухудшению физико-механических свойств, особенно для материалов, армированных волокнами, а также к короблению изделия.

Чрезмерное увеличение площади поперечного сечения впускного канала также нежелательно, так как при отделении литника возможно повреждение изделия.

Площадь сечения впускного канала принимают из расчета его удельной пропускной способности 5 – 10 г массы впрыскиваемого материала на 1 мм<sup>2</sup> сечения. Высоту канала принимают 0,3 – 0,6 мм.

При литье плоских тонких изделий рекомендуют применять веерный литник, который может иметь при заданной площади сечения минимальную толщину и улучшает ориентацию материала, снижая тем самым коробление изделия. При литье толстостенных изделий для уменьшения выдержки впускной канал целесообразно рассчитывать по максимальной пропускной способности впускного канала.

Диаметр  $d$  впускного отверстия тоннельного литника (как правило, 0,5 – 2,0 мм) можно определить по уравнению

$$d = kV + 0,5 ,$$

где  $k = 0,01 \text{ мм/см}^3$  – коэффициент пропорциональности;

$V$  – объем изделия, см<sup>3</sup>.

Увеличение диаметра свыше 2 мм возможно, но приводит к образованию на детали заметного следа от среза литника.

В многогнездных формах расположение оформляющих полостей должно быть таким, чтобы длина путей течения материала к ним была одинаковой, что обеспечивает одинаковые физико-механические свойства изделий, получаемых в разных гнездах.

Для получения качественной отливки существенное значение имеют вентиляционные каналы, место расположения которых следует выбирать в соответствии с правилами расположения их в формах для литья термопластов. Размеры вентиляционных каналов подбирают опытным путем в зависимости от размеров детали: высота 5 – 20 мм, ширина 0,05 – 0,2 мм. После окончательной доводки при испытании формы эти каналы необходимо полировать и хромировать.

Прогрессивным направлением в конструировании является создание форм с холодными литниковыми каналами, которые соответствуют горяче-

канальным формам при литье термопластов. Особенно эффективно их применение для изготовления мелких деталей в многогнездных формах, где разветвленная литниковая система может составлять 50% и более объема отливаемых изделий. Еще одно преимущество таких форм – возможность использования литниковых каналов увеличенного диаметра, что существенно снижает потери давления литья и несколько меньше разрушает стекловолоконный наполнитель.

Отличительная особенность холодноканальных форм – обязательное наличие теплоизолирующей плиты между коллектором литниковой системы и оформляющей плитой (обоймой матриц).

### Расчет индукционного нагревателя

1. Глубина проникновения тока в материал пресс-формы, м:

$$\Delta = 503 \sqrt{\rho_o / (\mu f)},$$

где  $\rho_o$  – удельное электрическое сопротивление стали, Ом · м;

$\mu = 40 \dots 45$  – относительная магнитная проницаемость;

$f = 50$  Гц – частота тока.

2. Электрическая проводимость поверхностного слоя паза, по которому проходит индукционный ток, См

$$G = 10^{-6} S / (\rho_c l_c), \quad (8.1)$$

где  $S$  – площадь поперечного сечения поверхностного слоя паза, по которому проходит индукционный ток, мм<sup>2</sup>;

$l_c$  – длина паза пресс-формы по средней линии, м.

$$S = 2\Delta (h + b) + \pi\Delta^2, \quad (8.2)$$

где  $h$  и  $b$  – соответственно глубина и ширина паза, мм.

Для предварительного определения проводимости  $G$  поверхностного слоя паза размерами  $h$  и  $b$  задаются. Обычно принимают  $h = 30 \dots 35$  мм, а  $b$  – в 1,1 – 1,3 раза меньше.

3. Число витков индуктора

$$W = U \sqrt{G / 3P}, \quad (8.3)$$

где  $U$  – напряжение на клеммах индуктора, В;

$P$  – мощность индуктора соответствующей полуформы, Вт.

4. Площадь сечения проволоки, мм<sup>2</sup>:

$$q \geq W / (JU),$$

где  $J = 5 \dots 6$  А/мм<sup>2</sup> – плотность тока.

По значению  $q$  определяют диаметр  $d$  провода обмотки в соответствии с ГОСТ 7019-80.

5.Ширина паза при плотной намотке проводов круглого или прямоугольного сечения, мм:

$$b_1 = zd + (z - 1) \delta + (4,0 \dots 4,5), \quad (8.4)$$

где  $z$  – число слоев обмотки;

$d$  – диаметр или толщина провода, мм;

$\delta = 0,4 \dots 0,5$  мм – толщина межслойной изоляции.

6.Число слоев обмотки

$$Z = W/W_{\text{сл}}, \quad (8.5)$$

где  $W_{\text{сл}} = (h - 4) / d - 1$  – число витков в одном слое.

Полученные значения округляют до целых чисел; при этом  $W_{\text{сл}}$  уменьшают, а  $z$  увеличивают.

7.По формуле (8.2) определяют уточненное значение площади  $S_1$ , подставив  $b = b_1$ ; по формулам (8.1) и (8.3) находят уточненные значения проводимости  $G_1$  и числа витков  $W_1$ . После определения  $W_1$ , по формулам (8.4) и (8.5) проверяют возможность размещения всех витков при ширине паза  $b = b_1$ . Если  $z$  изменяется, то расчет необходимо повторить, если нет, то значения проводимости  $G_1$  и числа витков  $W_1$  можно использовать при дальнейших расчетах.

8.Электрическое сопротивление обмотки, Ом:

$$R_1 = \rho_1 \frac{W_1 l_c}{10^{-6} q} [1 + \beta_1 (t_1 - 20)],$$

где  $\rho_1$  – удельное сопротивление проволоки, Ом · м;

$\beta_1$  – температурный коэффициент электрического сопротивления, 1/°С;

$t_1$  – температура проволоки к концу разогрева, °С.

Температуру проволоки можно принимать равной температуре поверхности паза пресс – формы, °С:

$$t_n = \frac{Q}{c \rho_c} \frac{1}{2\sqrt{\alpha \pi t}},$$

где  $Q$  – количество теплоты на единицу площади поверхности паза, Дж/м<sup>2</sup>;

$c$  – удельная теплоемкость стали, Дж/(кг · °С);

$\rho_c$  – плотность стали, кг/м<sup>3</sup>;

$\alpha$  – коэффициент температуропроводности стали, м<sup>2</sup>/с;

$\tau$  – время разогрева, с.

9. Реактивное сопротивление обмотки, Ом:

$$X_1 = 1,31 \cdot 10^{-4} W^2 l_c h / b.$$

10. Активное сопротивление вторичной цепи (паза пресс-формы), Ом:

$$R_2'' = W_1^2 / G.$$

Из-за потерь на гистерезис сопротивление увеличивается на

$$R_2' = 0,1 R_2''.$$

С учетом поправки на изменение температуры можно записать

$$R_2' = R_2'' [1 + \beta_2 (t_i - 20)],$$

где  $\beta_2$  – температурный коэффициент электрического сопротивления стали,  $1/^\circ\text{C}$ .

Полное сопротивление

$$R_2 = R_2' + R_2''.$$

Реактивное сопротивление вторичной цепи

$$X_2 = R_2 / 1,37.$$

Полное сопротивление индуктора

$$Z = \sqrt{(R_1 + R_2)^2 + (X_1 + X_2)^2}.$$

Коэффициент мощности

$$\cos \varphi = (R_1 + R_2) / Z.$$

Сила тока индуктора, А:

$$I = U / Z.$$

Плотность тока

$$T = I / q.$$

Активная мощность индуктора, Вт:

$$P = IU \cos \varphi .$$

Справочные данные, необходимые для расчета:

|   |                      |
|---|----------------------|
| Удельная теплоемкость стали, Дж/(кг · °С)                     | 460-500              |
| Плотность стали, кг/м <sup>3</sup>                            | 7850                 |
| Коэффициент температуропроводности стали, м <sup>2</sup> /с   | 2,1·10 <sup>-5</sup> |
| Коэффициент теплопроводности асбеста, Вт/(м·°С)               | 0,12-0,23            |
| Удельное электрическое сопротивление, мкОм·м:                 |                      |
| стали   | 0,1-0,2              |
| меди  | 0,01724              |
| Температурный коэффициент электрического сопротивления, 1/°С: |                      |
| меди  | 0,0043               |
| стали   | 0,005                |

## 8.2. Практическая часть

Используя методику, изложенную в п. 8.1, и данные табл. 8.1, выполнить расчет индуктора индукционного нагревателя пресс – формы.

Таблица 8.1

Данные для расчета индуктора индукционного нагревателя  
пресс –формы

| Вариант   | 1                   | 2                   | 3                   | 4                   | 5                   | 6                   | 7                   | 8                 |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|
| Длина паза пресс-формы по средней линии, м                            | 0,28                | 0,31                | 0,34                | 0,36                | 0,38                | 0,39                | 0,4                 | 0,42              |
| Время разогрева, мин  | 45                  | 50                  | 54                  | 58                  | 60                  | 62                  | 65                  | 73                |
| Кол-во теплоты на единицу площади поверхности паза, Дж/м <sup>2</sup> | 6,5·10 <sup>6</sup> | 6,4·10 <sup>6</sup> | 6,5·10 <sup>6</sup> | 6,6·10 <sup>6</sup> | 6,7·10 <sup>6</sup> | 6,8·10 <sup>6</sup> | 6,9·10 <sup>6</sup> | 7·10 <sup>6</sup> |
| Мощность индуктора, кВт   | 1,0                 | 1,3                 | 1,5                 | 1,8                 | 2,0                 | 2,25                | 2,6                 | 3,0               |

**Примечание.** Среднюю длину витка принимать равной длине паза пресс- формы по средней линии.

### Требования для получения допуска к выполнению работы

Знать методику расчета индуктора индукционного нагревателя пресс – форм.

### Требования к оформлению отчета

В отчете привести расчеты практической части.



## Контрольные вопросы

1. Методика расчета индуктора индукционного нагревателя пресс-форм.
2. Виды переработки пластмасс методом литья под давлением:
  - а) литье под давлением реактопластов;
  - б) литье под давлением термопластов.
3. Конструктивные особенности форм для изготовления деталей из реактопластов.
4. Влияние площади поперечного сечения на процесс получения деталей из реактопластов методом литья под давлением.

## Л и т е р а т у р а

1. Пантелев А.П., Шевцов Ю.М., Горячев И.А. Справочник по проектированию оснастки для переработки пластмасс. – М.: Машиностроение, 1986. – 398 с.
2. Альшиц И.Я., Лагов Б.Н. Проектирование деталей из пластмасс. – М.: Машиностроение, 1977. – 242 с.
3. Глухов Е.Е. Конструирование пластмассовых изделий и формующего инструмента. – М.: 1977. – 95 с.
4. Лапшин В.В. Основы переработки термопластов литьем под давлением. – М.: Химия, 1974. – 270 с.
5. Оленев Б.А., Мордкович Е.М., Калюшин В.Ф. Проектирование производства по переработке пластических масс. – М.: Химия, 1982. – 253 с.
6. Петряев С.В., Лангин О.Н. Пластмассовые пресс – формы для литья под давлением термопластов. – Л.: ЛДНТП, 1981. – 34 с.

# КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |     |
|--|-----|
| ВВЕДЕНИЕ.....  | 133 |
| 1. КЛАССИФИКАЦИЯ И УСТРОЙСТВ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ.....                         | 134 |
| 1.1. Задачи, решаемые при использовании приспособлений.....              | 134 |
| 1.2. Классификация приспособлений.....                                   | 134 |
| 2. ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ И ЭТАПЫ ИХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ..... | 135 |
| 2.1. Исходные данные и выбор конструкции .....                           | 135 |
| 2.2. Обеспечение точности.....   | 138 |
| 3. РАСЧЕТ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ НА ТОЧНОСТЬ.....                                | 138 |
| 3.1. Расчет размерных цепей.....   | 138 |
| 3.1.1. Основные определения и закономерности.....                        | 138 |
| 4. РАСЧЕТ СИЛ ЗАЖИМА, ЗАЖИМНЫХ УСТРОЙСТВ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЧНОСТИ.....    | 144 |
| 4.1. Расчет зажимных устройств.....                                      | 144 |
| 4.2. Прочность деталей приспособлений.....                               | 147 |
| 5. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ НА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ .....                | 147 |
| 5.1. Расчет режимов резания при обработке на токарных станках.....       | 147 |
| 5.2. Расчет режимов резания при обработке на сверлильных станках.....    | 149 |
| 5.3. Расчет режимов резания при фрезеровании.....                        | 150 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ.....  | 152 |
| ЛИТЕРАТУРА.....  | 185 |

Цель курсового проекта – закрепить пройденный материал и проверить, насколько успешно студент ориентируется в литературе, рекомендуемой для изучения курса.

## Введение

Предусмотренный учебным планом специализаций Т.06.01.02 «Лазерное и оптическое приборостроение» и Т.06.01.13 «Лазерная техника и технология» специальности 1-38 01 02

Т.06.01.00 «Приборостроение» курсовой проект по оснастке для обработки деталей оптических приборов является частью технологической подготовки будущих инженеров-приборостроителей. В ходе курсового проектирования обобщаются и углубляются теоретические знания, полученные в процессе изучения дисциплины «Технология оптического приборостроения».

Целью курсового проекта является приобретение первоначальных практических навыков и умений в конструировании сравнительно несложных специальных приспособлений для станков, используемых в оптическом приборостроении.

Полностью выполненный курсовой проект защищается перед комиссией, назначаемой заведующим кафедрой в предусмотренные учебным планом сроки.

В пояснительной записке курсового проекта должны найти отражение следующие вопросы:

- 1) задание на курсовое проектирование;
- 2) анализ конструкций детали;
- 3) выбор и обоснование конструкции разработанного приспособления;
- 4) расчеты, подтверждающие точность и жесткость приспособления;
- 5) принятые оригинальные решения.

По результатам защиты выставляется оценка, учитывающая не только разносторонность и глубину технических знаний и умений студента, но и ритмичность его работы в течение семестра, а также качество выполнения графической части проекта и пояснительной записки.

Предлагается следующая последовательность работы при выполнении курсового проекта:

1. Принятие решений:
  - 1) анализ обрабатываемой заготовки;
  - 2) выбор элементов и схемы приспособления;
  - 3) выбор схем базирования, закрепления и обработки заготовки и схемы приспособления.
2. Выбор схемы и параметров для расчета точности приспособления:
  - 1) разработка схемы приспособления (эскизная проработка);
  - 2) выбор расчетных параметров и построение размерной цепи;
3. Расчет приспособления на точность.

4. Расчет сил зажима и зажимных устройств.
5. расчет приспособления на прочность.
6. Разработка документации:
  - 1) сборочный чертеж приспособления и его детализовка;
  - 2) технологический процесс изготовления детали приспособления с расчетом режимов резания;
  - 3) спецификация приспособления;
  - 4) технические условия;
  - 5) описание работы приспособления.

## **1. КЛАССИФИКАЦИЯ И УСТРОЙСТВ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ**

### **Задачи, решаемые при использовании приспособлений**

За счет использования приспособлений в машино- и приборостроении при обработке деталей исключается разметка заготовок и выверка их при установке на станках, повышается производительность труда, расширяются технологические возможности оборудования.

Ориентирование заготовок и деталей осуществляется автоматически за счет контактирования их базовых поверхностей с установочными элементами приспособлений. При этом обеспечиваются заданные размеры, повышается точность обработки, устраняются погрешности, связанные с разметкой и выверкой заготовок.

В единичном, мелкосерийном и серийном производствах используется, в основном, универсальное оборудование. Для сокращения количества необходимого оборудования универсальные станки оснащаются специальными приспособлениями, расширяющими их технологические возможности.

С помощью приспособлений, расширяющих технологические возможности станков, можно осуществлять крепление инструментов, использование которых на данном станке не предусмотрено; дополнительные перемещения обрабатываемой заготовки и инструмента; перемещение инструмента относительно заготовки в требуемой последовательности. При этом возможно крепление заготовок и инструментов на не предназначенных для этих целей поверхностях станка; повышается точность положения и перемещения инструмента; становятся возможными виды обработки, для которых данный станок не предназначен.

### **Классификация приспособлений**

Приспособления классифицируют по двум основным признакам: целевому назначению и степени специализации.

*По целевому назначению* различают 5 групп приспособлений:

- 1) станочные для установки заготовок на станках (70...80 % от общего количества приспособлений), которые в зависимости от вида обработ-

- ки делят на токарные, фрезерные, сверлильные, шлифовальные, расточные, протяжные, строгальные и др.;
- 2) станочные для установки обрабатывающих инструментов;
  - 3) сборочные для обеспечения правильного взаимного положения деталей и сборочных единиц;
  - 4) контрольные, предназначенные для проверки точности заготовок, промежуточного и окончательного контроля изготавливаемых деталей;
  - 5) транспортно-кантовальные для захвата, перемещения и перевертывания обрабатываемых заготовок и собираемых изделий.

## **2. ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ И ЭТАПЫ ИХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

### **2.1. Исходные данные и выбор конструкции**

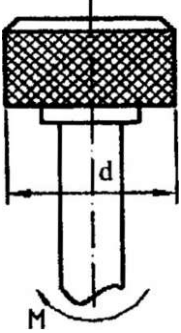
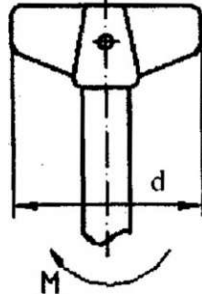
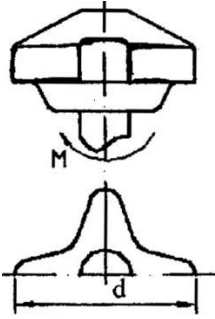
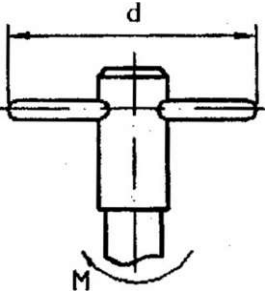
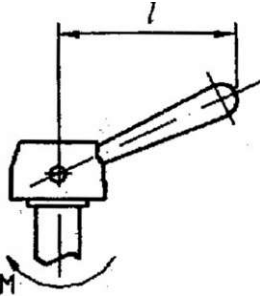
Проектирование приспособлений неразрывно связано с разработкой технологического процесса обработки заготовки. Технолог и конструктор в работе по проектированию приспособлений решают вполне определенные задачи. Технолог осуществляет выбор технологических баз, установление маршрута обработки, уточнение содержания технологических операций с разработкой эскизов обработки и указанием промежуточных размеров по каждой операции, дающих представление о базировании и закреплении заготовки, выбор и расчет параметров режима обработки, включая силы и моменты обработки (резания), выбор типа и модели станка, предварительную разработку схемы приспособления, нормирование операций. В задачи конструктора входят конкретизация предложенной технологии схемы приспособления и базирования заготовки, выбор конструкции и размеров установочных элементов приспособления, определение необходимых сил зажима, выбор схемы и расчет зажимных устройств и приводов к ним, определение конструкции и размеров направляющих элементов приспособления, общая компоновка приспособления с назначением допусков на его сборку и на изготовление деталей. В результате конструктор должен выдать готовый чертеж приспособления, оформленный в соответствии с требованиями стандартов и с техническими условиями на изготовление и эксплуатацию.

При проектировании приспособления необходимы следующие исходные материалы: чертеж заготовки, чертеж детали и технические требования по ее приемке, операционные эскизы заготовки на предшествующую и выполняемую операции, технологический процесс изготовления данной детали, стандарты и нормали на детали и сборочные единицы приспособлений, альбомы нормализованных конструкций и чертежи подобных по назначению приспособлений, данные о станках. Из технологического процесса изготовления детали конструктор выясняет последовательность и содержание операций, принятое базирование, используемые станки и инструменты, параметры режимов резания, нормы времени и заданную производительность обработки.

Значения моментов, передаваемых рукой рабочего (при силе воздействия 150 Н) на маховички и рукояти различных конструкций и размеров, приведены в табл. 2.1, с помощью которой при известном требуемом моменте  $M$  можно подбирать конструктивную форму приводных элементов ручных зажимных устройств и их размер  $l$ .

Таблица 2.1

Предельные значения моментов сил  $M$ , Н•мм, обеспечиваемые при различных конструктивных формах и размерах  $d$ , мм, элементов ручных зажимных устройств

| Форма устройства  |             |   |             |   |             |   |               |   |               |
|---|-------------|---|-------------|---|-------------|---|---------------|---|---------------|
|  |             |  |             |  |             |  |               |  |               |
| $2l$  | $M$         | $2l$  | $M$         | $2l$  | $M$         | $2l$  | $M$           | $l$   | $M$           |
| 20  | 700...1500  | 30  | 1200...2500 | 40  | 4000...6500 | 80  | 7000...8500   | 75  | 8500...13000  |
| 24  | 900...1800  | 35  | 2500...5000 | 50  | 5000...7000 | 100   | 8000...9500   | 94  | 9500...14000  |
| 30  | 1000...2200 | 45  | 4000...6500 | 60  | 6000...8000 | 120   | 9500...11000  | 117   | 10000...15000 |
| 36  | 1200...2500 | 50  | 5000...7500 | 80  | 8000...9500 | 140   | 10000...13000 | 150   | 11000...16000 |
| -   | -           | 70  | 7000...8500 | -   | -           | -   | -             | -   | -             |

Ориентировочные данные о продолжительности закрепления и открепления заготовок различными режимами представлены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Вспомогательное время на закрепление и открепление заготовки, мин

| Способ закрепления                                  | Количество зажимов | Масса деталей, кг, до |       |       |       |        |
|---|--------------------|-----------------------|-------|-------|-------|--------|
|   |                    | 1                     | 5     | 12    | 20    | св. 20 |
| Закрепление откидной или скользящей планкой         |                    |                       |       |       |       |        |
| Рукояткой пневматического зажима                    | 1                  | 0,034                 | 0,042 | 0,046 | 0,05  | 0,06   |
| Рукояткой эксцентрикового зажима                    | 1                  | 0,04                  | 0,052 | 0,058 | 0,064 | 0,079  |
| Винтовым зажимом вручную                            | 1                  | 0,044                 | 0,06  | 0,077 | 0,094 | 0,163  |
| Винтовым зажимом с помощью гаечного ключа           | 1                  | 0,104                 | 0,123 | 0,157 | 0,186 | 0,235  |
| Рукояткой пневматического зажима и винтовым зажимом | 2                  | 0,062                 | 0,078 | 0,093 | 0,109 | 0,172  |

## 2.2. Обеспечение точности

С целью обеспечения заданной точности обработки проектируемое приспособление должно обладать достаточной жесткостью (в первую очередь, в направлении действия сил зажима и обработки). Для этого желательно применять конструкции с наименьшим количеством стыков, не используя внецентренное приложение сил. Менее предпочтительны сборные конструкции приспособлений с большим количеством стыков; более предпочтительны цельные и сварные конструкции.

Детали приспособлений должны быть жесткими при работе на изгиб и кручение и прочными при всех видах нагружения в эксплуатационных условиях. Корпусные детали приспособлений следует конструировать так, чтобы не возникла деформация при зажиме и обработке заготовок и отсутствовала деформация элементов станка (стола, шпинделя и т.д.), на которых они размещаются и закрепляются.

## 3. РАСЧЕТ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ НА ТОЧНОСТЬ

### 3.1. Расчет размерных цепей

#### 3.1.1. Основные определения и закономерности

Для обеспечения правильного функционирования группы взаимодействующих деталей, собираемых в узел, производится анализ их взаимно связанных размеров (линейных сопряжений), основанный на теорий размерных цепей.



Рассмотрим основные определения и обозначения, которые применяются при составлении и расчете размерных цепей.

**Размерной цепью** называется совокупность размеров, расположенных в определенной последовательности по замкнутому контуру и связывающих поверхности и оси деталей, взаимное положение которых требуется определить.

Размеры деталей и расстояния между осями, составляющие размерную цепь, называются **звеньями размерной цепи** и обозначаются одной прописной буквой русского алфавита с цифровыми индексами (рис. 3.3 а – е). Зазор или натяг рассматривается как самостоятельное звено размерной цепи, которое в отличие от других звеньев может иметь номинальный размер, равный нулю.

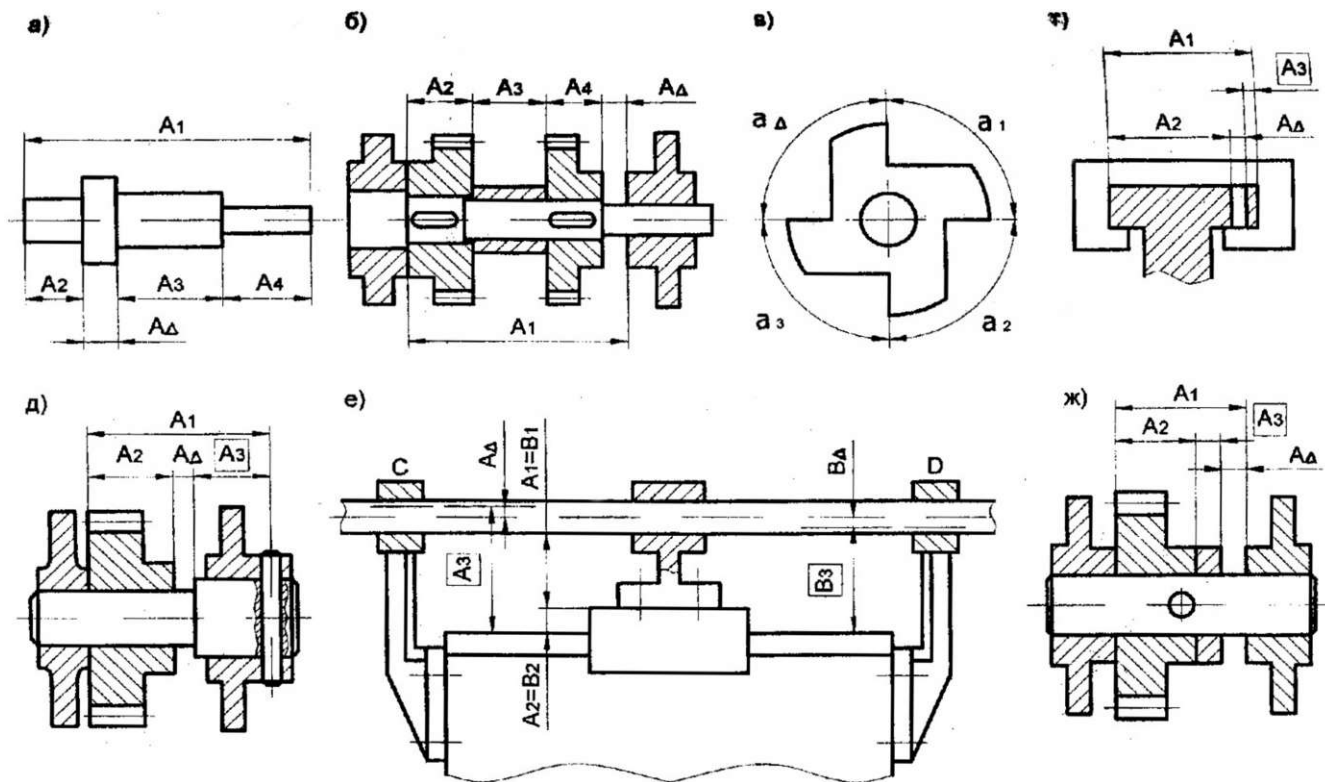


Рис.3.1. Примеры обозначения звеньев размерной цепи

**Замыкающим звеном** размерной цепи называется размер, к которому предъявляются основные требования по точности детали или узла. Оно обозначается буквой с индексом  $\Delta$  ( $A_{\Delta}$ ,  $B_{\Delta}$ , и т.д.). В процессе изготовления детали или сборки узла замыкающее звено формируется в последнюю очередь, замыкая размерную цепь.

**Составляющими звеньями** называются все звенья размерной цепи, исключая замыкающее.

**Увеличивающим звеном** называется звено, с увеличением которого замыкающее звено увеличивается. Над буквенным обозначением этого звена ставится стрелка, направленная вправо.

**Уменьшающим звеном** называется звено, с увеличением которого замыкающее звено уменьшается. Над буквенным обозначением этого звена ставится стрелка, направленная влево. (рис. 3.4).

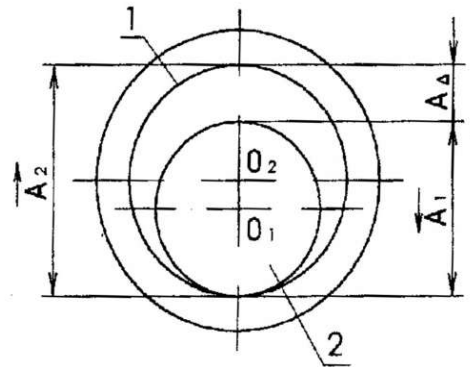


Рис 3.2. Пример определения увеличивающего и уменьшающего звеньев:  
 1 – втулка; 2 – вал;  $A_{\Delta}$  - зазор;  $A_1$  – уменьшающее звено;  
 $A_2$  – увеличивающее звено

В сложных случаях для определения увеличивающих и уменьшающих звеньев рекомендуется следующий способ. Размерную схему (рис. 3.5) обходят по контуру в одном и том же направлении (любом). Направление обхода отмечают стрелками против каждого звена, включая и замыкающее. Звенья, направление которых совпадает с направлением замыкающего звена, относятся к уменьшающим, звенья с противоположным направлением – к увеличивающим.

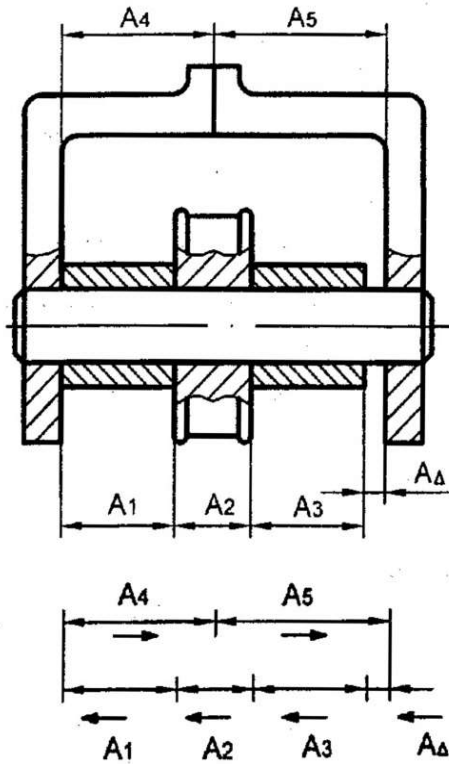


Рис. 3.3. Эскиз узла схемы сборочной размерной цепи

**Решением размерной цепи** называется достижение требуемой точности замыкающего звена.

Основным свойством размерной цепи является ее замкнутость. Схемы размерных цепей составляются на основе сборочных чертежей и чертежей деталей.

Рассмотрим упрощенную методику решения линейных размерных цепей.

Из анализа схем линейных размерных цепей следует, что номинальный размер замыкающего звена размерной цепи равен алгебраической сумме номинальных размеров всех составляющих звеньев:

$$A_{\Delta} = A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_{m-2} + A_{m-1} = \sum_{i=1}^{m-1} A_i,$$

где  $m$  - общее количество всех звеньев размерной цепи.

Наименьшая и наибольшая величины замыкающего звена размерной цепи

$$A_{\Delta}^{\min} = \sum_{i=1}^n A_i^{\rightarrow \min} - \sum_{i=n+1}^{m-1} A_i^{\leftarrow \max}; \tag{3.1}$$

$$A_{\Delta}^{\max} = \sum_{i=1}^n A_i^{\rightarrow \max} - \sum_{i=n+1}^{m-1} A_i^{\leftarrow \min},$$

где  $n$  - количество увеличивающих звеньев.

Следовательно, величина допуска замыкающего звена размерной цепи равна сумме допусков всех остальных звеньев:

$$\delta_{\Delta} = A_{\Delta}^{\max} - A_{\Delta}^{\min} = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \dots + \delta_{m-1}; \quad (3.2)$$

$$\delta_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} \delta_i.$$

Рассмотрим решение линейной размерной цепи способом полной взаимозаменяемости.

При заданном допуске замыкающего звена  $\delta_{\Delta}$  определяют среднее арифметическое значение номинальных размеров звеньев и среднюю величину допуска:

$$A_{\bar{n}\delta} = \frac{A_1 + A_2 + \dots + A_{m-1}}{m-1}; \quad (3.3)$$

$$\delta_{\bar{n}\delta} = \frac{\delta_{\Delta}}{m-1}. \quad (3.4)$$

Пользуясь таблицами отклонений основных отверстий и валов, определяют класс точности, соответствующий  $A_{\text{ср}}$  и  $\delta_{\bar{n}\delta}$ . Если в конкретных производственных условиях полученная расчетом величина  $\delta_{\bar{n}\delta}$  и соответствующий класс точности экономически приемлемы, по таблицам находят стандартные допуски, соответствующие классу точности и номинальному размеру каждого звена цепи.

Правильность величин допусков составляющих размеров проверяют по формуле (3.2). После корректировки величин допусков выполняют контрольный расчет наибольшего и наименьшего размеров и допуска замыкающего звена по формулам (3.1) и (3.2) – проверочный расчет на максимум и минимум путем решения прямой задачи.

Проверенные величины номинальных размеров и предельных отклонений наносят на рабочие чертежи деталей.

**Пример 1.** На рис. 3.4. показана конструкция узла механизма и приведены два варианта постановки размеров на чертежах деталей и соответствующие им схемы размерных цепей. Простановка размеров по варианту А позволяет построить схему размерной цепи по принципу кратчайшего пути, а вариант Б наглядно иллюстрирует, как непродуманная простановка размеров на чертежах увеличивает количество звеньев размерной цепи и необоснованно завышает требования к точности изготовления деталей.

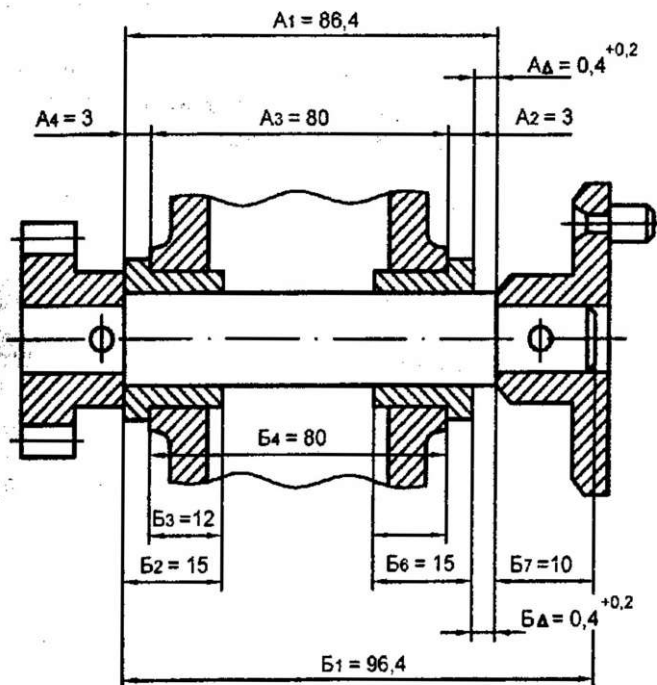


Рис. 3.4. Примеры схем размерных цепей

Используя формулы (3.3) и (3.4), по заданному допуску замыкающие звена  $\delta_{\Delta}=0,2$  мм определяем квалитет точности составляющих звеньев размерных цепей.

Вариант А:

$$A_{cp}=43,1 \text{ мм}; \delta_{\Delta A}=0,05 \text{ мм.}$$

Вариант Б:

$$B_{cp} = 34,3 \text{ мм}; \delta_{\Delta B}=0,028 \text{ мм.}$$

По таблицам отклонений для системы отверстия находим, что допус среднего номинального размера от 30 до 60 мм для варианта А соответствует 9-му квалитету точности (отклонение 0,05 мм), а для варианта Б – 7-му квалитету точности (отклонение 0,027 мм).

Следовательно, неверная постановка размеров на чертежах (без использования теории размерных цепей) привела к тому, что средняя величина допуска для варианта Б в два раза меньше, чем для варианта А.

Определим стандартные допуски для составляющих звеньев размерной цепи в случае варианта А. По 9-му квалитету точности в соответствии с номинальными размерами звеньев имеем:

$$A_1 = 86,4H9\left(\begin{smallmatrix} +0,087 \\ 0 \end{smallmatrix}\right); A_2 = 3e9\left(\begin{smallmatrix} -0,014 \\ -0,039 \end{smallmatrix}\right);$$

$$A_3 = 80e9\left(\begin{smallmatrix} -0,06 \\ -0,134 \end{smallmatrix}\right); A_4 = 3e9\left(\begin{smallmatrix} -0,014 \\ -0,039 \end{smallmatrix}\right).$$

Поле допуска для размера  $A_1$  взято, как для увеличивающего звена, т.е. с плюсом.

Произведем контрольный расчет на максимум и минимум:

$$\delta_\Delta \leq \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4 = 0,087 + 0,025 + 0,074 + 0,025 = 0,217 \text{ мм};$$

$$A_\Delta^{\max} = A_1^{\max} - (A_2^{\min} + A_3^{\min} + A_4^{\min}) = 86,487 - 2,981 - 79,866 - 2,961 = 0,699 \text{ мм};$$

$$A_\Delta^{\min} = A_1^{\min} - (A_2^{\max} + A_3^{\max} + A_4^{\max}) = 86,4 - 2,986 - 79,94 - 2,986 = 0,488 \text{ мм};$$

$$\delta_\Delta = A_\Delta^{\max} - A_\Delta^{\min} = 0,599 - 0,488 = 0,211 \text{ мм}.$$

Поскольку расчетное значение  $\delta_\Delta$  превышает заданное на 0,011 мм, то на эту величину необходимо уменьшить допуск на размер одной из деталей, - например,  $A_3$  как имеющий наибольшее поле допуска.

В результате получим:

$$A_3 = 80\begin{smallmatrix} -0,06 \\ -0,123 \end{smallmatrix}.$$

## 4. РАСЧЕТ СИЛ ЗАЖИМА, ЗАЖИМНЫХ УСТРОЙСТВ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЧНОСТИ

### 4.1. Расчет зажимных устройств

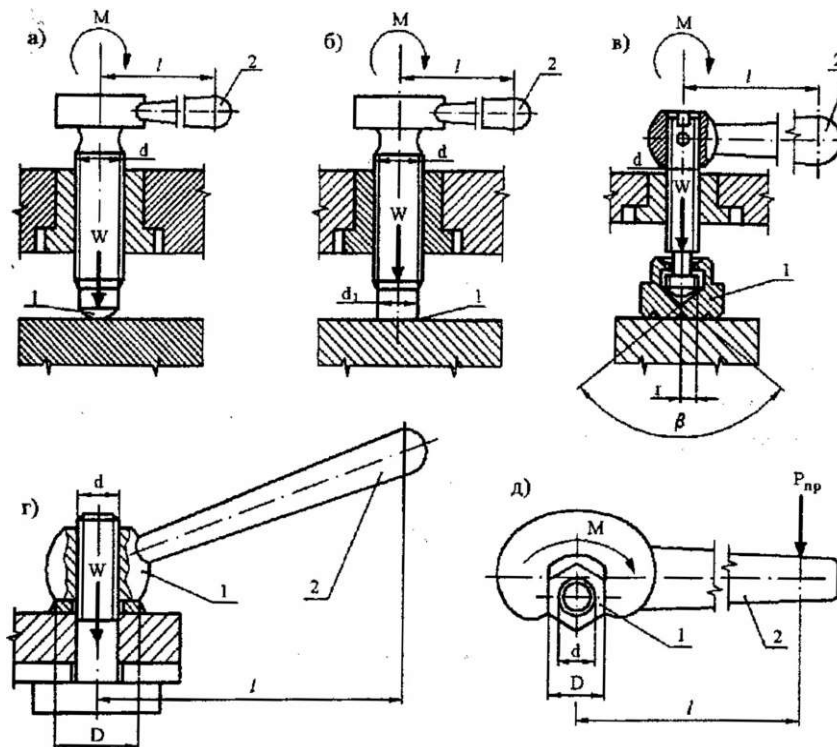


Рис. 4.1. Винтовые зажимные устройства:

- а - нажимной винт со сферическим торцом 1 и рукояткой 2; б - нажимной винт с плоским торцом 1 и рукояткой 2;  
 в - зажимной винт с башмаком (бугелем) 1 и рукояткой 2;  
 г - нажимная гайка 1 круглой формы с рукояткой 3; д - нажимная гайка 1 шестигранной формы с ключом 2

Расчет винтовых зажимных устройств проводится в следующей последовательности.

Определяется номинальный (наружный) диаметр резьбы винта  $d$  (рис. 4.1) по формуле:

$$d = C\sqrt{W/[\sigma]},$$

где  $C$  – коэффициент для основной метрической резьбы,  $C = 1,4$ ;

$W$  – требуемая сила зажима, Н;

$[\sigma]$  – допустимое напряжение растяжения (сжатия), для винтов из стали 45 с учетом износа резьбы  $[\sigma] = 80 \dots 100$  МПа.

Полученное значение  $d$  округляется до ближайшего большего стандартного значения. Обычно в приспособлениях применяются резьбы от М6 до М48.

Далее определяется момент  $M$ , который нужно развить на винте (гайке) для обеспечения заданной зажимной силы  $W$ :

$$M = r_{н0}Wtg(\alpha + \varphi) + M_{тр}$$

где  $r_{ср}$  – средний радиус резьбы,  $r_{ср} = 0,45d$ ;

$\alpha$  - угол подъема резьбы, для резьб М8...М52  $\alpha = 3^{\circ}10' \dots 1^{\circ}51'$ ;

$\varphi$  - угол трения на резьбе;

$M_{тр}$  – момент трения на опорном торце гайки (рис. 4.3 г, д) или в месте контакта торца нажимного винта (рис. 4.3 а, б, в),

$$M_{тр} = Wfr_{пр},$$

где  $r_{пр}$  – приведенный радиус кольцевого торца, для гаек

$$r_{пр} = [(D^3 - d^3)/(D^2 - d^2)]/3,$$

где  $D$  – наружный диаметр кольцевого торца гайки.

При средних значениях  $\alpha = 2^{\circ}30'$ ;  $\varphi = 10^{\circ}30'$ ;  $D = 1,7d$ ;  $f = 0,15$  можно пользоваться приближенным расчетом  $M$  для гаек и звездочек по формуле

$$M = 0,2dW.$$

Момент открепления винтового зажимного устройства при  $\varphi' > \alpha$



$$M' = r_{cp} W \operatorname{tg}(\varphi' - \alpha) + M_{тр}$$

Поскольку при откреплении преодолевается трение покоя,  $\varphi'$  и  $f_1$  (коэффициент трения в резьбе) следует брать на 30...50 % большими, чем в случае закрепления заготовки. С учетом этого и после всех преобразований можно получить приближенную формулу для момента открепления:

$$M' = 0,25dW.$$

При расчете винтовых устройств с нажимными винтами можно использовать приведенные ниже приближенные формулы расчета момента закрепления: для нажимных винтов, показанных на рис. 4.3 а:

$$M \approx 0,1 dW;$$

для нажимных винтов с плоским торцом (рис. 4.3 б):

$$M = 0,1 dW + fWd_1/3;$$

для нажимных винтов с башмаком (рис. 4.3 в):

$$M = 0,1 dW + rf \operatorname{ctg}(\beta/2)W$$

или при  $\beta = 118^\circ, f = 0,16$

$$M = 0,1W(d+r).$$

Затем выявляется длина рукоятки (ключа)  $l$  по заданной силе воздействия (при ручном зажиме  $P_{пр} \leq 150$  Н) из условия равновесия гайки (винта):

$$P_{пр}l = M'.$$

Отсюда

$$l = M'/P_{пр}.$$

Расчетное значение  $l$  учитывается при выборе ручного зажимного устройства по табл. 2.1, при этом принимается  $l = d/2$ .

Если длина рукоятки известна, из условий равновесия находится  $P_{пр}$  и сравнивается с силой, прикладываемой рабочим или развиваемой механическим приводом:

$$P_{пр} = M'/l.$$

## 4.2. Прочность деталей приспособлений

Расчеты на прочность (на кручение) зажимных устройств с целью определения их размеров можно производить по формуле:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{ед}}}{0,2[\tau_{\text{ед}}]}}$$

При нагружении соединения силами в плоскости (по поверхности) стыка деталей и в случаях установки штифта (винта) без зазора и работы на срез проверочный расчет штифта (винта) может осуществляться по формуле:

$$\tau_{\text{нд}} = 4P / (\pi d^2 i) \leq [\tau_{\text{нд}}],$$

где  $P$  – срезающая сила, включающая в себя силу зажима и силу резания;

$d$  – диаметр штифта (стержня, винта), мм;

$i$  – число стыков (количество штифтов или винтов) в соединении;

$[\tau_{\text{ед}}]$  – допускаемое напряжение среза, МПа.

## 5. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ НА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ

### 5.1. Расчет режимов резания при обработке на токарных станках

Для чернового наружного точения по величине общего припуска на обработку (например, 5,0 мм на сторону) с учетом необходимости оставления припуска на чистовую обработку (например, 0,75 мм) устанавливается глубина резания  $t$  (например,  $t = 4,25$  мм).

Учитывая материал, диаметр  $D$  детали, размер державки резца и глубину резания  $t$ , по карте 1 [16] определяют рекомендуемый диапазон подачи  $s$  и принимают ее среднее значение. Выбранная таким образом подача сопоставляется с паспортными данными станка, на котором будет проводиться черновое точение, и для работы назначается ближайшее ее значение по этому паспорту.

В случае чистового точения подача  $s$  назначается АО карте 3 [16] для заданного класса чистоты. При этом принимается  $v < 50$  м/мин;  $r = 0,5$  мм.

С учетом предела прочности материала детали при растяжении  $\sigma_a$ , глубины резания  $t$ , подачи  $s$  и главного угла  $\alpha$  плане  $\phi$  резца по карте 6 [16] определяется скорость резания  $v$ .

По выражению

$$n \frac{1000 \cdot v}{\pi D}, \text{ об/мин,}$$

рассчитывается число оборотов шпинделя станка в мин.

Полученная величина  $n$  корректируется по паспорту выбранного станка. При этом для работы принимается число оборотов в сторону уменьшения расчетного значения  $n$ .

После корректировки  $n$  по формуле:

$$v \frac{\pi D n}{1000}, \text{ м/мин,}$$

находят фактическую скорость резания.

Используя значения  $\sigma_a$ ,  $t$ ,  $s$  и  $v$ , по карте 7 [16] определяют мощность, необходимую на резание. Она сопоставляется с мощностью на шпинделе по приводу станка при его работе с числом оборотов шпинделя  $n$  (по паспорту на станок). Если мощность на шпинделе больше определенной по карте 7, установленный режим резания по мощности осуществим; в противном случае необходимо выбрать более мощный станок и повторить расчеты. Если же выбранная по карте 7 мощность существенно меньше мощности на шпинделе по приводу станка, следует назначать станок с меньшей мощностью. (Мощность на шпинделе по приводу станка составляет в среднем 0,8 мощности электродвигателя).

Затем определяется основное (технологическое) время на черновое течение по формуле

$$t_0 = \frac{l + l_1 + l_2}{ns} i, \text{ мин,}$$

где  $l$  – длина обрабатываемой поверхности, мм;

$l_1$  – длина врезания и перебега резца в мм, определяется по прил. 4 (лист 1) [16] с учетом известных значений глубины резания  $t$  и угла резца в плане  $\varphi$ ;

$l_2$  – дополнительная длина на взятие пробной стружки, мм;

$i$  – число проходов.

Наличие параметра  $l_2$  в формуле для расчета  $t_0$  обусловлено тем, что при настройке станка на получение детали нужного диаметра токарь первоначально протачивает заготовку на небольшую длину ( $l_2 = 3-4$  мм), измеряет диаметр проточенного участка и по лимбу суппорта станка смещает резец в сторону оси его шпинделя на величину, необходимую для получения заданного значения  $D$ .

## 5.2. Расчет режимов резания при обработке на сверлильных станках

При сверлении стали с пределом прочности  $\sigma_b$  сверлом диаметром  $D$  величина подачи  $s$  определяется по карте 41 [16], а при сверлении чугуна медных и алюминиевых сплавов – по карте 46 [16] с учетом твердости обрабатываемого материала по Бринеллю НВ. Используя паспортные данные выбранного сверлильного станка, принимают ближайшее имеющееся значение подачи.

С учетом известных значений  $D$  и  $s$  по карте 42 [16] (при обработке сталей) или по картам 47 и 50 [16] (при обработке соответственно чугуна и медных и алюминиевых сплавов) определяется скорость резания  $v$ .

По формуле

$$n = \frac{1000v}{\pi D}, \text{ об/мин,}$$

Рассчитывают число оборотов шпинделя станка и принимают ближайшее имеющееся на станке (по паспорту) его значение.

Используя выражение

$$v = \frac{\pi D n}{1000}, \text{ м/мин,}$$

Определяют фактическую скорость резания для паспортного значения  $n$ .

Затем проводится проверка выбранного режима по мощности станка. Для этого по карте 43 [16] (для стали) или по картам 49 и 51 [16] (соответственно для чугуна и медных и алюминиевых сплавов) с учетом известных  $\sigma_b$  (или НВ),  $D$ ,  $s$  и  $v$  определяют мощность, необходимую на резание. Значение мощности сопоставляют с паспортными данными мощности на шпинделе по приводу выбранного сверлильного станка и в случае необходимости назначают станок другой модели.

С учетом установленных значений  $n$  и  $s$  рассчитывают основное (технологическое) время на сверление

$$t_o = \frac{l + l_1}{ns}, \text{ мин,}$$

где  $l$  – длина обрабатываемого отверстия в мм;

$l_1$  – длина врезания и перебега сверла в мм, устанавливаемая по прил. 4 (лист 2) [16] для известного  $D$ ;

$i$  – число проходов.

### 5.3. Расчет режимов резания при фрезеровании

По величине общего припуска на обработку на две стороны (например, 5 мм) устанавливают глубину резания  $t$  (в нашем случае  $t = 2,5$  мм) и назначают тот или иной тип стандартной фрезы (цилиндрическая, торцовая, дисковая, концевая, угловая, фасонная).

По табл. А, Б и В [16] выбирают шифр типовой схемы крепления фрезы и определяют коэффициенты на подачу  $K_{s_z}$  и на скорость резания  $K_v$ .

В случае использования торцовой фрезы выбирают вид ее установки (симметричная или смешанная) и карте 108 [16] определяют диапазон подачи  $s_z$  на один зуб фрезы. Этот диапазон умножается на  $K_{s_z}$ , и для работы принимается его средняя величина.

С учетом известных значений предела прочности материала детали  $\sigma_a$ , подачи  $S_z$ , глубины резания  $t$ , диаметра фрезы  $D$  и числа ее зубьев  $z$  по карте 109 [16] устанавливают скорость резания  $v$ , число оборотов в минуту  $n$  и минутную подачу  $S_M$ .

По этой же карте 109 [16] определяют поправочный коэффициент  $\hat{E}_{j_v} = \hat{E}_{j_n} = K_{M_{S_M}}$  в зависимости от  $\sigma_a$ . Значение этого коэффициента умножают на  $K_v$ , получая таким образом общий поправочный коэффициент  $K$ .

Коэффициент  $K$  умножают на режимы резания  $v$ ,  $n$ ,  $s_M$  и по паспортным данным станка подбирают ближайшие значения  $n$  и  $s_M$ . Используя откорректированные  $n$  (в сторону уменьшения) и  $s_M$ , находят фактические скорость резания и подачу на один зуб по формулам

$$v = \frac{\pi D n}{1000}, \text{ м/мин}; s_z = \frac{s_i}{n \cdot z}, \text{ мм/зуб.}$$

Затем проводится проверка выбранного режима по мощности. Для этого, используя значения  $\sigma_b$ ,  $t$ ,  $s_M$ ,  $D$ ,  $z$  и ширину фрезерования заготовки  $B$ , по карте 111 [16] определяют мощность, необходимую на резание.

Найденное значение мощности проверяют по мощности станка по формуле

$$N_c = N_s \cdot \eta,$$

где  $N_s$  – мощность электродвигателя;

$\eta$  - КПД стана.

Если режим резания по мощности неосуществим или  $N_c$  существенно превышает установленную мощность (по карте 111 [16]), назначается станок другой модели.

Далее определяют основное (технологическое) время по формуле

$$t_0 = \frac{l + l_1 + l_2}{s_i} i, \text{ мин,}$$

где  $l$  – длина обрабатываемой поверхности, определяемая по чертежу, мм;

$l_1$  – длина на врезание и перебег инструмента, определяемая по прил. 4 (лист 5 или 6 в зависимости от типа фрезы) [16] с учетом известных  $B$  и  $D$ , мм;

$l_2$  – длина на взятие пробной стружки, мм, назначается аналогично случаю, рассмотренному в 6.1, п.9;

$i$  – число проходов.

В случае применения концевой фрезы для определения подачи, режимов резания и мощности, необходимой на резание, используются карты 146-148 [16].

ПРИЛОЖЕНИЕ Технологический процесс изготовления корпусной детали

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСА

| ГОСТ 3 1118-82 Форма 1 |  |       |    |       |                            |       |            |                   |                         |        |    |    |       |        |       |
|------------------------|--|-------|----|-------|----------------------------|-------|------------|-------------------|-------------------------|--------|----|----|-------|--------|-------|
| Дубл.                  |  |       |    |       |                            |       |            |                   |                         |        |    |    |       |        |       |
| Взам.                  |  |       |    |       |                            |       |            |                   |                         |        |    |    |       |        |       |
| Подл.                  |  |       |    |       |                            |       |            |                   |                         |        |    |    |       |        |       |
|                        |  |       |    |       |                            |       |            |                   |                         |        |    |    |       | 1      |       |
| Разраб.                |  |       |    |       |                            |       |            |                   |                         |        |    |    |       |        |       |
| Проб.                  |  |       |    |       |                            |       |            |                   |                         |        |    |    |       |        |       |
| Номер детали           |  |       |    |       |                            |       |            |                   |                         |        |    |    |       |        |       |
| Учб.                   |  |       |    |       |                            |       |            |                   |                         |        |    |    |       |        |       |
| Н.контр.               |  |       |    |       |                            |       |            |                   |                         |        |    |    |       |        |       |
| Корпус                 |  |       |    |       |                            |       |            |                   |                         |        |    |    |       |        |       |
| М01                    | Пруток Д16Т кр. 70П ГОСТ 21488-97          |       |    |       |                            |       |            |                   |                         |        |    |    |       |        |       |
| М02                    | Код  | ЕВ    | МД | ЕН    | Н.раск.                    | КММ   | Код.допол. | Профиль и размеры |                         |        |    |    | КВ    | МЗ     |       |
|                        |  | 0,127 |    |       | 0,337                      | 0,337 | 31 Пруток  | Ø70 x 25          |                         |        |    |    | 1     |        |       |
| А                      | Цех  | Уч.   | РН | Опер. | Код, наименование операции |       |            |                   | Обозначение инструмента |        |    |    |       |        |       |
| Б                      | Код, наименование оборудования             |       |    |       | СМ                         | Проф. | Р          | УТ                | КР                      | Ком.д. | ЕН | ОП | К.шт. | Т.п.з. | Т.шт. |
| Р03                    |  |       |    |       |                            |       | ширина     | расч. длина       | t                       | l      | s  | n  | V     | T      | T6    |
| 04                     |  |       |    |       |                            |       |            |                   |                         |        |    |    |       |        |       |
| А05                    |  |       |    |       |                            |       |            |                   |                         |        |    |    |       |        |       |
| 06                     | Заготовка поступает из цеха 001            |       |    |       |                            |       |            |                   |                         |        |    |    |       |        |       |
| 07                     |  |       |    |       |                            |       |            |                   |                         |        |    |    |       |        |       |
| 08                     |  |       |    |       |                            |       |            |                   |                         |        |    |    |       |        |       |
| 09                     |  |       |    |       |                            |       |            |                   |                         |        |    |    |       |        |       |
| 10                     |  |       |    |       |                            |       |            |                   |                         |        |    |    |       |        |       |
| 11                     |  |       |    |       |                            |       |            |                   |                         |        |    |    |       |        |       |
| 12                     |  |       |    |       |                            |       |            |                   |                         |        |    |    |       |        |       |
| 13                     | Детали по всему технологическому маршруту  |       |    |       |                            |       |            |                   |                         |        |    |    |       |        |       |
| 14                     | следуют в маре 2-2-40-30-7.5 ОСТ 3-4313-79 |       |    |       |                            |       |            |                   |                         |        |    |    |       |        |       |
| 15                     |  |       |    |       |                            |       |            |                   |                         |        |    |    |       |        |       |
| 16                     |  |       |    |       |                            |       |            |                   |                         |        |    |    |       |        |       |
| МК                     |  |       |    |       |                            |       |            |                   |                         |        |    |    |       |        |       |





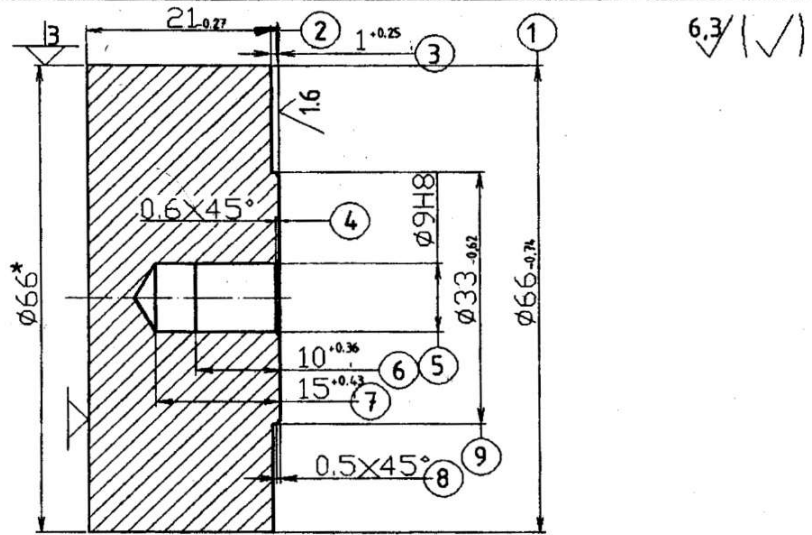
| ГОСТ 3.1118-82 Форма 18 |  |     |    |       |   |             |                 |    |                       |        |              |                |                |       |      |
|-------------------------|--|-----|----|-------|---|-------------|-----------------|----|-----------------------|--------|--------------|----------------|----------------|-------|------|
| Дубл.                   |  |     |    |       |   |             |                 |    |                       |        |              |                |                |       |      |
| Взам.                   |  |     |    |       |   |             |                 |    |                       |        |              |                |                |       |      |
| Подл.                   |  |     |    |       |   |             |                 |    |                       |        |              |                |                |       |      |
|                         |  |     |    |       |   |             |                 |    |                       |        | 3            |                |                |       |      |
|                         |  |     |    |       |   |             |                 |    |                       |        | Номер детали |                |                |       |      |
| А                       | Цех  | Уч. | РН | Опер. | Код, наименование операции                |             |                 |    | Обозначение документа |        |              |                |                |       |      |
| Б                       | Код, наименование оборудования               |     |    |       | СМ  | Проф.       | Р               | УТ | КР                    | Код в. | ЕН           | ОП             | К ш.           | Т пз. | Т ш. |
| К/М                     | Наименование детали, сб. единицы и материала |     |    |       | Расч. данные                              |             | Обозначение код |    | ОП                    | ЕВ     | ЕН           | КН             | Н. расч.       |       |      |
|                         |  |     |    |       | ширина                                    | расч. длина | t               | l  | s                     | п      | V            | T <sub>0</sub> | T <sub>0</sub> |       |      |
| A02                     | 010  |     |    | 005   | Токарная ИОТБ № 18/1-96 КЗ см. на листе 2 |             |                 |    |                       |        |              |                |                |       |      |
| B03                     | Токарно-винторезный 95ТС-1                   |     |    |       |   |             |                 |    |                       |        |              |                |                |       |      |
| 04                      |  |     |    |       |   |             |                 |    |                       |        |              |                |                |       |      |
| 05                      |  |     |    |       |   |             |                 |    |                       |        |              |                |                |       |      |
| P06                     | 1. Подрезать торец в размер 1                |     |    |       |   |             |                 |    |                       |        |              |                |                |       |      |
| P07                     |  |     |    |       | 70  | 39          | 1               | 1  | 0,1                   | 630    | 138          | 0,62           |                |       |      |
| T08                     | Патрон 3-кулачковый                          |     |    |       |   |             |                 |    |                       |        |              |                |                |       |      |
| 09                      | Резец ВК 6 ГОСТ 18879-73 (16 x 16)           |     |    |       |   |             |                 |    |                       |        |              |                |                |       |      |
| 10                      | ЩЦ-1-125-0,1-1 ГОСТ 166-89                   |     |    |       |   |             |                 |    |                       |        |              |                |                |       |      |
| 11                      |  |     |    |       |   |             |                 |    |                       |        |              |                |                |       |      |
| P12                     | 2. Точить поверхность 3 на длину 2           |     |    |       |   |             |                 |    |                       |        |              |                |                |       |      |
| P13                     |  |     |    |       | 70  | 16          | 2               | 1  | 0,1                   | 630    | 138          | 0,25           |                |       |      |
| T14                     | Резец ВК 6 ГОСТ 18879-73 (16 x 16)           |     |    |       |   |             |                 |    |                       |        |              |                |                |       |      |
| 15                      | ЩЦ-1-125-0,1-1 ГОСТ 166-89                   |     |    |       |   |             |                 |    |                       |        |              |                |                |       |      |
| 16                      |  |     |    |       |   |             |                 |    |                       |        |              |                |                |       |      |
| 17                      |  |     |    |       |   |             |                 |    |                       |        |              |                |                |       |      |
| МК                      |  |     |    |       |   |             |                 |    |                       |        |              |                |                |       |      |



ГОСТ 3.1105-84 Форма 7а

|       |  |  |  |
|-------|--|--|--|
| Дубл. |  |  |  |
| Взам. |  |  |  |
| Подл. |  |  |  |

|                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |
|----------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-----|
|                |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 5   |
| 8637.61.08.101 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 010 |
|                |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 015 |



\*Размеры для справок.

| Дубл. |  | Взам. |    | Подл. |                                   |      |             |    |                       |        |      |              |       |                |                | 6        |
|-------|--|-------|----|-------|-----------------------------------|------|-------------|----|-----------------------|--------|------|--------------|-------|----------------|----------------|----------|
|       |  |       |    |       |                                   |      |             |    |                       |        |      | Номер детали |       |                |                |          |
| А     | Цех  | Уч.   | РН | Опер. | Код, наименование операции        |      |             |    | Обозначение документа |        |      |              |       |                |                |          |
| Б     | Код, наименование оборудования               |       |    |       | СМ                                | Проф | Р           | УТ | КР                    | Кон.з. | ЕН   | ОП           | К шп. | Т п.з.         | Т шп.          |          |
| К/М   | Наименование детали, сб. единицы и материала |       |    |       | Обозначение код                   |      |             |    |                       |        |      | ОП           | ЕВ    | ЕН             | КН             | Н. раск. |
| Р 0 1 |  |       |    |       | ширина                            |      | расч. длина |    | t                     | l      | s    | p            | V     | T <sub>c</sub> | T <sub>b</sub> |          |
| A 0 2 | 010  |       |    | 010   | Токарная ИОТБ № 18/1-96 КЗ        |      |             |    | см. на листе 5        |        |      |              |       |                |                |          |
| B 0 3 |  |       |    |       | Токарно-винторезный 95ТС-1        |      |             |    |                       |        |      |              |       |                |                |          |
| 0 4   |  |       |    |       |                                   |      |             |    |                       |        |      |              |       |                |                |          |
| 0 5   |  |       |    |       |                                   |      |             |    |                       |        |      |              |       |                |                |          |
| 0 0 6 | 1. Подрезать торец, выдерживая размер 2      |       |    |       |                                   |      |             |    |                       |        |      |              |       |                |                |          |
| P 0 7 |  |       |    |       | 66                                |      | 39          |    | 3                     | 1      | 0,09 | 630          | 138   | 0,7            |                |          |
| T 0 8 |  |       |    |       | Патрон 3-кулачковый               |      |             |    |                       |        |      |              |       |                |                |          |
| 0 9   |  |       |    |       | Резец BK6 ГОСТ 18879-73 (16 x 16) |      |             |    |                       |        |      |              |       |                |                |          |
| 1 0   |  |       |    |       | ШЦ-1-125-0,1-1 ГОСТ 166-89        |      |             |    |                       |        |      |              |       |                |                |          |
| 1 1   |  |       |    |       |                                   |      |             |    |                       |        |      |              |       |                |                |          |
| 0 1 2 | 2. Точить поверхность 9 на длину 3           |       |    |       |                                   |      |             |    |                       |        |      |              |       |                |                |          |
| P 1 3 |  |       |    |       | 66                                |      | 3,95        |    | 1                     | 1      | 0,09 | 630          | 130   | 0,34           |                |          |
| T 1 4 |  |       |    |       | Резец BK6 ГОСТ 18879-73 (16 x 10) |      |             |    |                       |        |      |              |       |                |                |          |
| 1 5   |  |       |    |       | ШЦ-1-125-0,1-1 ГОСТ 166-89        |      |             |    |                       |        |      |              |       |                |                |          |
| 1 6   |  |       |    |       |                                   |      |             |    |                       |        |      |              |       |                |                |          |
| 1 7   |  |       |    |       |                                   |      |             |    |                       |        |      |              |       |                |                |          |
| МК    |  |       |    |       |                                   |      |             |    |                       |        |      |              |       |                |                |          |

| ГОСТ 3 1118-82 Форма 10 |  |     |    |       |                            |       |     |    |                       |        |    |      |              |        |                |                |
|-------------------------|--|-----|----|-------|----------------------------|-------|-----|----|-----------------------|--------|----|------|--------------|--------|----------------|----------------|
| Дубл.                   |  |     |    |       |                            |       |     |    |                       |        |    |      |              |        |                |                |
| Взам.                   |  |     |    |       |                            |       |     |    |                       |        |    |      |              |        |                |                |
| Подл.                   |  |     |    |       |                            |       |     |    |                       |        |    |      |              |        |                |                |
|                         |  |     |    |       |                            |       |     |    |                       |        |    |      | 7            |        |                |                |
|                         |  |     |    |       |                            |       |     |    |                       |        |    |      | Номер детали |        |                |                |
| А                       | Цех  | Уч. | РН | Опер. | Код, наименование операции |       |     |    | Обозначение документа |        |    |      |              |        |                |                |
| Б                       | Код, наименование оборудования                                     |     |    |       | СМ                         | Проф. | Р   | УТ | КР                    | Кон.в. | ЕН | ОП   | К.шт.        | Т.п.з. | Т.шт.          |                |
| К/М                     | Наименование детали, сб. единицы и материала                       |     |    |       | Обозначение, код           |       |     |    | ОПТ                   | ЕВ     | ЕН | КН   | Н. раск.     |        |                |                |
| Р.01                    |  |     |    |       | Расч. I диаметра<br>ширина |       |     |    | расч. длина           | t      | l  | s    | n            | V      | T <sub>с</sub> | T <sub>в</sub> |
| А.02                    | 010  |     |    | 010   |                            |       |     |    |                       |        |    |      |              |        |                |                |
| О.03                    | 3. Точить поверхность 1 заодлицо с ранее                           |     |    |       |                            |       |     |    |                       |        |    |      |              |        |                |                |
| О.04                    | обработанной поверхностью  |     |    |       |                            |       |     |    |                       |        |    |      |              |        |                |                |
| Р.05                    |  |     |    |       |                            |       | 66  |    | 11                    | 2      | 1  | 0,09 | 630          | 130    | 0,19           |                |
| Т.06                    | Резец ВК6 ГОСТ 18879-73 (16 x 16)                                  |     |    |       |                            |       |     |    |                       |        |    |      |              |        |                |                |
| О.07                    | ШЦ-1-125-0,1-1 ГОСТ 166-89   |     |    |       |                            |       |     |    |                       |        |    |      |              |        |                |                |
| О.08                    |  |     |    |       |                            |       |     |    |                       |        |    |      |              |        |                |                |
| О.09                    | 4. Центрировать отверстие  |     |    |       |                            |       |     |    |                       |        |    |      |              |        |                |                |
| Т.10                    |  |     |    |       |                            |       |     |    |                       |        |    |      |              |        |                |                |
| Т.11                    | Сверло СТПАШ 961-79 (диаметр 5, угол 90°)                          |     |    |       |                            |       |     |    |                       |        |    |      |              |        |                |                |
| Т.12                    |  |     |    |       |                            |       |     |    |                       |        |    |      |              |        |                |                |
| О.13                    | 5. Сверлить отв. диаметром 8,5 <sup>±0,15</sup> (на эскизе отв. 5) |     |    |       |                            |       |     |    |                       |        |    |      |              |        |                |                |
| Т.14                    | на глубину 7   |     |    |       |                            |       |     |    |                       |        |    |      |              |        |                |                |
| Р.15                    |  |     |    |       |                            |       | 8,5 |    | 17                    |        | 1  | 0,09 | 630          | 16,8   | 0,3            |                |
| Т.16                    | Сверло ГОСТ 4010-77 (диаметр 8,5)                                  |     |    |       |                            |       |     |    |                       |        |    |      |              |        |                |                |
| Т.17                    | Калибр-пробка ГОСТ 14810-69 ШЦ-1-125-0,1-1 ГОСТ 166-89             |     |    |       |                            |       |     |    |                       |        |    |      |              |        |                |                |
| МК                      |  |     |    |       |                            |       |     |    |                       |        |    |      |              |        |                |                |

| Дубл.        |   |     |    |       |  |                       |             |   |   |   |   |   |                |                |
|--------------|---|-----|----|-------|--|-----------------------|-------------|---|---|---|---|---|----------------|----------------|
| Взам.        |   |     |    |       |  |                       |             |   |   |   |   |   |                |                |
| Подл.        |   |     |    |       |  |                       |             |   |   |   |   |   |                |                |
| 8            |   |     |    |       |  |                       |             |   |   |   |   |   |                |                |
| Номер детали |   |     |    |       |  |                       |             |   |   |   |   |   |                |                |
| А            | Цех   | Уч. | РН | Опер. | Код, наименование операции                   | Обозначение документа |             |   |   |   |   |   |                |                |
| Б            |   |     |    |       | Код, наименование оборудования               |                       |             |   |   |   |   |   |                |                |
| К/М          |   |     |    |       | Наименование детали, сб. единицы и материала |                       |             |   |   |   |   |   |                |                |
|              |   |     |    |       | расч. I                                      | ширина                | расч. длина | t | l | s | n | V | T <sub>c</sub> | T <sub>0</sub> |
| Р 0 1        |   |     |    |       |  |                       |             |   |   |   |   |   |                |                |
| А 0 2        | 010   |     |    | 010   |  |                       |             |   |   |   |   |   |                |                |
| Р 0 3        | 6. Точить фаску 8                             |     |    |       |  |                       |             |   |   |   |   |   |                |                |
| Р 0 4        |   |     |    |       |  |                       |             |   |   |   |   |   |                |                |
| Т 0 5        | Резец ВК6 ГОСТ 18879-73 (16 x 16)             |     |    |       |  |                       |             |   |   |   |   |   |                |                |
| Р 0 6        |   |     |    |       |  |                       |             |   |   |   |   |   |                |                |
| Р 0 7        | 7. Притупить острые кромки на 0,2 мм          |     |    |       |  |                       |             |   |   |   |   |   |                |                |
| Р 0 8        | на диаметре 1                                 |     |    |       |  |                       |             |   |   |   |   |   |                |                |
| Р 0 9        |   |     |    |       |  |                       |             |   |   |   |   |   |                |                |
| Т 1 0        | 2-101-0007 Резец ВК 6 ГОСТ 18879-73 (16 x 16) |     |    |       |  |                       |             |   |   |   |   |   |                |                |
| 1 1          |   |     |    |       |  |                       |             |   |   |   |   |   |                |                |
| 1 2          |   |     |    |       |  |                       |             |   |   |   |   |   |                |                |
| 1 3          |   |     |    |       |  |                       |             |   |   |   |   |   |                |                |
| 1 4          |   |     |    |       |  |                       |             |   |   |   |   |   |                |                |
| 1 5          |   |     |    |       |  |                       |             |   |   |   |   |   |                |                |
| 1 6          |   |     |    |       |  |                       |             |   |   |   |   |   |                |                |
| 1 7          |   |     |    |       |  |                       |             |   |   |   |   |   |                |                |
| МК           |   |     |    |       |  |                       |             |   |   |   |   |   |                |                |

| ГОСТ 3.1118-62 Формат 18 |   |     |     |       |   |       |        |    |             |                       |    |      |      |              |      |   |    |
|--------------------------|---|-----|-----|-------|---|-------|--------|----|-------------|-----------------------|----|------|------|--------------|------|---|----|
| Дубл.                    |   |     |     |       |   |       |        |    |             |                       |    |      |      |              |      |   |    |
| Взам.                    |   |     |     |       |   |       |        |    |             |                       |    |      |      |              |      |   |    |
| Подл.                    |   |     |     |       |   |       |        |    |             |                       |    |      |      |              |      |   |    |
|                          |   |     |     |       |   |       |        |    |             |                       |    |      |      | 9            |      |   |    |
|                          |   |     |     |       |   |       |        |    |             |                       |    |      |      | Номер детали |      |   |    |
| А                        | Цех   | Уч. | РН  | Опер. | Код, наименование операции                |       |        |    |             | Обозначение документа |    |      |      |              |      |   |    |
| Б                        | Код, наименование оборудования                          |     |     |       | СМ  | Проф. | Р      | УТ | КР          | Ком.д.                | ЕН | ОП   | К ш. | Т лэ.        | Т ш. |   |    |
| К/М                      | Наименование детали, сб. единицы и материала            |     |     |       | Обозначение код                           |       |        |    |             | ОП                    | ЕВ | ЕН   | КН   | М. расх.     |      |   |    |
| Р 01                     |   |     |     |       | Расч. диаметр                             |       | ширина |    | расч. длина |                       | t  | l    | s    | n            | V    | T | Tв |
| A 02                     | 010   |     | 015 |       | Токарная ИОТБ № 18/1-96 КЗ см. на листе 5 |       |        |    |             |                       |    |      |      |              |      |   |    |
| Б 03                     | Токарно-винторезный 95 ТС-1                             |     |     |       |   |       |        |    |             |                       |    |      |      |              |      |   |    |
| 04                       |   |     |     |       |   |       |        |    |             |                       |    |      |      |              |      |   |    |
| 05                       |   |     |     |       |   |       |        |    |             |                       |    |      |      |              |      |   |    |
| П 06                     | 1. Расточить отв. диаметром 8,95 под развертку (отв. 5) |     |     |       |   |       |        |    |             |                       |    |      |      |              |      |   |    |
| 07                       | на глубину 7  |     |     |       |   |       |        |    |             |                       |    |      |      |              |      |   |    |
| Р 08                     |   |     |     |       | 8,95                                      | 17    | 0,25   | 1  | 0,09        | 630                   | 18 | 0,3  |      |              |      |   |    |
| Т 09                     | Резец ГОСТ 18873-73 (12 x 12)                           |     |     |       |   |       |        |    |             |                       |    |      |      |              |      |   |    |
| П 10                     | 2. Расточить фаску 4                                    |     |     |       |   |       |        |    |             |                       |    |      |      |              |      |   |    |
| Т 11                     | Резец ГОСТ 18873-73                                     |     |     |       |   |       |        |    |             |                       |    |      |      |              |      |   |    |
| П 12                     | 3. Развернуть отв. 5 на глубину 6                       |     |     |       |   |       |        |    |             |                       |    |      |      |              |      |   |    |
| Р 13                     |   |     |     |       | 9   | 13    | 0,025  | 1  | 0,09        | 400                   | 11 | 0,36 |      |              |      |   |    |
| Т 14                     | Развертка ГОСТ 1672-80 (диаметр 9)                      |     |     |       |   |       |        |    |             |                       |    |      |      |              |      |   |    |
| 15                       | Калибр-пробка ГОСТ 14810-69                             |     |     |       |   |       |        |    |             |                       |    |      |      |              |      |   |    |
| 16                       | ЩЦ-1-125-0,1-1 ГОСТ 166-89                              |     |     |       |   |       |        |    |             |                       |    |      |      |              |      |   |    |
| 17                       |   |     |     |       |   |       |        |    |             |                       |    |      |      |              |      |   |    |
| МК                       |   |     |     |       |   |       |        |    |             |                       |    |      |      |              |      |   |    |



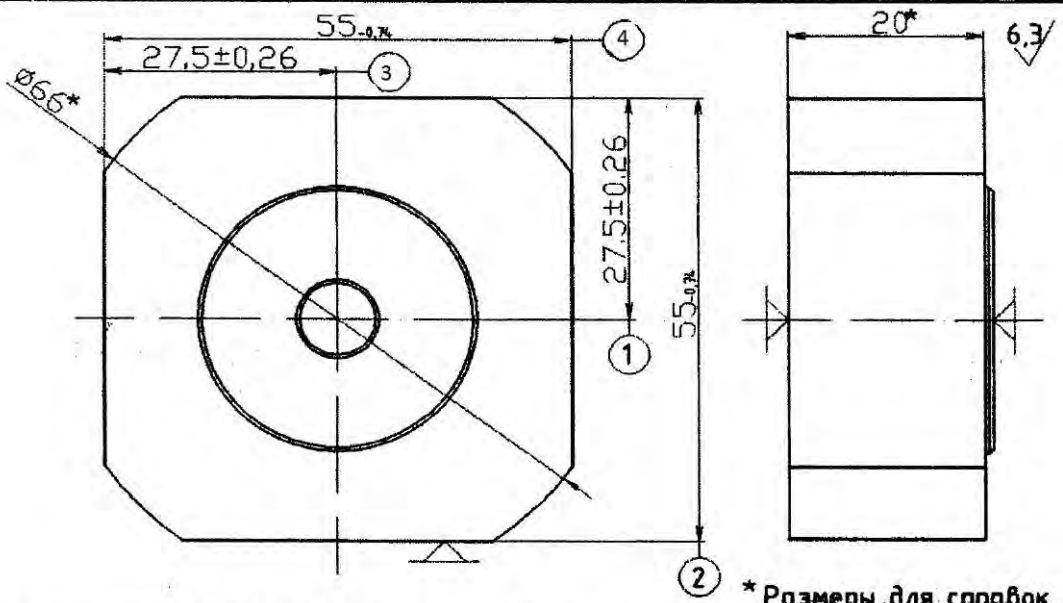


|       |  |  |  |
|-------|--|--|--|
| Диз.  |  |  |  |
| Взам. |  |  |  |
| Подл. |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-----|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 11  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 025 |

8637.61.08.101



\* Размеры для справок.

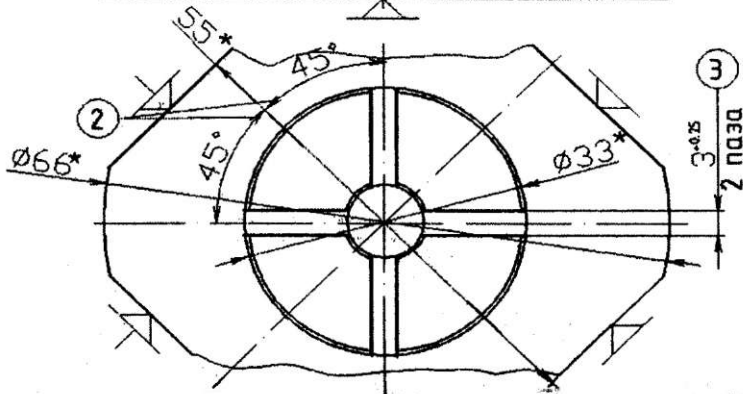
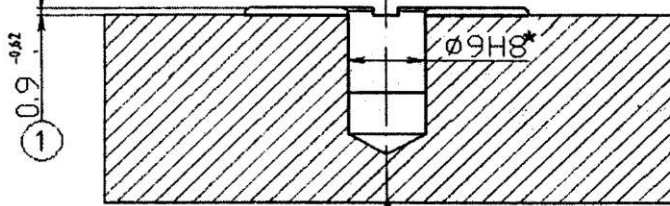


|       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Дет.  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Взам. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Подл. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

13

8637.61.08.101

030  
035



\* Размеры для справок.



| ГОСТ 3.1118-82 Формат 16 |   |     |    |       |   |             |          |    |                       |        |              |    |         |        |          |  |
|--------------------------|---|-----|----|-------|---|-------------|----------|----|-----------------------|--------|--------------|----|---------|--------|----------|--|
| Дубл.                    |   |     |    |       |   |             |          |    |                       |        |              |    |         |        |          |  |
| Взам.                    |   |     |    |       |   |             |          |    |                       |        |              |    |         |        |          |  |
| Побл.                    |   |     |    |       |   |             |          |    |                       |        |              |    |         |        |          |  |
|                          |   |     |    |       |   |             |          |    |                       |        | 15           |    |         |        |          |  |
|                          |   |     |    |       |   |             |          |    |                       |        | Номер детали |    |         |        |          |  |
| А                        | Цех   | Уч. | РМ | Опер. | Код, наименование операции                                    |             |          |    | Обозначение документа |        |              |    |         |        |          |  |
| Б                        | Код, наименование оборудования                |     |    |       | СМ  | Проф.       | Р        | УТ | КР                    | Кон.д. | ЕН           | ОП | К шт.   | Т л.з. | Т шт.    |  |
| К/М                      | Наименование детали, с в. единицы и материала |     |    |       | Обозначение код   |             |          |    |                       |        |              |    |         |        |          |  |
|                          |   |     |    |       | Расч. I   |             | Расч. II |    | Расч. III             |        | Расч. IV     |    | Расч. V |        | Расч. VI |  |
|                          |   |     |    |       | ширина  | расч. длина | t        | l  | s                     | n      | V            | T  | T6      |        |          |  |
| Р 01                     |   |     |    |       |   |             |          |    |                       |        |              |    |         |        |          |  |
| А 02                     | 010   |     |    | 035   | Слесарная ИОТБ № 105-97 КЗ см. на листах 11, 13               |             |          |    |                       |        |              |    |         |        |          |  |
| Б 03                     |   |     |    |       | Верстак слесарный   |             |          |    |                       |        |              |    |         |        |          |  |
| 04                       |   |     |    |       |   |             |          |    |                       |        |              |    |         |        |          |  |
| 05                       |   |     |    |       |   |             |          |    |                       |        |              |    |         |        |          |  |
| 06                       |   |     |    |       | 1. Притупить острые кромки до 0,2 мм                          |             |          |    |                       |        |              |    |         |        |          |  |
| 07                       |   |     |    |       | после фрезерных операций                                      |             |          |    |                       |        |              |    |         |        |          |  |
| 08                       |   |     |    |       |   |             |          |    |                       |        |              |    |         |        |          |  |
| Т 09                     |   |     |    |       | Напильник ГОСТ 1465-80  |             |          |    |                       |        |              |    |         |        |          |  |
| 10                       |   |     |    |       | Шабёр СТПАШ 1121-74   |             |          |    |                       |        |              |    |         |        |          |  |
| 11                       |   |     |    |       |   |             |          |    |                       |        |              |    |         |        |          |  |
| 012                      |   |     |    |       | 2. Калибровать отв. диаметром 9 Н8 после фрезеровки 2 пазов 3 |             |          |    |                       |        |              |    |         |        |          |  |
| 13                       |   |     |    |       | (см. КЗ на листе 13)  |             |          |    |                       |        |              |    |         |        |          |  |
| Т 14                     |   |     |    |       | Пробка Ø 9Н8 ГОСТ 7722-77                                     |             |          |    |                       |        |              |    |         |        |          |  |
| 15                       |   |     |    |       |   |             |          |    |                       |        |              |    |         |        |          |  |
| 16                       |   |     |    |       |   |             |          |    |                       |        |              |    |         |        |          |  |
| 17                       |   |     |    |       |   |             |          |    |                       |        |              |    |         |        |          |  |
| МК                       |   |     |    |       |   |             |          |    |                       |        |              |    |         |        |          |  |

| ГОСТ 3.1118-82 Формат 18 |  |     |    |       |                            |                  |   |    |                       |         |              |                |       |        |       |
|--------------------------|--|-----|----|-------|----------------------------|------------------|---|----|-----------------------|---------|--------------|----------------|-------|--------|-------|
| Дубл.                    |  |     |    |       |                            |                  |   |    |                       |         |              |                |       |        |       |
| Взам.                    |  |     |    |       |                            |                  |   |    |                       |         |              |                |       |        |       |
| Подл.                    |  |     |    |       |                            |                  |   |    |                       |         |              |                |       |        |       |
|                          |  |     |    |       |                            |                  |   |    |                       |         | 16           |                |       |        |       |
|                          |  |     |    |       |                            |                  |   |    |                       |         | Номер детали |                |       |        |       |
| А                        | Цех  | Уч. | РМ | Опер. | Код, наименование операции |                  |   |    | Обозначение документа |         |              |                |       |        |       |
| Б                        | Код, наименование оборудования               |     |    |       | СМ                         | Проф.            | Р | УТ | КР                    | Кон. в. | ЕН           | ОП             | К шп. | Т п.а. | Т шп. |
| К/М                      | Наименование детали, сб. единиц и материала  |     |    |       | Обозначение, код           |                  |   |    |                       |         |              |                |       |        |       |
| Р 01                     |  |     |    |       | Расс. Т                    | Обозначение, код |   |    |                       |         |              |                |       |        |       |
| А 02                     | 010 040                                      |     |    |       | ширина                     | расч. длина      | l | l  | s                     | n       | V            | T <sub>с</sub> | ТВ    |        |       |
| Б 03                     | Стол контролера                              |     |    |       |                            |                  |   |    |                       |         |              |                |       |        |       |
| 04                       |  |     |    |       |                            |                  |   |    |                       |         |              |                |       |        |       |
| 05                       |  |     |    |       |                            |                  |   |    |                       |         |              |                |       |        |       |
| 06                       | Контроль ОТК выборочный по СТП 1040-1007-89  |     |    |       |                            |                  |   |    |                       |         |              |                |       |        |       |
| 07                       | Опер. 025 - размеров 1-4 (см. КЭ лист 11)    |     |    |       |                            |                  |   |    |                       |         |              |                |       |        |       |
| 08                       | Опер. 030 - размеров 1 и 3 (см. КЭ, лист 13) |     |    |       |                            |                  |   |    |                       |         |              |                |       |        |       |
| 09                       | Опер. 035 - выполнение операции              |     |    |       |                            |                  |   |    |                       |         |              |                |       |        |       |
| 10                       |  |     |    |       |                            |                  |   |    |                       |         |              |                |       |        |       |
| 11                       |  |     |    |       |                            |                  |   |    |                       |         |              |                |       |        |       |
| 12                       |  |     |    |       |                            |                  |   |    |                       |         |              |                |       |        |       |
| 13                       |  |     |    |       |                            |                  |   |    |                       |         |              |                |       |        |       |
| 14                       |  |     |    |       |                            |                  |   |    |                       |         |              |                |       |        |       |
| 15                       |  |     |    |       |                            |                  |   |    |                       |         |              |                |       |        |       |
| 16                       |  |     |    |       |                            |                  |   |    |                       |         |              |                |       |        |       |
| 17                       |  |     |    |       |                            |                  |   |    |                       |         |              |                |       |        |       |
| МК                       |  |     |    |       |                            |                  |   |    |                       |         |              |                |       |        |       |

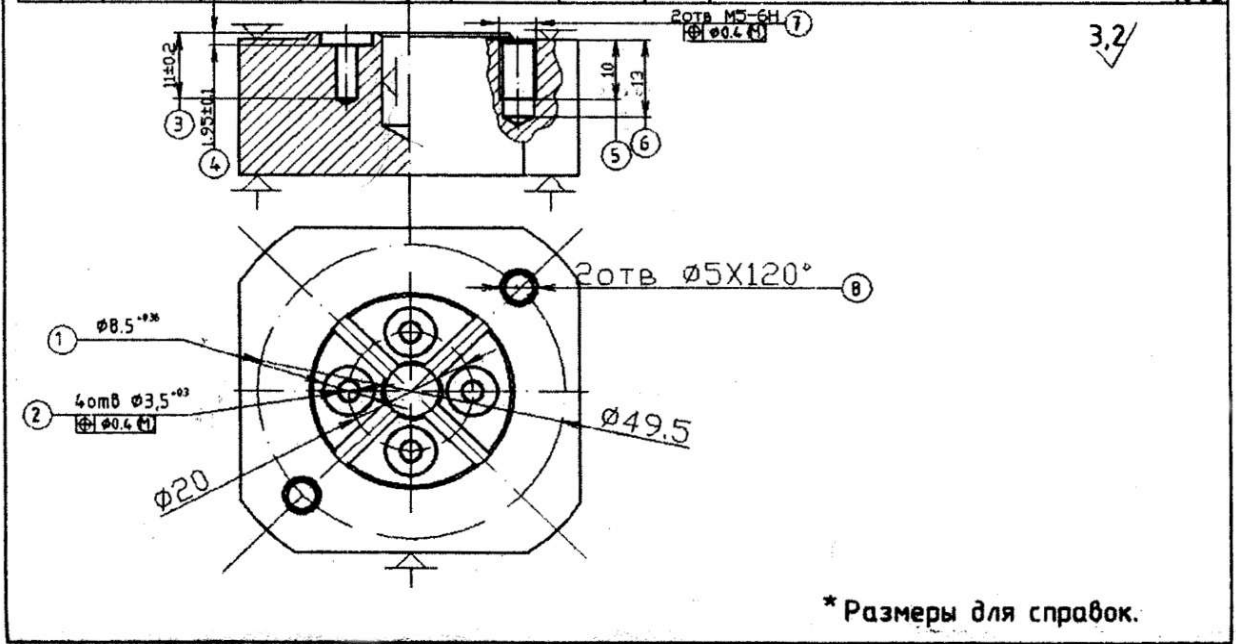
|       |  |  |  |
|-------|--|--|--|
| Добл. |  |  |  |
| Взам. |  |  |  |
| Подл. |  |  |  |

17

8637.61.08.101

045

065





|                     |   |     |    |       |  |       |               |    |                       |        |     |     |                |                |      |  |  |    |
|---------------------|---|-----|----|-------|--|-------|---------------|----|-----------------------|--------|-----|-----|----------------|----------------|------|--|--|----|
| Дубл.               |   |     |    |       |  |       |               |    |                       |        |     |     |                |                |      |  |  |    |
| Взам.               |   |     |    |       |  |       |               |    |                       |        |     |     |                |                |      |  |  |    |
| Подл.               |   |     |    |       |  |       |               |    |                       |        |     |     |                |                |      |  |  | 18 |
| <b>Номер детали</b> |   |     |    |       |  |       |               |    |                       |        |     |     |                |                |      |  |  |    |
| <b>A</b>            | Цех   | Уч. | РН | Опер. | Код, наименование операции                       |       |               |    | Обозначение документа |        |     |     |                |                |      |  |  |    |
| <b>B</b>            | Код, наименование оборудования              |     |    |       | СЧ   | Проф. | P             | ЧТ | КР                    | Кон.в. | ЕН  | ОП  | К шт.          | Т п.з.         | Т ш. |  |  |    |
| <b>К/М</b>          | Наименование детали, сб. единиц и материала |     |    |       | Рис. - диаметр<br>ширина                         |       | расч. длина t |    | l                     | s      | п   | V   | Т <sub>к</sub> | Т <sub>б</sub> |      |  |  |    |
| P 01                |   |     |    |       |  |       |               |    |                       |        |     |     |                |                |      |  |  |    |
| A 02                | 010   |     |    | 045   | Сверлильная ИОТБ № 18/4-96 КЗ см. на листе 17    |       |               |    |                       |        |     |     |                |                |      |  |  |    |
| B 03                |   |     |    |       | Вертикально-сверлильный НС-12А (трехшпиндельный) |       |               |    |                       |        |     |     |                |                |      |  |  |    |
| 04                  |   |     |    |       |  |       |               |    |                       |        |     |     |                |                |      |  |  |    |
| 05                  |   |     |    |       |  |       |               |    |                       |        |     |     |                |                |      |  |  |    |
| 006                 |   |     |    |       | 1. Сверлить 4 отв. 2 на глубину 3                |       |               |    |                       |        |     |     |                |                |      |  |  |    |
| P 07                |   |     |    |       |  |       | 3,5           | 13 | 4                     | 0,06   | 800 | 8,7 | 1,1            |                |      |  |  |    |
| T 08                |   |     |    |       | Кондуктор К-1                                    |       |               |    |                       |        |     |     |                |                |      |  |  |    |
| 09                  |   |     |    |       | Сверло ГОЕТ 4010-77 (диаметр 3,5)                |       |               |    |                       |        |     |     |                |                |      |  |  |    |
| 10                  |   |     |    |       | Калибр-пробка ГОСТ 14810-69                      |       |               |    |                       |        |     |     |                |                |      |  |  |    |
| 11                  |   |     |    |       | ШЦ-1-125-0,1-1 ГОСТ 166-89                       |       |               |    |                       |        |     |     |                |                |      |  |  |    |
| 12                  |   |     |    |       |  |       |               |    |                       |        |     |     |                |                |      |  |  |    |
| 13                  |   |     |    |       |  |       |               |    |                       |        |     |     |                |                |      |  |  |    |
| 14                  |   |     |    |       |  |       |               |    |                       |        |     |     |                |                |      |  |  |    |
| 15                  |   |     |    |       |  |       |               |    |                       |        |     |     |                |                |      |  |  |    |
| 16                  |   |     |    |       |  |       |               |    |                       |        |     |     |                |                |      |  |  |    |
| 17                  |   |     |    |       |  |       |               |    |                       |        |     |     |                |                |      |  |  |    |
| <b>МК</b>           |   |     |    |       |  |       |               |    |                       |        |     |     |                |                |      |  |  |    |

| ГОСТ 3.1118-82 Формат 16 |   |     |    |       |   |       |             |    |                       |        |     |              |       |                |                |
|--------------------------|---|-----|----|-------|---|-------|-------------|----|-----------------------|--------|-----|--------------|-------|----------------|----------------|
| Дубл.                    |   |     |    |       |   |       |             |    |                       |        |     |              |       |                |                |
| Взам.                    |   |     |    |       |   |       |             |    |                       |        |     |              |       |                |                |
| Подл.                    |   |     |    |       |   |       |             |    |                       |        |     |              |       |                |                |
|                          |   |     |    |       |   |       |             |    |                       |        |     | 19           |       |                |                |
|                          |   |     |    |       |   |       |             |    |                       |        |     | Номер детали |       |                |                |
| А                        | Цех   | Уч. | РН | Опер. | Код, наименование операции                    |       |             |    | Обозначение документа |        |     |              |       |                |                |
| Б                        | Код, наименование оборудования                    |     |    |       | СМ  | Проф. | Р           | УТ | КР                    | Кон.д. | ЕН  | ОП           | К.шт. | Т.п.з.         | Т.шт.          |
| К/М                      | Наименование детали, сб. единицы и материала      |     |    |       | Обозначение код                               |       |             |    |                       |        |     |              |       |                |                |
| Р 0 1                    |   |     |    |       | расч. ширина                                  |       | расч. длина |    | t                     | l      | s   | p            | V     | T <sub>н</sub> | T <sub>б</sub> |
| А 0 2                    | 010   |     |    | 050   | Сверлильная КОТБ № 18/4-96 КЭ см. на листе 17 |       |             |    |                       |        |     |              |       |                |                |
| Б 0 3                    | Вертикально-сверлильный НС-12А                    |     |    |       |   |       |             |    |                       |        |     |              |       |                |                |
| 0 4                      |   |     |    |       |   |       |             |    |                       |        |     |              |       |                |                |
| 0 5                      |   |     |    |       |   |       |             |    |                       |        |     |              |       |                |                |
| 0 0 6                    | 1. Зенкеровать 4 отв. 2, выдерживая размеры 1 и 4 |     |    |       |   |       |             |    |                       |        |     |              |       |                |                |
| Р 0 7                    |   |     |    |       | 7   |       | 2,45        |    | 4                     | 0,1    | 450 | 9,9          | 0,35  |                |                |
| Т 0 8                    | Подставка цеховая                                 |     |    |       |   |       |             |    |                       |        |     |              |       |                |                |
| 0 9                      | Зенкер (диаметр 8,5 - диаметр 3,5)                |     |    |       |   |       |             |    |                       |        |     |              |       |                |                |
| 1 0                      | ШЦ-1-1215-0,1-1 ГОСТ 166-89                       |     |    |       |   |       |             |    |                       |        |     |              |       |                |                |
| 1 1                      |   |     |    |       |   |       |             |    |                       |        |     |              |       |                |                |
| 1 2                      |   |     |    |       |   |       |             |    |                       |        |     |              |       |                |                |
| 1 3                      |   |     |    |       |   |       |             |    |                       |        |     |              |       |                |                |
| 1 4                      |   |     |    |       |   |       |             |    |                       |        |     |              |       |                |                |
| 1 5                      |   |     |    |       |   |       |             |    |                       |        |     |              |       |                |                |
| 1 6                      |   |     |    |       |   |       |             |    |                       |        |     |              |       |                |                |
| 1 7                      |   |     |    |       |   |       |             |    |                       |        |     |              |       |                |                |
| МК                       |   |     |    |       |   |       |             |    |                       |        |     |              |       |                |                |

| Дубл. |  |     |    |       |   |       |   |    |                       |         |    |    |          |        |       |  |  |  |              |    |
|-------|--|-----|----|-------|---|-------|---|----|-----------------------|---------|----|----|----------|--------|-------|--|--|--|--------------|----|
| Взам. |  |     |    |       |   |       |   |    |                       |         |    |    |          |        |       |  |  |  |              |    |
| Подл. |  |     |    |       |   |       |   |    |                       |         |    |    |          |        |       |  |  |  |              | 20 |
|       |  |     |    |       |   |       |   |    |                       |         |    |    |          |        |       |  |  |  | Номер детали |    |
| А     | Цех  | Уч. | РН | Опер. | Код, наименование операции                      |       |   |    | Обозначение документа |         |    |    |          |        |       |  |  |  |              |    |
| Б     | Код, наименование оборудования               |     |    |       | СМ  | Проф. | Р | УТ | КР                    | Кан. д. | ЕН | ОП | К шт.    | Т п.з. | Т шт. |  |  |  |              |    |
| К/М   | Наименование детали, сб. единицы и материала |     |    |       | Обозначение код                                 |       |   |    | ОПП                   | ЕВ      | ЕН | КН | Н. расч. |        |       |  |  |  |              |    |
| Р 01  |  |     |    |       |   |       |   |    |                       |         |    |    |          |        |       |  |  |  |              |    |
| А 02  | 010  |     |    | 055   | Сверлильная ИОТБ № 18/4-96 КЭ см. на листе 17   |       |   |    |                       |         |    |    |          |        |       |  |  |  |              |    |
| Б 03  |  |     |    |       | Вертикально-сверлильный НС-12А                  |       |   |    |                       |         |    |    |          |        |       |  |  |  |              |    |
| 04    |  |     |    |       | 1. Зенковать фаску в 0 2 отв. 7                 |       |   |    |                       |         |    |    |          |        |       |  |  |  |              |    |
| 05    |  |     |    |       |   |       |   |    |                       |         |    |    |          |        |       |  |  |  |              |    |
| 06    |  |     |    |       |   |       |   |    |                       |         |    |    |          |        |       |  |  |  |              |    |
| 07    |  |     |    |       |   |       |   |    |                       |         |    |    |          |        |       |  |  |  |              |    |
| Т 08  |  |     |    |       | Подставка цеховая                               |       |   |    |                       |         |    |    |          |        |       |  |  |  |              |    |
| 09    |  |     |    |       | Сверло ГОСТ 4010-77 (диаметр 6)                 |       |   |    |                       |         |    |    |          |        |       |  |  |  |              |    |
| 10    |  |     |    |       | ШЦ-1-125-0,1-1 ГОСТ 166-89                      |       |   |    |                       |         |    |    |          |        |       |  |  |  |              |    |
| П 11  |  |     |    |       | 2. Притупить острые кромки до 0,2 мм в 4 отв. 2 |       |   |    |                       |         |    |    |          |        |       |  |  |  |              |    |
| 12    |  |     |    |       |   |       |   |    |                       |         |    |    |          |        |       |  |  |  |              |    |
| Т 13  |  |     |    |       | Сверло ГОСТ 4010-77 (Ø 6)                       |       |   |    |                       |         |    |    |          |        |       |  |  |  |              |    |
| 14    |  |     |    |       |   |       |   |    |                       |         |    |    |          |        |       |  |  |  |              |    |
| 15    |  |     |    |       |   |       |   |    |                       |         |    |    |          |        |       |  |  |  |              |    |
| 16    |  |     |    |       |   |       |   |    |                       |         |    |    |          |        |       |  |  |  |              |    |
| 17    |  |     |    |       |   |       |   |    |                       |         |    |    |          |        |       |  |  |  |              |    |
| МК    |  |     |    |       |   |       |   |    |                       |         |    |    |          |        |       |  |  |  |              |    |

|       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Дубл. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Взам. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Подл. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

21

Номер детали

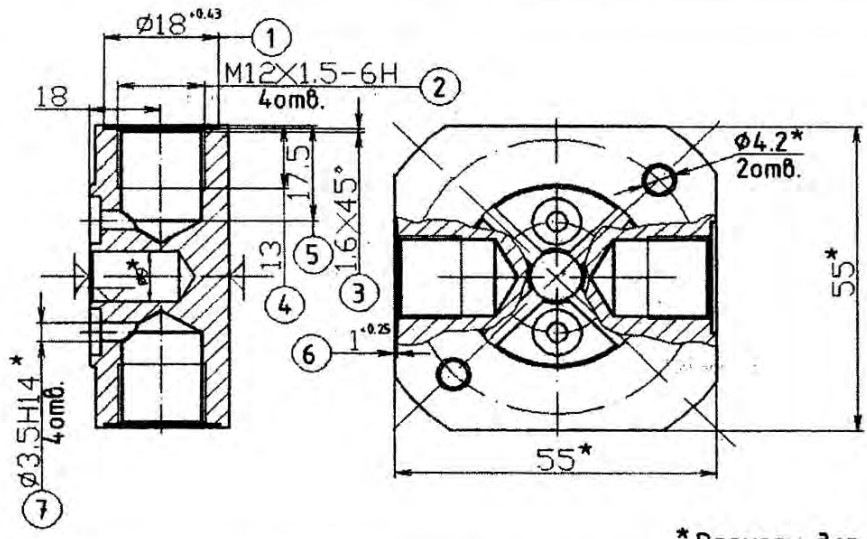
| А     | Цех   | Уч. | РН | Опер. | Код, наименование операции                    | Обозначение документа |             |    |    |        |    |    |                |                |       |
|-------|---|-----|----|-------|---|-----------------------|-------------|----|----|--------|----|----|----------------|----------------|-------|
| Б     | Код, наименование оборудования                  |     |    |       | СМ  | Проф.                 | Р           | УТ | КР | Ком.в. | ЕН | ОП | К шт.          | Т п.з.         | Т шт. |
| К/М   | Наименование детали, сб. единицы и материала    |     |    |       | Обозначение код                               |                       |             |    |    |        |    |    |                |                |       |
| Р 0 1 |   |     |    |       | Расч. диаметр                                 | ширина                | расч. длина | t  | l  | s      | n  | V  | T <sub>z</sub> | T <sub>B</sub> |       |
| А 0 2 | 010   |     |    | 060   | Сверлильная ИОТБ № 18/4-96 КЭ см. на листе 17 |                       |             |    |    |        |    |    |                |                |       |
| Б 0 3 | Вертикально-сверлильный НС-12А                  |     |    |       |   |                       |             |    |    |        |    |    |                |                |       |
| 0 4   |   |     |    |       |   |                       |             |    |    |        |    |    |                |                |       |
| 0 5   | На диаметре 3                                   |     |    |       |   |                       |             |    |    |        |    |    |                |                |       |
| 0 0 6 | 1. Притупить острые кромки до 0,2 мм в 4 отв. 1 |     |    |       |   |                       |             |    |    |        |    |    |                |                |       |
| 0 7   |   |     |    |       |   |                       |             |    |    |        |    |    |                |                |       |
| Т 0 8 | Подставка цеховая                               |     |    |       |   |                       |             |    |    |        |    |    |                |                |       |
| 0 9   | Сверло ГОСТ 4010-77 (диаметр 9)                 |     |    |       |   |                       |             |    |    |        |    |    |                |                |       |
| 1 0   |   |     |    |       |   |                       |             |    |    |        |    |    |                |                |       |
| 1 1   |   |     |    |       |   |                       |             |    |    |        |    |    |                |                |       |
| 1 2   |   |     |    |       |   |                       |             |    |    |        |    |    |                |                |       |
| 1 3   |   |     |    |       |   |                       |             |    |    |        |    |    |                |                |       |
| 1 4   |   |     |    |       |   |                       |             |    |    |        |    |    |                |                |       |
| 1 5   |   |     |    |       |   |                       |             |    |    |        |    |    |                |                |       |
| 1 6   |   |     |    |       |   |                       |             |    |    |        |    |    |                |                |       |
| 1 7   |   |     |    |       |   |                       |             |    |    |        |    |    |                |                |       |
| МК    |   |     |    |       |   |                       |             |    |    |        |    |    |                |                |       |

| Дубл.        |  |     |    |       |  |       |        |             |                       |        |     |     |      |        |      |  |    |
|--------------|--|-----|----|-------|--|-------|--------|-------------|-----------------------|--------|-----|-----|------|--------|------|--|----|
| Взам.        |  |     |    |       |  |       |        |             |                       |        |     |     |      |        |      |  |    |
| Подл.        |  |     |    |       |  |       |        |             |                       |        |     |     |      |        |      |  | 22 |
| Номер детали |  |     |    |       |  |       |        |             |                       |        |     |     |      |        |      |  |    |
| А            | Цех  | Уч. | РН | Опер. | Код, наименование операции                       |       |        |             | Обозначение документа |        |     |     |      |        |      |  |    |
| Б            | Код, наименование оборудования               |     |    |       | СМ   | Проф. | Р      | УТ          | КР                    | Кан.в. | ЕН  | ОП  | К ш. | Т л.э. | Т ш. |  |    |
| К/М          | Наименование детали, сб. единицы и материала |     |    |       | Обозначение кода                                 |       |        |             |                       |        |     |     |      |        |      |  |    |
| Р 01         |  |     |    |       |  |       | ширина | расч. длина | l                     | l      | s   | n   | V    | T      | TВ   |  |    |
| A 02         | 010  |     |    | 065   | Резьбонарезная ИОТБ № 18/4-96 КЭ см. на листе 17 |       |        |             |                       |        |     |     |      |        |      |  |    |
| Б 03         |  |     |    |       | Вертикально-сверлильный 2Н125                    |       |        |             |                       |        |     |     |      |        |      |  |    |
| 04           |  |     |    |       |  |       |        |             |                       |        |     |     |      |        |      |  |    |
| 05           |  |     |    |       |  |       |        |             |                       |        |     |     |      |        |      |  |    |
| 006          |  |     |    |       | 1. Нарезать резьбу 7 Ø 2 отв. на глубину 5       |       |        |             |                       |        |     |     |      |        |      |  |    |
| Р 07         |  |     |    |       |  |       | 5      | 22,4        | 0,4                   | 2      | 0,8 | 250 | 4    | 0,224  |      |  |    |
| Т 08         |  |     |    |       | Подставка цеховая                                |       |        |             |                       |        |     |     |      |        |      |  |    |
| 09           |  |     |    |       | Метчик ГОСТ 3266-81                              |       |        |             |                       |        |     |     |      |        |      |  |    |
| 10           |  |     |    |       | Провка ГОСТ 17758-72                             |       |        |             |                       |        |     |     |      |        |      |  |    |
| 11           |  |     |    |       | ШЦ-1-125-0,1-1 ГОСТ 166-89                       |       |        |             |                       |        |     |     |      |        |      |  |    |
| 12           |  |     |    |       |  |       |        |             |                       |        |     |     |      |        |      |  |    |
| 13           |  |     |    |       |  |       |        |             |                       |        |     |     |      |        |      |  |    |
| 14           |  |     |    |       |  |       |        |             |                       |        |     |     |      |        |      |  |    |
| 15           |  |     |    |       |  |       |        |             |                       |        |     |     |      |        |      |  |    |
| 16           |  |     |    |       |  |       |        |             |                       |        |     |     |      |        |      |  |    |
| 17           |  |     |    |       |  |       |        |             |                       |        |     |     |      |        |      |  |    |
| МК           |  |     |    |       |  |       |        |             |                       |        |     |     |      |        |      |  |    |

|       |  |  |  |
|-------|--|--|--|
| Дубл. |  |  |  |
| Взам. |  |  |  |
| Подл. |  |  |  |

|                |  |  |  |  |     |
|----------------|--|--|--|--|-----|
|                |  |  |  |  | 23  |
| 8637.61.08.101 |  |  |  |  | 070 |
|                |  |  |  |  | 090 |

6.3/√



\* Размеры для справок.

| ГОСТ 3.1118-82 Формат 18 |     |     |    |       |  |  |  |  |   |      |   |    |              |        |    |    |      |      |      |
|--------------------------|-----|-----|----|-------|--|--|--|--|---|------|---|----|--------------|--------|----|----|------|------|------|
| Дубл.                    |     |     |    |       |  |  |  |  |   |      |   |    |              |        |    |    |      |      |      |
| Взам.                    |     |     |    |       |  |  |  |  |   |      |   |    |              |        |    |    |      |      |      |
| Подл.                    |     |     |    |       |  |  |  |  |   |      |   |    |              |        |    |    |      |      |      |
|                          |     |     |    |       |  |  |  |  |   |      |   |    | 24           |        |    |    |      |      |      |
|                          |     |     |    |       |  |  |  |  |   |      |   |    | Номер детали |        |    |    |      |      |      |
| А                        | Цех | Уч. | РМ | Опер. | Код, наименование операции                                       |  |  |  | Обозначение документа                         |      |   |    |              |        |    |    |      |      |      |
| Б                        |     |     |    |       | Код, наименование оборудования                                   |  |  |  | СМ  | Проф | Р | УТ | КР           | Кач.д. | ЕН | ОП | К ш. | Т п. | Т ш. |
| К/М                      |     |     |    |       | Наименование детали, сб. единицы и материала                     |  |  |  | Обозначение, код                              |      |   |    |              |        |    |    |      |      |      |
| Р 01                     |     |     |    |       | Расч. данные   |  |  |  | Обозначение, код                              |      |   |    |              |        |    |    |      |      |      |
| А 02                     |     |     |    |       | ширина   |  |  |  | расч. длина                                   |      |   |    |              |        |    |    |      |      |      |
| Б 03                     |     |     |    |       | t  |  |  |  | l s n V T <sub>с</sub> ТВ                     |      |   |    |              |        |    |    |      |      |      |
| А 02                     | 010 |     |    | 070   |  |  |  |  | Сверлильная ИОТБ № 18/4-96 КЭ см. на листе 23 |      |   |    |              |        |    |    |      |      |      |
| Б 03                     |     |     |    |       |  |  |  |  | Вертикально-сверлильный НС-12А                |      |   |    |              |        |    |    |      |      |      |
| 04                       |     |     |    |       |  |  |  |  |   |      |   |    |              |        |    |    |      |      |      |
| 05                       |     |     |    |       |  |  |  |  |   |      |   |    |              |        |    |    |      |      |      |
| 06                       |     |     |    |       | 1. Сверлить 4 отв. диаметром 10,43 <sup>±0,12</sup> под резьбу 2 |  |  |  |   |      |   |    |              |        |    |    |      |      |      |
| 07                       |     |     |    |       | на глубину 5 за 4 установки                                      |  |  |  |   |      |   |    |              |        |    |    |      |      |      |
| Р 08                     |     |     |    |       | 10,43  |  |  |  | 22 4 0,1 650 14,7 1,95                        |      |   |    |              |        |    |    |      |      |      |
| Т 09                     |     |     |    |       | Кондуктор К-2  |  |  |  |   |      |   |    |              |        |    |    |      |      |      |
| 10                       |     |     |    |       | Сверло ГОСТ 4010-77 (диаметр 10,5)                               |  |  |  |   |      |   |    |              |        |    |    |      |      |      |
| 11                       |     |     |    |       | Пробка ОСТ 3-2645-75   |  |  |  |   |      |   |    |              |        |    |    |      |      |      |
| 12                       |     |     |    |       | ШЦ-1-125-0,1-1 ГОСТ 166-89                                       |  |  |  |   |      |   |    |              |        |    |    |      |      |      |
| 13                       |     |     |    |       |  |  |  |  |   |      |   |    |              |        |    |    |      |      |      |
| 14                       |     |     |    |       |  |  |  |  |   |      |   |    |              |        |    |    |      |      |      |
| 15                       |     |     |    |       |  |  |  |  |   |      |   |    |              |        |    |    |      |      |      |
| 16                       |     |     |    |       |  |  |  |  |   |      |   |    |              |        |    |    |      |      |      |
| 17                       |     |     |    |       |  |  |  |  |   |      |   |    |              |        |    |    |      |      |      |
| МК                       |     |     |    |       |  |  |  |  |   |      |   |    |              |        |    |    |      |      |      |

| ГОСТ 3.1118-82 Формат 18 |  |     |    |       |                            |        |             |    |                       |        |    |    |                |                |          |
|--------------------------|--|-----|----|-------|----------------------------|--------|-------------|----|-----------------------|--------|----|----|----------------|----------------|----------|
| Дубл.                    |  |     |    |       |                            |        |             |    |                       |        |    |    |                |                |          |
| Взам.                    |  |     |    |       |                            |        |             |    |                       |        |    |    |                |                |          |
| Подл.                    |  |     |    |       |                            |        |             |    |                       |        |    |    |                |                |          |
|                          |  |     |    |       |                            |        |             |    |                       |        |    |    | 25             |                |          |
|                          |  |     |    |       |                            |        |             |    |                       |        |    |    | Номер детали   |                |          |
| А                        | Цех  | Уч. | РМ | Опер. | Код, наименование операции |        |             |    | Обозначение документа |        |    |    |                |                |          |
| Б                        | Код, наименование оборудования                                 |     |    |       | СМ                         | Проф   | Р           | УТ | КР                    | Кон.д. | ЕН | ОП | К шт.          | Т п.з.         | Т шт.    |
| К/М                      | Наименование детали, сб. единиц и материала                    |     |    |       | Обозначение код            |        |             |    |                       |        | ОП | ЕВ | ЕН             | КН             | Н. расх. |
| Р 0 1                    |  |     |    |       | Расч. диаметр              | ширина | расч. длина | t  | l                     | s      | n  | V  | T <sub>1</sub> | T <sub>0</sub> |          |
| А 0 2                    | 010  |     |    | 075   | Сверлильная ИОТБ № 18/4-96 |        |             |    | КЗ см. на листе 23    |        |    |    |                |                |          |
| Б 0 3                    | Вертикально-сверлильный 2Н125                                  |     |    |       |                            |        |             |    |                       |        |    |    |                |                |          |
| 0 4                      |  |     |    |       |                            |        |             |    |                       |        |    |    |                |                |          |
| 0 5                      |  |     |    |       |                            |        |             |    |                       |        |    |    |                |                |          |
| Р 0 6                    | 1. Зенкеровать 4 отв. диаметром 10,43 под резьбу 2. Выдерживая |     |    |       |                            |        |             |    |                       |        |    |    |                |                |          |
| 0 7                      | размеры 1, 3, 6, за 4 установки                                |     |    |       |                            |        |             |    |                       |        |    |    |                |                |          |
| Р 0 8                    |  |     |    |       |                            |        |             |    |                       |        |    |    |                |                |          |
| Т 0 9                    | Подставка П-2  |     |    |       |                            |        |             |    |                       |        |    |    |                |                |          |
| 1 0                      | Зенкер (Ø 18, специальный)                                     |     |    |       |                            |        |             |    |                       |        |    |    |                |                |          |
| 1 1                      | ШЦ-1-125-0,1-1 ГОСТ 166-89                                     |     |    |       |                            |        |             |    |                       |        |    |    |                |                |          |
| 1 2                      |  |     |    |       |                            |        |             |    |                       |        |    |    |                |                |          |
| 1 3                      |  |     |    |       |                            |        |             |    |                       |        |    |    |                |                |          |
| 1 4                      |  |     |    |       |                            |        |             |    |                       |        |    |    |                |                |          |
| 1 5                      |  |     |    |       |                            |        |             |    |                       |        |    |    |                |                |          |
| 1 6                      |  |     |    |       |                            |        |             |    |                       |        |    |    |                |                |          |
| 1 7                      |  |     |    |       |                            |        |             |    |                       |        |    |    |                |                |          |
| МК                       |  |     |    |       |                            |        |             |    |                       |        |    |    |                |                |          |



| Дубл. |   |     |    |       |                            |  |       |   |    |    |        |    |    |      |        |              |  |
|-------|---|-----|----|-------|----------------------------|--|-------|---|----|----|--------|----|----|------|--------|--------------|--|
| Взам. |   |     |    |       |                            |  |       |   |    |    |        |    |    |      |        |              |  |
| Подл. |   |     |    |       |                            |  |       |   |    |    |        |    |    |      |        |              |  |
|       |   |     |    |       |                            |  |       |   |    |    |        |    |    |      |        | 26           |  |
|       |   |     |    |       |                            |  |       |   |    |    |        |    |    |      |        | Номер детали |  |
| А     | Цех   | Уч. | РН | Опер. | Код, наименование операции | Обозначение документа                                |       |   |    |    |        |    |    |      |        |              |  |
| Б     | Код, наименование оборудования                      |     |    |       |                            | СМ   | Проф. | Р | УТ | КР | Кон.в. | ЕН | ОП | К ш. | Т л.з. | Т ш.         |  |
| К/М   | Наименование детали, сб. единицы и материала        |     |    |       |                            | Обозначение, код                                     |       |   |    |    |        |    |    |      |        |              |  |
| Р 0 1 |   |     |    |       |                            | Расч. 1 Шаблон<br>ширина расч. длина t l s n V T, Tθ |       |   |    |    |        |    |    |      |        |              |  |
| А 0 2 | 010   | 080 |    |       | Слесарная ИОТ № 105-97     |  |       |   |    |    |        |    |    |      |        |              |  |
| Б 0 3 | Верстак слесарный                                   |     |    |       |                            |  |       |   |    |    |        |    |    |      |        |              |  |
| 0 4   | База: внутренний диаметр резьбы поверхности торцов  |     |    |       |                            |  |       |   |    |    |        |    |    |      |        |              |  |
| 0 5   |   |     |    |       |                            |  |       |   |    |    |        |    |    |      |        |              |  |
| 0 0 6 | 1. Маркировать ударным способом выбоины 1, 2, 3 и 4 |     |    |       |                            |  |       |   |    |    |        |    |    |      |        |              |  |
| 0 7   | шрифтом ПО-5 ГОСТ 2930-62 по чертежу                |     |    |       |                            |  |       |   |    |    |        |    |    |      |        |              |  |
| 0 8   |   |     |    |       |                            |  |       |   |    |    |        |    |    |      |        |              |  |
| Т 0 9 | Шаблон В-1  |     |    |       |                            |  |       |   |    |    |        |    |    |      |        |              |  |
| 1 0   | Клеймо ВКВ-Х1Н12 ГОСТ 25726-83                      |     |    |       |                            |  |       |   |    |    |        |    |    |      |        |              |  |
| 1 1   |   |     |    |       |                            |  |       |   |    |    |        |    |    |      |        |              |  |
| 1 2   |   |     |    |       |                            |  |       |   |    |    |        |    |    |      |        |              |  |
| 1 3   |   |     |    |       |                            |  |       |   |    |    |        |    |    |      |        |              |  |
| 1 4   |   |     |    |       |                            |  |       |   |    |    |        |    |    |      |        |              |  |
| 1 5   |   |     |    |       |                            |  |       |   |    |    |        |    |    |      |        |              |  |
| 1 6   |   |     |    |       |                            |  |       |   |    |    |        |    |    |      |        |              |  |
| 1 7   |   |     |    |       |                            |  |       |   |    |    |        |    |    |      |        |              |  |
| МК    |   |     |    |       |                            |  |       |   |    |    |        |    |    |      |        |              |  |



| ГОСТ 3.1118-82 Форма 16 |  |     |    |       |                               |             |      |    |                       |        |    |      |          |              |       |
|-------------------------|--|-----|----|-------|-------------------------------|-------------|------|----|-----------------------|--------|----|------|----------|--------------|-------|
| Дубл.                   |  |     |    |       |                               |             |      |    |                       |        |    |      |          |              |       |
| Взам.                   |  |     |    |       |                               |             |      |    |                       |        |    |      |          |              |       |
| Подл.                   |  |     |    |       |                               |             |      |    |                       |        |    |      |          |              |       |
|                         |  |     |    |       |                               |             |      |    |                       |        |    |      |          | 28           |       |
|                         |  |     |    |       |                               |             |      |    |                       |        |    |      |          | Номер детали |       |
| А                       | Цех  | Уч. | РН | Опер. | Код, наименование операции    |             |      |    | Обозначение документа |        |    |      |          |              |       |
| Б                       | Код, наименование оборудования               |     |    |       | СМ                            | Проф.       | Р    | УТ | КР                    | Кон.д. | ЕН | ОП   | К шт.    | Т п.з.       | Т шт. |
| К/М                     | Наименование детали, сб. единицы и материала |     |    |       | Обозначение код               |             |      |    | ОП                    | ЕВ     | ЕН | КН   | Н. раск. |              |       |
| Р 0 1                   |  |     |    |       | ширина                        | расч. длина | l    | l  | s                     | л      | V  | T    | T0       |              |       |
| А 0 2                   | 010  |     |    | 090   | Резьбанарезная ИОТВ № 18/4-96 |             |      |    | КЗ на листе 23        |        |    |      |          |              |       |
| Б 0 3                   | Вертикально-сверлильный 2Н125                |     |    |       |                               |             |      |    |                       |        |    |      |          |              |       |
| 0 4                     |  |     |    |       |                               |             |      |    |                       |        |    |      |          |              |       |
| 0 5                     |  |     |    |       |                               |             |      |    |                       |        |    |      |          |              |       |
| 0 0 6                   | 1. Нарезать резьбу 2 в 4 отв. на глубину 4   |     |    |       |                               |             |      |    |                       |        |    |      |          |              |       |
| 0 7                     | за 4 установки                               |     |    |       |                               |             |      |    |                       |        |    |      |          |              |       |
| Т 0 8                   | Подставка П-2                                |     |    |       |                               |             |      |    |                       |        |    |      |          |              |       |
| 0 9                     | Метчик ГОСТ 3266-81                          |     |    |       |                               |             |      |    |                       |        |    |      |          |              |       |
| 1 0                     | Пробка ГОСТ 17758-72                         |     |    |       |                               |             |      |    |                       |        |    |      |          |              |       |
| 1 1                     | ШЦ-1-125-0,1-1 ГОСТ 166-89                   |     |    |       |                               |             |      |    |                       |        |    |      |          |              |       |
| Р 1 2                   |  |     |    |       | 12                            | 30,5        | 0,75 | 4  | 1,5                   | 125    | 5  | 0,65 |          |              |       |
| 1 3                     |  |     |    |       |                               |             |      |    |                       |        |    |      |          |              |       |
| 1 4                     |  |     |    |       |                               |             |      |    |                       |        |    |      |          |              |       |
| 1 5                     |  |     |    |       |                               |             |      |    |                       |        |    |      |          |              |       |
| 1 6                     | Деталь протить в ТМС-31 по ТП-20000          |     |    |       |                               |             |      |    |                       |        |    |      |          |              |       |
| 1 7                     |  |     |    |       |                               |             |      |    |                       |        |    |      |          |              |       |
| МК                      |  |     |    |       |                               |             |      |    |                       |        |    |      |          |              |       |

| Дубл. |  |     |        |                        |                            |                       |             |                      |    |              |        |        |                |                |    |         |         |
|-------|--|-----|--------|------------------------|----------------------------|-----------------------|-------------|----------------------|----|--------------|--------|--------|----------------|----------------|----|---------|---------|
| Взам. |  |     |        |                        |                            |                       |             |                      |    |              |        |        |                |                |    |         |         |
| Подл. |  |     |        |                        |                            |                       |             |                      |    |              |        |        |                |                |    |         |         |
| 29    |  |     |        |                        |                            |                       |             |                      |    |              |        |        |                |                |    |         |         |
|       |  |     |        |                        |                            |                       |             |                      |    | Номер детали |        |        |                |                |    |         |         |
| А     | Цех  | Уч. | РМ     | Опер.                  | Код, наименование операции | Обозначение документа |             |                      |    |              |        | Т.п.з. | Т.шт.          |                |    |         |         |
| Б     | Код, наименование оборудования                 |     |        |                        |                            | СМ                    | Проф.       | Р                    | УТ | КР           | Кон.д. | ЕН     | ОП             | К.шт.          | ЕН | КН      | Н.раск. |
| К/М   | Наименование детали, сб. единицы и материала   |     |        |                        |                            | Обозначение кода      |             |                      |    |              |        | ОП     | ЕВ             | ЕН             | КН | Н.раск. |         |
| Р 01  |  |     |        |                        |                            | ширина                | расч. длина | t                    | l  | s            | n      | V      | T <sub>c</sub> | T <sub>b</sub> |    |         |         |
| А 02  | 010  | 095 | 020000 | Контроль ИОТБ № 172-95 |                            |                       | К3          | см. на листах 17, 23 |    |              |        |        |                |                |    |         |         |
| Б 03  | Стол контролера                                |     |        |                        |                            |                       |             |                      |    |              |        |        |                |                |    |         |         |
| 04    |  |     |        |                        |                            |                       |             |                      |    |              |        |        |                |                |    |         |         |
| 05    |  |     |        |                        |                            |                       |             |                      |    |              |        |        |                |                |    |         |         |
| 006   | Контроль ОТК выборочный по СТП 1040-1007-89    |     |        |                        |                            |                       |             |                      |    |              |        |        |                |                |    |         |         |
| 07    | Опер. 045 - 4 отв. 2 р-ров 3 и 6               |     |        |                        |                            |                       |             |                      |    |              |        |        |                |                |    |         |         |
| 08    | Опер. 070 - р-ра 5                             |     |        |                        |                            |                       |             |                      |    |              |        |        |                |                |    |         |         |
| 09    | Опер. 050 - р-ров 1 и 4                        |     |        |                        |                            |                       |             |                      |    |              |        |        |                |                |    |         |         |
| 10    | Опер. 055 - фаски 8, притупление острых кромок |     |        |                        |                            |                       |             |                      |    |              |        |        |                |                |    |         |         |
| 11    | Опер. 060 - притупление острых кромок 8 отв.   |     |        |                        |                            |                       |             |                      |    |              |        |        |                |                |    |         |         |
| 12    | Опер. 065 - 2 отв. 7 р-ра 5                    |     |        |                        |                            |                       |             |                      |    |              |        |        |                |                |    |         |         |
| 13    | Опер. 075 - р-ров 1, 3, 6                      |     |        |                        |                            |                       |             |                      |    |              |        |        |                |                |    |         |         |
| 14    | Опер. 080 - 4 отв. 2 р-ра 4                    |     |        |                        |                            |                       |             |                      |    |              |        |        |                |                |    |         |         |
| 15    | Опер. 085 - выполнение операции                |     |        |                        |                            |                       |             |                      |    |              |        |        |                |                |    |         |         |
| 16    | Опер. 090 - выполнение операции                |     |        |                        |                            |                       |             |                      |    |              |        |        |                |                |    |         |         |
| 17    | Деталь направить в цех 013 на покрытие         |     |        |                        |                            |                       |             |                      |    |              |        |        |                |                |    |         |         |
| МК    |  |     |        |                        |                            |                       |             |                      |    |              |        |        |                |                |    |         |         |

| ГОСТ 3.1118-82 Форма 16 |  |     |    |       |                                      |       |   |    |                       |              |    |    |       |        |       |
|-------------------------|--|-----|----|-------|--------------------------------------|-------|---|----|-----------------------|--------------|----|----|-------|--------|-------|
| Дубл.                   |  |     |    |       |                                      |       |   |    |                       |              |    |    |       |        |       |
| Взам.                   |  |     |    |       |                                      |       |   |    |                       |              |    |    |       |        |       |
| Подл.                   |  |     |    |       |                                      |       |   |    |                       |              |    |    | 30    | 1      |       |
|                         |  |     |    |       |                                      |       |   |    |                       | Номер детали |    |    |       |        |       |
| А                       | Цех  | Уч. | РМ | Опер. | Код, наименование операции           |       |   |    | Обозначение документа |              |    |    |       |        |       |
| Б                       | Код, наименование оборудования               |     |    |       | СМ                                   | Проф. | Р | УТ | КР                    | Кон.б.       | ЕН | ОП | К шт. | Т п.з. | Т шт. |
| К/М                     | Наименование детали, сб. единицы и материала |     |    |       | Расч. обознач.                       |       |   |    | Обозначение код       |              |    |    |       |        |       |
| 01                      |  |     |    |       |                                      |       |   |    |                       |              |    |    |       |        |       |
| 02                      |  |     |    |       |                                      |       |   |    |                       |              |    |    |       |        |       |
| A03                     | 010  |     |    |       |                                      |       |   |    |                       |              |    |    |       |        |       |
| T04                     |  |     |    | Пр    | 2-2-30-20-7,5 Тара                   |       |   |    | ОСТ 3-4313-79         |              |    |    |       |        |       |
| 05                      |  |     |    |       |                                      |       |   |    |                       |              |    |    |       |        |       |
| 06                      |  |     |    |       | Губки П-1                            |       |   |    |                       |              |    |    |       |        |       |
| 07                      |  |     |    |       | Кондуктор К-1                        |       |   |    |                       |              |    |    |       |        |       |
| 08                      |  |     |    |       | Кондуктор К-2                        |       |   |    |                       |              |    |    |       |        |       |
| 09                      |  |     |    |       | АШ 6999-4603 Шаблон В-1              |       |   |    |                       |              |    |    |       |        |       |
| 10                      |  |     |    |       |                                      |       |   |    |                       |              |    |    |       |        |       |
| 11                      |  |     | РМ |       | Резцы ВК6 ГОСТ 18879-73              |       |   |    |                       |              |    |    |       |        |       |
| 12                      |  |     |    |       | Сверла СПАШ 961-79                   |       |   |    |                       |              |    |    |       |        |       |
| 13                      |  |     |    |       | Сверла ГОСТ 4010-77                  |       |   |    |                       |              |    |    |       |        |       |
| 14                      |  |     |    |       |                                      |       |   |    |                       |              |    |    |       |        |       |
| 15                      |  |     |    |       | Фреза ВК8 ГОСТ 20537-75 (диаметр 32) |       |   |    |                       |              |    |    |       |        |       |
| 16                      |  |     |    |       | Фреза ГОСТ 17025-71 (диаметр 3, Z=3) |       |   |    |                       |              |    |    |       |        |       |
| 17                      |  |     |    |       |                                      |       |   |    |                       |              |    |    |       |        |       |
| МК                      |  |     |    |       |                                      |       |   |    |                       |              |    |    |       |        |       |

| ГОСТ 3.1118-82 Формат 18 |  |     |    |       |                            |        |   |    |                       |        |              |                |                |        |       |
|--------------------------|--|-----|----|-------|----------------------------|--------|---|----|-----------------------|--------|--------------|----------------|----------------|--------|-------|
| Дубл.                    |  |     |    |       |                            |        |   |    |                       |        |              |                |                |        |       |
| Взам.                    |  |     |    |       |                            |        |   |    |                       |        |              |                |                |        |       |
| Подл.                    |  |     |    |       |                            |        |   |    |                       |        |              |                |                |        |       |
|                          |  |     |    |       |                            |        |   |    |                       |        | 30           | 2              |                |        |       |
|                          |  |     |    |       |                            |        |   |    |                       |        | Номер детали |                |                |        |       |
| А                        | Цех  | Уч. | РМ | Опер. | Код, наименование операции |        |   |    | Обозначение документа |        |              |                |                |        |       |
| Б                        | Код, наименование оборудования               |     |    |       | СМ                         | Проф.  | Р | УТ | КР                    | Кон.в. | ЕН           | ОП             | К шл.          | Т п.з. | Т шп. |
| К/М                      | Наименование детали, сб. единицы и материала |     |    |       | Обозначение кода           |        |   |    |                       |        |              |                |                |        |       |
|                          |  |     |    |       | расч.                      | длина  | т | l  | s                     | n      | V            | T <sub>1</sub> | T <sub>0</sub> |        |       |
| Р 0 1                    |  |     |    |       |                            | ширина |   |    |                       |        |              |                |                |        |       |
| А 0 2                    | 010  |     |    |       |                            |        |   |    |                       |        |              |                |                |        |       |
| Т 0 3                    |  |     | РМ |       |                            |        |   |    |                       |        |              |                |                |        |       |
| 0 4                      |  |     |    |       |                            |        |   |    |                       |        |              |                |                |        |       |
| 0 5                      |  |     |    |       |                            |        |   |    |                       |        |              |                |                |        |       |
| 0 6                      |  |     |    |       |                            |        |   |    |                       |        |              |                |                |        |       |
| 0 7                      |  |     |    |       |                            |        |   |    |                       |        |              |                |                |        |       |
| 0 8                      |  |     |    |       |                            |        |   |    |                       |        |              |                |                |        |       |
| 0 9                      |  |     |    |       |                            |        |   |    |                       |        |              |                |                |        |       |
| 1 0                      |  |     |    |       |                            |        |   |    |                       |        |              |                |                |        |       |
| 1 1                      |  |     |    |       |                            |        |   |    |                       |        |              |                |                |        |       |
| 1 2                      |  |     |    |       |                            |        |   |    |                       |        |              |                |                |        |       |
| 1 3                      |  |     |    |       |                            |        |   |    |                       |        |              |                |                |        |       |
| 1 4                      |  |     |    |       |                            |        |   |    |                       |        |              |                |                |        |       |
| 1 5                      |  |     |    |       |                            |        |   |    |                       |        |              |                |                |        |       |
| 1 6                      |  |     |    |       |                            |        |   |    |                       |        |              |                |                |        |       |
| 1 7                      |  |     |    |       |                            |        |   |    |                       |        |              |                |                |        |       |
| МК                       |  |     |    |       |                            |        |   |    |                       |        |              |                |                |        |       |

|       |  |     |    |       |                            |  |                             |             |   |    |                       |        |    |    |                |                |              |   |  |  |  |
|-------|--|-----|----|-------|----------------------------|--|-----------------------------|-------------|---|----|-----------------------|--------|----|----|----------------|----------------|--------------|---|--|--|--|
| Дубл. |  |     |    |       |                            |  |                             |             |   |    |                       |        |    |    |                |                |              |   |  |  |  |
| Взам. |  |     |    |       |                            |  |                             |             |   |    |                       |        |    |    |                |                |              |   |  |  |  |
| Подл. |  |     |    |       |                            |  |                             |             |   |    |                       |        |    |    |                |                |              |   |  |  |  |
|       |  |     |    |       |                            |  |                             |             |   |    |                       |        |    |    |                |                | 30           | 3 |  |  |  |
|       |  |     |    |       |                            |  |                             |             |   |    |                       |        |    |    |                |                | Номер детали |   |  |  |  |
| А     | Цех  | Уч. | РМ | Опер. | Код, наименование операции |  |                             |             |   |    | Обозначение документа |        |    |    |                |                |              |   |  |  |  |
| Б     | Код, наименование оборудования               |     |    |       |                            |  | СМ                          | Проф.       | Р | УТ | КР                    | Кон.д. | ЕН | ОП | К шт.          | Т п.з.         | Т шт.        |   |  |  |  |
| К/М   | Наименование детали, св. единицы и материала |     |    |       |                            |  | Обозначение кода            |             |   |    |                       |        | ОП | ЕВ | ЕН             | КН             | Н расх.      |   |  |  |  |
| Р 0 1 |  |     |    |       |                            |  | Расч. 1 Высота              |             |   |    |                       |        |    |    |                |                |              |   |  |  |  |
|       |  |     |    |       |                            |  | ширина                      | расч. длина |   | t  | l                     | s      | p  | V  | T <sub>z</sub> | T <sub>ш</sub> |              |   |  |  |  |
| А 0 2 | 010  |     |    |       |                            |  |                             |             |   |    |                       |        |    |    |                |                |              |   |  |  |  |
| Т 0 3 | СИ   |     |    |       |                            |  | ГОСТ 166-89                 |             |   |    |                       |        |    |    |                |                |              |   |  |  |  |
| 0 4   |  |     |    |       |                            |  | Калибр-пробки ГОСТ 14810-69 |             |   |    |                       |        |    |    |                |                |              |   |  |  |  |
| 0 5   |  |     |    |       |                            |  |                             |             |   |    |                       |        |    |    |                |                |              |   |  |  |  |
| 0 6   |  |     |    |       |                            |  |                             |             |   |    |                       |        |    |    |                |                |              |   |  |  |  |
| 0 7   |  |     |    |       |                            |  | Шаблон СТПАШ 655-76         |             |   |    |                       |        |    |    |                |                |              |   |  |  |  |
| 0 8   |  |     |    |       |                            |  | Глубиномер СТПАШ 1323-75    |             |   |    |                       |        |    |    |                |                |              |   |  |  |  |
| 0 9   |  |     |    |       |                            |  |                             |             |   |    |                       |        |    |    |                |                |              |   |  |  |  |
| 1 0   |  |     |    |       |                            |  | Пробки ОСТ 3-2645-75        |             |   |    |                       |        |    |    |                |                |              |   |  |  |  |
| 1 1   |  |     |    |       |                            |  |                             |             |   |    |                       |        |    |    |                |                |              |   |  |  |  |
| 1 2   |  |     |    |       |                            |  | Пробки ГОСТ 17758-72        |             |   |    |                       |        |    |    |                |                |              |   |  |  |  |
| 1 3   |  |     |    |       |                            |  |                             |             |   |    |                       |        |    |    |                |                |              |   |  |  |  |
| 1 4   |  |     |    |       |                            |  |                             |             |   |    |                       |        |    |    |                |                |              |   |  |  |  |
| 1 5   |  |     |    |       |                            |  |                             |             |   |    |                       |        |    |    |                |                |              |   |  |  |  |
| 1 6   |  |     |    |       |                            |  |                             |             |   |    |                       |        |    |    |                |                |              |   |  |  |  |
| 1 7   |  |     |    |       |                            |  |                             |             |   |    |                       |        |    |    |                |                |              |   |  |  |  |
| МК    |  |     |    |       |                            |  |                             |             |   |    |                       |        |    |    |                |                |              |   |  |  |  |

## 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. Т.1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. Т.2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1986. – 496 с.
5. Станочные приспособления: Справочник. В 2 т. Т.1 / Под ред. Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова. – М.: Машиностроение, 1984. – 5692 с.
6. Станочные приспособления: Справочник. В 2 т. Т.2 / Под ред. Б.Н. Вардашкина, В.В. Даниленко. – М.: Машиностроение, 1984. – 656 с.
7. Горохов В.А. Проектирование и расчет приспособлений. – Мн.: Выш. школа, 1986. – 283 с.
8. Горохов В.А. Проектирование технической оснастки. – Мн.: Бервита, 1997. – 343 с.
9. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1979. – 303 с.
10. Микитянский В.В. Точность приспособлений в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1984. – 128 с.
11. Детали машин в примерах и задачах / Под общей ред. С.М. Башеева. – Мн.: Выш. школа, 1970. – 488 с.
12. Бигер И.А, Шорр Б.Ф., Иосилевич Г.Б. Расчет на прочность деталей машин: Справочник. – М.: Машиностроение, 1979. – 702 с.
13. Справочник инструментальщика / И.А. Ординарцев, Г.В. Филиппов, А.Н. Шевченко и др.; Под общей ред. И.А. Ординарцев, Г.В. Филиппов, А.Н. Шевченко и др.; Под общей ред. И.А. Ординарцева. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1987. – 846 с.
14. Андерс А.А., Потапов Н.М., Шулешкин А.В. Проектирование заводов и механосборочных цехов в автотракторной промышленности. – М.: Машиностроение, 1982. – 271 с.
15. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроителя. – Мн.: Выш. школа, 1983. – 256 с.
16. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках: В 2 ч. Ч. 1. Станки токарные, карусельные, токарно-револьверные, автоматически-расточные, сверлильные, строгальные, долбежные, фрезерные. – М.: Машиностроение, 1974. – 415 с.
17. ГОСТ 2.102-68. Виды и комплектность конструкторских документов.



- 18.ГОСТ 2.104-68. Основные надписи.
- 19.ГОСТ 2.108-68. Спецификация.
- 20.ГОСТ 2.109-73. Основные требования к чертежам.
- 21.ГОСТ 2111-68. Нормоконтроль.
- 22.ГОСТ 2.114-70. Технические условия. Правила построения, изложения и оформления.
- 23.ГОСТ 2.119-73. Эскизный проект.
- 24.ГОСТ 2.312-72. Условные изображения и обозначения швов сварных соединений.
- 25.ГОСТ 2.305-68. Изображение, виды, резцы, сечения.
- 26.РД 50-635-87. Методические указания. Цепи размерные.

# КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ

## Примерный перечень контрольных вопросов

1. Общая характеристика материалов, применяемых в приборостроении.
2. Свойства материалов.
3. Структура технологического процесса
4. Свойства технологических процессов
5. Технологическая подготовка производства.
6. Общие понятия технологичности
7. Виды технологичности
8. Стадии технологичности
9. Общие требования к технологичности конструкции деталей
10. Общие требования механической обработки к технологичности конструкции деталей.
11. Технологические требования к элементарным поверхностям деталей приборов
12. Технологические особенности конструирования деталей из пластмасс и металлокерамики.
13. Особенности процесса механической штамповки и конструкции штампов.
14. Высокоэнергетические методы штамповки.
15. Прессование и конструкция пресс-форм.
16. Методы обработки резанием.
17. Движения рабочих органов станка и элементы режима резания.
18. Классы и конструктивные элементы инструментов.
19. Инструментальные материалы.
20. Общие понятия о процессе резания.
21. Процесс образования стружки и ее типы.
22. Образование нароста при резании.
23. Вибрация при резании материалов.
24. Классификация резцов общего назначения.
25. Общие сведения о токарных станках.
26. Обработка эксцентриковых деталей.
27. Общие сведения о процессе фрезерования.
28. Устройства для крепления осевых инструментов.
29. Типы, геометрические параметры и конструктивные элементы сверл.
30. Конструкции разверток.

31. Особенности инструментов для станков с ЧПУ и автоматических линий.
32. Обработка протягиванием и прошиванием.
33. Особенности обработки строганием и долблением.
34. Способы получения резьб и применяемые инструменты.
35. Абразивная обработка.
36. Физические основы резания пластмасс.
37. Обработка пластмасс резанием лезвийными инструментами.
38. Электроэрозионная обработка.
39. Ультразвуковая обработка.
40. Электрохимическая обработка (ЭХО).
41. Изготовление корпусных деталей.
42. Контроль корпусных деталей.
43. Изготовление оправ, колец и тубусов.
44. Обработка окулярной резьбы.
45. Особенности обработки корпусов-труб.
46. Контроль оправ и тубусов.
47. Изготовление зубчатых колес и реек

### **Список вопросов к экзамену**

1. Общая характеристика материалов, применяемых в приборостроении.
2. Свойства материалов.
3. Структура технологического процесса.
4. Свойства технологических процессов.
5. Технологическая подготовка производства.
6. Общие понятия технологичности.
7. Виды технологичности.
8. Стадии технологичности.
9. Общие требования к технологичности конструкции деталей.
10. Общие требования механической обработки к технологичности конструкции деталей.
11. Технологические требования к поверхностям. Общие положения.
12. Технологические требования к отверстиям.
13. Технологические требования к резьбе.
14. Технологические требования к плоскостям.
15. Общие требования термической обработки к технологичности конструкции.
16. Технологические особенности конструирования деталей из пластмасс и металлокерамики.

17. Особенности процесса механической штамповки и конструкции штампов.
18. Высокоэнергетические методы штамповки.
19. Прессование и конструкция пресс-форм.
20. Методы обработки резанием.
21. Движения рабочих органов станка и элементы режима резания.
22. Классы и конструктивные элементы инструментов.
23. Инструментальные материалы.
24. Общие понятия о процессе резания.
25. Процесс образования стружки и ее типы.
26. Образование нароста при резании.
27. Вибрация при резании материалов.
28. Классификация резцов общего назначения.
29. Общие сведения о токарных станках.
30. Обработка эксцентриковых деталей.
31. Общие сведения о процессе фрезерования.
32. Устройства для крепления осевых инструментов.
33. Типы, геометрические параметры и конструктивные элементы сверл.
34. Конструкции разверток.
35. Особенности инструментов для станков с ЧПУ и автоматических линий.
36. Обработка протягиванием и прошиванием.
37. Особенности обработки строганием и долблением.
38. Способы получения резьб и применяемые инструменты.
39. Абразивная обработка.
40. Физические основы резания пластмасс.
41. Разрезка и точение пластмасс.
42. Обработка пластмасс фрезерованием.
43. Сверление отверстий и нарезание резьбы в пластмассовых деталях.
44. Электроэрозионная обработка.
45. Ультразвуковая обработка.
46. Электрохимическая обработка (ЭХО).
47. Конструктивно-технологическая характеристика корпусных деталей.
48. Изготовление заготовок корпусных деталей.
49. Механическая обработка корпусных деталей.
50. Стабилизирующая термическая обработка корпусных деталей.
51. Контроль корпусных деталей механическими методами.
52. Контроль корпусных деталей оптическими методами.
53. Конструктивно-технологическая характеристика оправ, колец и тубусов.
54. ТТП изготовления оправ, колец и тубусов.

55. Проектирование операций обработки оправ на токарно-револьверных станках.
56. Окончательная токарная обработка оправ и тубусов.
57. Обработка окулярной резьбы.
58. Особенности обработки корпусов-труб.
59. Контроль оправ и тубусов.
60. Методы нарезания зубьев зубчатых колес.
61. Получение зубчатых колес литьем, холодной штамповкой и накатыванием.
62. Чистовая обработка цилиндрических зубчатых колес и термообработка.
63. Зубчатые колеса из пластмасс.
64. Изготовление зубчатых реек.

### **Средства диагностики**

Оценка уровня знаний студента производится по десятибалльной шкале.

Для оценки достижений студента рекомендуется использовать следующий диагностический инструментарий:

- устный 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 управляемой самостоятельной работы индивидуальных заданий;
- защита курсового проекта;
- сдача экзамена.

### **Критерии оценки результатов учебной деятельности**

| <b>Баллы</b>        | <b>Критерии оценки</b>   |
|---------------------|--|
| <b>1<br/>(один)</b> | Отсутствие приращения знаний и компетентности в рамках дисциплины; отказ от ответа   |
| <b>2<br/>(два)</b>  | Фрагментарные знания в рамках дисциплины; знания отдельных литературных источников, рекомендованных учебной программой дисциплины; неумение использовать научную терминологию дисциплины, наличие в ответе грубых ошибок; пассивность на практических занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий |
| <b>3<br/>(три)</b>  | Недостаточно полный объем знаний в рамках дисциплины; знание части основной литературы, рекомендованной учебной программой дис-  |

|                       |   |
|-----------------------|---|
|                       | циплины; использование научной терминологии, изложение ответа на вопросы с существенными ошибками; слабое владение инструментарием учебной дисциплины, неумение ориентироваться в основных теориях, методах и направлениях дисциплины; пассивность на практических занятиях; низкий уровень культуры исполнения заданий   |
| <b>4<br/>(четыре)</b> | Достаточный объем знаний в рамках дисциплины; усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; использование научной терминологии, логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок; владение инструментарием учебной дисциплины, умение под руководством преподавателя решать стандартные ( типовые) задачи; умение ориентироваться в основных теориях, методах и направлениях дисциплины и давать им оценку; работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий   |
| <b>5<br/>(пять)</b>   | Достаточные знания в объеме учебной программы; использование научной терминологии, грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных задач; способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы; усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в теориях, методах и направлениях дисциплины и давать им сравнительную оценку; самостоятельная работа на практических занятиях, фрагментарное участие в групповых обсуждениях, достаточный уровень культуры исполнения заданий   |
| <b>6<br/>(шесть)</b>  | Достаточно полные и систематизированные знания в объеме учебной программы; использование необходимой научной терминологии, грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обобщения и обоснованные выводы; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных задач; способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы; усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в теориях, методах и направлениях дисциплины и давать им сравнительную оценку; самостоятельная работа на практических занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, достаточно высокий уровень культуры исполнения заданий |
| <b>7<br/>(семь)</b>   | Систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы; использование научной терминологии, грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение де-   |

|                        |   |
|------------------------|---|
|                        | <p>лать обоснованные выводы и обобщения; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных задач; свободное владение типовыми решениями в рамках учебной программы; усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в основных теориях, методах и направлениях дисциплины и давать им аналитическую оценку; активная самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий</p>   |
| <b>8<br/>(восемь)</b>  | <p>Систематизированные, глубокие и полные знания по всем поставленным вопросам в объеме учебной программы; использование научной терминологии, грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы и обобщения; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных задач; способность самостоятельно решать сложные проблемы в рамках учебной программы; усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в теориях, методах и направлениях дисциплины и давать им аналитическую оценку; активная самостоятельная работа на практических занятиях, систематическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий</p>    |
| <b>9<br/>(девять)</b>  | <p>Систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы; точное использование научной терминологии, грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы; владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных задач; способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации в рамках учебной программы; полное усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины; умение ориентироваться в теориях, методах и направлениях дисциплины и давать им аналитическую оценку; систематическая активная самостоятельная работа на практических занятиях, творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий</p> |
| <b>10<br/>(десять)</b> | <p>Систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы, а также по основным вопросам, выходящим за ее пределы; точное использование научной терминологии, грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы; безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных задач; выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в</p>   |

|  |  |
|--|--|
|  | нестандартной ситуации; полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы по учебной дисциплине; умение свободно ориентироваться в теориях, методах и направлениях дисциплины и давать им аналитическую оценку, использовать научные достижения других дисциплин; самостоятельная творческая работа на практических занятиях, активное творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий |
|--|--|

## ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

### ВЫДЕРЖКИ ИЗ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Согласно типовым учебным планам на изучение дисциплины «Технология оптического приборостроения» отведено максимально 215 ч., в том числе 114 ч. аудиторных занятий, из них лекции – 50 ч., практические занятия – 16 ч., лабораторные работы – 32ч., курсовое проектирование – 16 ч.

#### Примерный тематический план

| Наименование раздела и темы  | Лекции (часы) | Лабораторные занятия (часы) |  |
|--|---------------|-----------------------------|--|
| <b>Раздел I. Общие сведения о методах обработки деталей из металла и пластмасс</b> |               |                             |  |
| Тема 1. Особенности процессов производства деталей приборов                        | 4             |                             |  |
| Тема 2. Процесс резания и классификация режущих инструментов                       | 4             | 2                           |  |
| Тема 3. Основные сведения о станках  | 3             |                             |  |
| Тема 4. Основы процесса резания металлов   | 4             | 2                           |  |
| Тема 5. Точение  | 4             |                             |  |
| Тема 6. Строгание, долбление, опилование   | 2             | 2                           |  |
| Тема 7. Сверление и развертывание  | 4             |                             |  |
| Тема 8. Протягивание, прошивание и фрезерование                                    | 2             | 2                           |  |
| Тема 9. Резьбообразование и абразивная обработка                                   | 2             | 4                           |  |
| Тема 10. Обработка резанием пластмасс  | 3             | 8                           |  |
| Тема 11. Электрофизическая и электрохимическая размерная обработка материалов      | 2             | 2                           |  |
| <b>Раздел II. Обработка типовых механических деталей оптических приборов</b>       |               |                             |  |



|  |    |    |  |
|--|----|----|--|
| Тема 12. Изготовление корпусных деталей      | 5  | 4  |  |
| Тема 13. Изготовление оправ, колец и тубусов | 8  | 4  |  |
| Тема 14. Изготовление зубчатых колес и реек  | 3  | 2  |  |
| ИТОГО  | 50 | 32 |  |
| Практические занятия                         |    |    |  |
| Курсовое проектирование                      |    |    |  |
| ВСЕГО  |    |    |  |

## СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### *Раздел I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТОДАХ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ МЕТАЛЛА И ПЛАСТМАСС*

#### **Тема 1. Особенности процессов производства деталей приборов**

Общая характеристика материалов, применяемых в приборостроении. Особенности процесса штамповки и конструкции штампов. Прессование и конструкции пресс-форм.

#### **Тема 2. Процесс резания и классификация режущих инструментов**

Методы обработки резанием. Движения рабочих органов станка и элементы режима резания. Конструктивные элементы инструментов. Классификация инструментов. Инструментальные материалы.

#### **Тема 3. Основные сведения о станках**

Классификация металлорежущих станков. Типы приводов и передач станков. Кинематические схемы и цепи.

#### **Тема 4. Основы процесса резания металлов**

Общие понятия о процессе резания. Процесс образования стружки и ее типы. Образование нароста при резании. Вибрация при резании материалов.

#### **Тема 5. Точение**

Разновидности обработки и режимы резания при точении. Классификация резцов общего назначения. Общие сведения о токарных станках. Обработка эксцентриковых деталей.

#### **Тема 6. Строгание, долбление, опилование**

Особенности обработки строганием и долблением. Опиливание. Слесарные инструменты.

#### **Тема 7. Сверление и развертывание**

Устройства для крепления осевых инструментов. Типы, геометрические параметры и конструктивные элементы сверл. Конструкции разверток. особенности инструментов для станков с ЧПУ и автоматических линий.

### **Тема 8. Протягивание, прошивание и фрезерование**

Обработка внутренних и наружных поверхностей протягиванием и прошиванием. Виды и особенности процесса фрезерования.

### **Тема 9. Резьбообразование и абразивная обработка**

Способы получения резьб и применяемые инструменты. Абразивная обработка.

### **Тема 10. Обработка резанием пластмасс**

Физические основы резания пластмасс. Обработка пластмасс резанием лезвийными инструментами. Разрезка и точение пластмасс. Обработка пластмасс фрезерованием. Сверление отверстий и нарезание резьбы в пластмассовых деталях.

### **Тема 11. Электрофизическая и электрохимическая размерная обработка материалов**

Электроэрозионная обработка. Ультразвуковая обработка. Электрохимическая обработка.

## ***Раздел II. ОБРАБОТКА ТИПОВЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ ОПТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ***

### **Тема 12. Изготовление корпусных деталей**

Конструктивно-технологическая характеристика. Изготовление заготовок корпусных деталей. Механическая обработка корпусных деталей. Стабилизирующая термическая обработка корпусных деталей. Контроль корпусных деталей. Контроль механическими методами. Контроль оптическими методами.

### **Тема 13. Изготовление оправ, колец и тубусов**

Конструктивно-технологическая характеристика деталей. Типовой технологический процесс изготовления оправ, колец и тубусов. Проектирование операций обработки оправ на токарно-револьверных станках. Окончательная токарная обработка оправ и тубусов. Обработка вспомогательных поверхностей. Обработка окулярной резьбы. Особенности обработки корпусов-труб. Контроль оправ и тубусов.

### **Тема 14. Изготовление зубчатых колес и реек**

Методы нарезания зубьев зубчатых колес. Получение зубчатых колес литьем, холодной штамповкой и накатыванием. Чистовая обработка цилиндрических зубчатых колес и термообработка. Зубчатые колеса из пластмасс. Изготовление зубчатых реек.

## **ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

### **Примерный перечень тем практических занятий**

1. Выбор баз и обоснование схемы базирования детали.
2. Расчет размерных цепей.
3. Расчет точности замыкающего звена.
4. Определение направления и места приложения силы зажима детали при ее механической обработке.
5. Расчет винтовых зажимных механизмов.
6. Расчет деталей на изгиб и на кручение.
7. Проектирование технологического процесса механической обработки.
8. Расчет режимов резания.

### **Примерный перечень тем лабораторных занятий**

1. Расчет центрального, разводящих и вентиляционных каналов форм для литья под давлением.
2. Расчет впускных каналов форм для литья под давлением.
3. Расчет исполнительных размеров гладкой формообразующей детали.
4. Расчет исполнительных размеров резьбоформирующих деталей.
5. Расчет термостатирующих каналов формы для прессования.
6. Расчет размеров загрузочной камеры формы для прессования.
7. Тепловой расчет индукционного нагревателя пресс-формы.
8. Расчет индуктора индукционного нагревателя пресс-формы.

### **Примерное содержание курсового проекта**

Курсовой проект посвящен созданию приспособления для фрезерования поверхностей оптических деталей и разработке технологии его изготовления.

В курсовом проекте предусматривается разработка схемы приспособления, которая включает выбор типа станка, назначение необходимого инструмента, выбор базовой поверхности заготовки и определение основных элементов приспособления, удерживающих заготовку в нужном положении. Проводится также расчет приспособления на точность, в результате которого назначается класс точности деталей, входящих в размерную цепь. Кроме того, рассчитываются основная и дополнительная силы зажима, что позволяет спроектировать зажимные устрой-

ства, и выполняется расчет на прочность резьбовых и сварных соединений, в результате которого назначаются вид крепления нагруженных деталей приспособления и элементы крепления.

В заключении рассчитываются режимы резания при получении деталей приспособления и общее время обработки заданной партии деталей. По результатам расчета разрабатывается технологический процесс изготовления деталей на механически обрабатывающем оборудовании.

### Основная литература

1. Маталин, А.А. Технология машиностроения: Учебник для машиностроительных вузов по спец. «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты». – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985. – 496 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя: В 3 т. Т.1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
3. Колесов И.М. Основы технологии машиностроения. Учеб. для машиностроительной спец. вузов – 3-е изд. – М.: Высшая школа. 1999. – 591 с.
4. Технология машиностроения: в 2-х т. Учебник для вузов / Под ред. А.М. Дальского. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. – 564 с. (Т.1), 640 с. (Т.2).
5. Режимы резания металлов: Справочник / Ю.В. Барановский, Л.А. Брахман, А.И. Гдалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.
6. Общемашинностроительные нормативы режимов резания: Справочник: в 2-х т.: М.: Машиностроение, 1991. – Т.1. 640 с.; Т.2. 304 с.
7. Маталин А.А. Технология машиностроения. Учебник – Л.: Машиностроение, 1985. – 512 с.
8. Мосталыгин Г.П., Толмашевский Н.Н. Технология машиностроения. Учебник – М.: Машиностроение, 1990. – 227 с.
9. И.П. Филонов, И.В. Баршай. Инновации в технологии машиностроения. Мн.: Высшая школа. 2009. – с. 110.
10. Минченя, В.Т. Основы автоматизации. Лабораторный практикум: в 2 ч. / В.Т. Минченя, А.Л. Савченко. – Минск: БНТУ, 2002. – Ч. 1. – 113 с.

### Дополнительная литература

1. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие для машиностроительных спец. вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – Мн.: Высш. школа, 1983. – 256 с.
2. Есьман Г.А. Расчет и проектирование приспособлений: Метод. указания к выполнению курсового проекта для студ. спец. 0531 – «Приборы точной механики». – Мн.: БПИ, 1989. – 23 с.

3. Идельсон М.И., Бойцова И.А., Иванова М.В. Технология оптико-механического приборостроения: Учебник для приборостроительных техникумов. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1981. – 278 с.
4. Маталин А.А. Технология: Учебник для машиностроительных вузов по спец. «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты». – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985. – 496 с.

**Компьютерные программы,  
электронные учебно-методические пособия**

1. Козерук А.С., Луговик А.Ю. Технология оптического приборостроения: Лабораторные работы (практикум) для студ. спец. I-38 01 02 – «Оптико-электронные и лазерные приборы и системы». – Мн.: БНТУ, 2004. – 82 с.
2. Козерук А.С., Луговик А.Ю. Технология оптического приборостроения: Учебно-методическое пособие к выполнению курсового проекта для студ. спец. Т 06 01 00 – «Приборостроение». – Мн.: БНТУ, 2005. – 120 с.