

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Основы машиностроительного производства
и профессиональное обучение»

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ

Лабораторные работы
по курсу «Технология машиностроения»
для студентов специальности 1-08 01 01
«Профессиональное обучение»

М и н с к 2 0 0 4

УДК 621.7 / 9.102

В издание включены три лабораторные работы по курсу «Технология машиностроения» для студентов инженерно-педагогических специальностей вузов, касающиеся вопросов исследования точности размеров и качественных показателей поверхностей, полученных при различных методах обработки. Приведены описание лабораторных работ, краткие теоретические сведения, даны методические указания к выполнению работ, порядок их выполнения, контрольные вопросы, литература, которой необходимо пользоваться.

Целью проведения лабораторных работ является закрепление теоретического материала и приобретение практических навыков по данному курсу.

Составители:

В.В. Бабук, В.А.Федорцев

Рецензенты:

О.Г. Девойно, А.И.Медведев

ISBN 985-479-146-7

© Бабук В.В., Федорцев В.А.,
составление, 2004.

Лабораторная работа № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ОБРАБОТКИ, ВЫЗЫВАЕМЫХ РАЗМЕРНЫМ ИЗНОСОМ ИНСТРУМЕНТА

Цель работы

1. Изучение влияния размерного износа резца на точность обработки заготовки.
2. Определение погрешностей обработки, вызываемых размерным износом резца.

Оснащение лабораторной работы

1. Станок токарно-винторезный 16К20.
2. Резец токарный проходной.
3. Микрометр МК 50-2 (ГОСТ 6507-78).
4. Приспособление для измерения размерного износа резца.

1.1. Общие положения

В процессе обработки вследствие действия ряда факторов (сил резания, трения, температуры и т.п.) происходит износ инструмента. Износ режущего инструмента при работе на настроенных станках по методу автоматического получения размеров приводит к изменению размера поверхности (возникновению переменной систематической погрешности обработки). При исследовании точности обработки наибольший интерес представляет износ лезвия инструмента в направлении нормали к обрабатываемой поверхности, который получил название *размерного износа* (U_p , мкм).

При чистовой обработке заготовок износ резцов происходит, в основном, по их задней поверхности. По мере нарастания износа точка контакта лезвия инструмента с обработанной

поверхностью постоянно отдаляется от центра вращения заготовки на величину размерного износа и приводит к увеличению диаметра обточки (или уменьшению диаметра расточки). При этом возникают и погрешности формы детали, - например, конусность.

Для упрощения расчетов точности механической обработки в технологии машиностроения размерный износ определяется в зависимости от пути, пройденного лезвием инструмента в металле.

Размерный износ инструмента в процессе резания протекает неравномерно. График, характеризующий протекание износа во времени, обычно включает три участка (рис. 1.1).

Первый участок соответствует времени приработки лезвия и характеризуется повышенным размерным износом (период начального износа $U_{нач}$). Его продолжительность $L_{нач}$ зависит от материалов режущего инструмента и заготовки, шероховатости поверхности инструмента, соприкасающейся с поверхностью заготовки, режимов резания. Продолжительность начального износа обычно находится в пределах 500...2000 м.

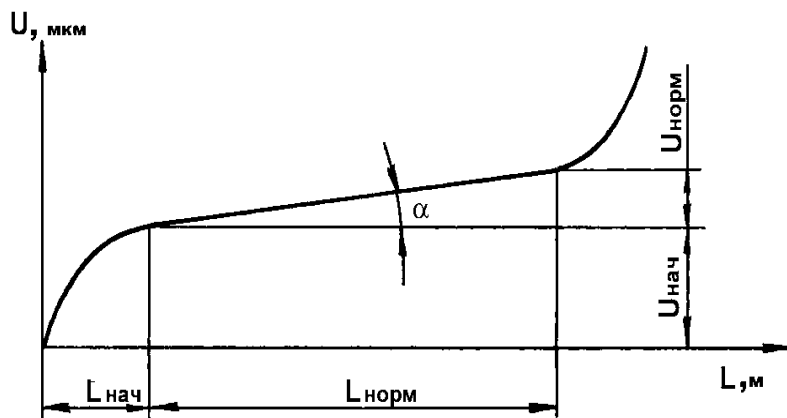


Рис. 1.1. Зависимость размерного износа от пути резания

На *втором участке* наступает наиболее продолжительный период нормального износа $U_{\text{норм}}$, характеризующийся линейной зависимостью размерного износа от длины пути резания $L_{\text{норм}}$. Наклон прямой на этом участке определяет интенсивность износа.

Третий участок соответствует быстрому износу, который через непродолжительное время приводит к быстрому разрушению режущего лезвия инструмента.

Зависимость размерного износа режущего инструмента от пути резания, приведенная на рис. 1.1, является наиболее типичной. Однако форма и наклон кривых размерного износа могут значительно изменяться в зависимости от обрабатываемого материала, материала режущего инструмента, режима резания, геометрии режущего инструмента, смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ).

Размерный износ представляет практический интерес только при анализе точности детали в условиях чистовой обработки, поэтому в настоящей работе будут определяться погрешности обработки, вызванные размерным износом резца в диапазоне режимов чистового точения.

Характеристикой интенсивности размерного износа является *относительный (удельный) износ* (U_0 , мкм/км), т.е. размерный износ, отнесенный к 1000 м пути резания. Расчет износа режущего инструмента, влияющего на точность обработки, применительно к условиям нормального износа, протекающего в зоне II, обычно производится по формуле

$$U_p = \frac{U_0 L_{\text{рез}}}{1000}. \quad (1.1)$$

При определении износа нового или вновь заточенного инструмента расчет по указанной формуле дает заниженный результат, поскольку не учитывается начальный износ $U_{\text{нач}}$ в период приработки инструмента.

Путь резания при точении ($L_{рез}$, км) можно рассчитать, если известны скорость резания v и основное (машинное) время обработки T_0 :

$$L_{рез} = \frac{v \cdot T_0}{1000}. \quad (1.2)$$

Экспериментально размерный износ можно определить, если последовательно следить за изменением расстояния от вершины резца до выбранной измерительной базы (поверхности или точки) на самом инструменте (или на оправке резца), т.е. используя прямой метод измерения. Такие измерения можно производить либо с помощью инструментальных микроскопов, либо с применением специальных измерительных приспособлений.

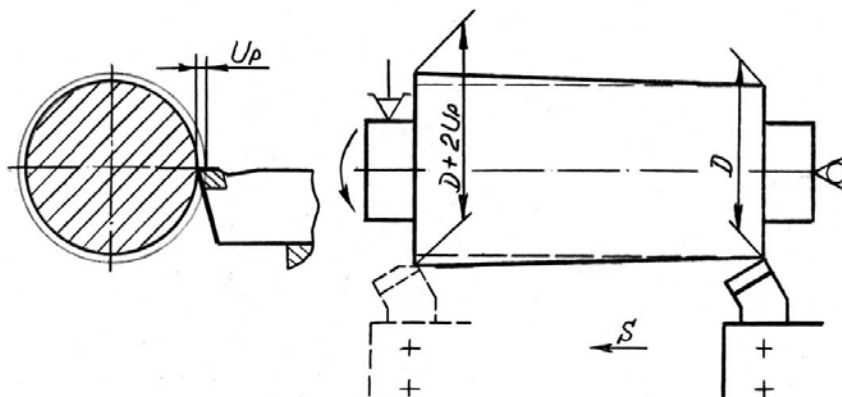


Рис. 1.2. Размерный износ инструмента и его влияние на погрешность обработки

Определяя точность положения вершины резца до измерительной базы, можно оценить ожидаемую погрешность обработки поверхности заготовки, вызванную размерным износом инструмента (рис.1.2):

$$\Delta D = (D_0 + 2 U_p) - D_0 = 2 U_p. \quad (1.3)$$

1.2. Методические указания к выполнению работы

В данной лабораторной работе для прямого измерения износа токарных резцов используется специальное приспособление, оснащенное индикатором часового типа с ценой деления 0,001 мм (рис.1.3).

Резец устанавливают в приспособление так, чтобы базовые плоскости тела резца (предварительно шлифованные) плотно прилегали к установочным поверхностям приспособления. Измерительная поверхность плоского наконечника индикатора должна касаться вершины резца. При этом должен быть обеспечен некоторый натяг ножки индикатора.

Для проведения эксперимента используется стальная предварительно обработанная жесткая длинномерная заготовка. Заготовку закрепляют в патроне токарного станка и поджимают задним центром.

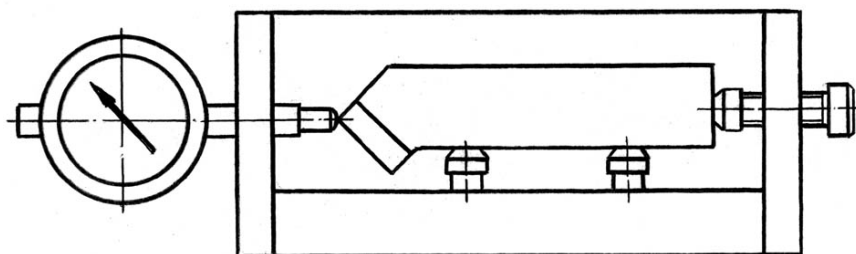


Рис. 1.3. Схема измерения размерного износа инструмента

Резец необходимо установить и закрепить в резцедержателе токарного станка так, чтобы его продольная плоскость была строго перпендикулярна оси станка. Станок настраивают на чистовые режимы точения в зависимости от материала режущей части инструмента. Рекомендуемые режимы обработки: $t = 0,5 \dots 1,0$ мм; $s_0 = 0,05 \dots 0,2$ мм/об; $v = 35 \dots 50$ м/мин (для инструмента из быстрорежущей стали); $v = 80 \dots 100$ м/мин (для

инструмента из твердого сплава). Допуск на обработку наружной поверхности заготовки следует брать по качеству 12h (СТ СЭВ 144-75).

Через первый установленный интервал времени следует отвести резец от заготовки и выключить станок. Резец снимают со станка, охлаждают, устанавливают в приспособление и измеряют величину размерного износа как разность показаний индикатора. Затем обработку и измерение износа инструмента повторяют для последующих интервалов времени. Результаты измерений заносят в табл. 1.1. По результатам измерений строится график зависимости размерного износа U_p от пути резания $L_{рез}$.

1.3.Порядок выполнения работы

1. Установить в патрон и задний центр токарного станка жесткую длинномерную заготовку и закрепить ее.

2. Установить резец в приспособление.

3. Установить ножку микрометрического индикатора так, чтобы его измерительная поверхность касалась вершины резца (натяг индикатора – 0,1 мм).

4. Установить индикатор на нуль и снять резец.

5. Установить и закрепить резец в резцедержателе токарного станка.

6. Настроить станок на заданные преподавателем чистовые режимы точения.

7. Через 1 мин после начала работы отвести резец от заготовки и выключить станок.

8. Снять резец со станка, охладить его, установить в приспособление и измерить величину размерного износа.

9. Повторить обработку и измерения U_p для всех заданных интервалов времени.

10. Подсчитать путь резания для всех интервалов времени.

11. Подсчитать ΔD для каждого интервала времени работы резца.

12. Определить предельный размерный износ и соответствующий ему интервал времени, через который необходимо заменить (переточить) резец.

13. Определить величину удельного размерного износа U_0 для каждого интервала времени.

14. Построить график зависимости размерного износа U_p от пути резания $L_{рез}$.

15. Составить отчет по лабораторной работе.

1.4. Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Содержание задания.
3. Режимы обработки.
4. Схема измерения размерного износа.
5. Результаты опытов (табл. 1.1).
6. График зависимости $U_p = f(L_{рез})$.
7. Выводы.

Таблица 1.1

Результаты опытов

Параметр	Время работы резца (от начала обработки), мин.									
	1	3	5	7	9	11	13	15	17	20
Путь резания (от начала обработки) $L_{рез}$, км										
Накопленный размерный износ U_p , мкм										
Накопленная погрешность обработки ΔD , мкм										
Удельный размерный износ U_0 , мкм/км										

Контрольные вопросы

1. Что называется размерным износом инструмента?
2. От каких параметров зависит величина размерного износа?
3. Что является характеристикой интенсивности размерного износа инструмента?
4. Как экспериментально определить размерный износ инструмента?

Л и т е р а т у р а

1. Маталин А.А. Технология машиностроения.–Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985. – 486 с.
2. Скраган В.А., Амосов И.С., Смирнов А.А. Лабораторные работы по технологии машиностроения: Учеб. пособие.–Л.: Машиностроение, 1974.

Лабораторная работа № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ, УПРОЧНЕННЫХ МЕТОДАМИ ППД

Цель работы

1. Практическое ознакомление с методом обработки заготовок обкатыванием.
2. Исследование влияния режимов обкатывания на точность размеров, качество обработанной поверхности, глубину распространения пластической деформации.

Оснащение лабораторной работы

1. Станок токарно-винторезный 16К20.
2. Специальный обкатник.

3. Микрометр МК 50-2 ГОСТ 6507-78.
4. Профилограф-профилометр мод. 201 (252).
5. Прибор для измерения твердости по методу Виккерса ТП-2.
6. Заготовка-валик.

2.1. Общие положения

Обработка заготовок **поверхностным пластическим деформированием (ППД)** путем обкатывания шариками и роликами относится к финишным (отделочным или размерно-чистовым) операциям изготовления деталей без снятия стружки. Она осуществляется при помощи свободно вращающихся шариков (с радиусом $r_{ш}$) или роликов (с радиусом r), которые под действием усилия P соприкасаются с обрабатываемой поверхностью и перемещаются по ней с подачей $S_{ш}$ или S (рис.2.1) [1].

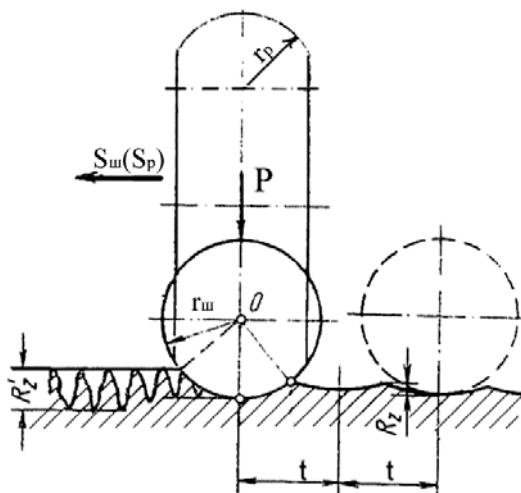


Рис. 2.1. Схема обработки поверхности методом ППД

При такой обработке поверхность сглаживается за счет смятия металла выступов на заготовке (с исходной шероховатостью R_z^1) и заполнения им впадин. В результате обкатывания проис-

ходит сглаживание неровностей микропрофиля поверхности заготовки до значения R_z . При этом одновременно создается наклепанный (повышенной твердости) поверхностный слой со сжимающими остаточными напряжениями, которые обеспечивают повышение эксплуатационных свойств поверхности детали (несущей способности, износостойкости, снижения концентрации напряжений). Все это в целом значительно увеличивает усталостную прочность и долговечность деталей, особенно в условиях работы изделия со знакопеременными нагрузками. Таким образом, обкатывание относится также и к упрочняющим методам обработки.

Обработку поверхностей заготовок обкатыванием производят, как правило, после их чистового точения. Наружное обкатывание поверхностей деталей типа тел вращения обычно производят на токарных станках. Такая обработка может заменить операции чистового точения, шлифования, полирования и доводки для незакаленных и трудношлифуемых материалов.

Деформирующие элементы (шарики, ролики) должны иметь высокую твердость и износостойкость, что лучше всего обеспечивают стандартные тела качения подшипников, изготовленные из стали ШХ-15 (62-65 HRC).

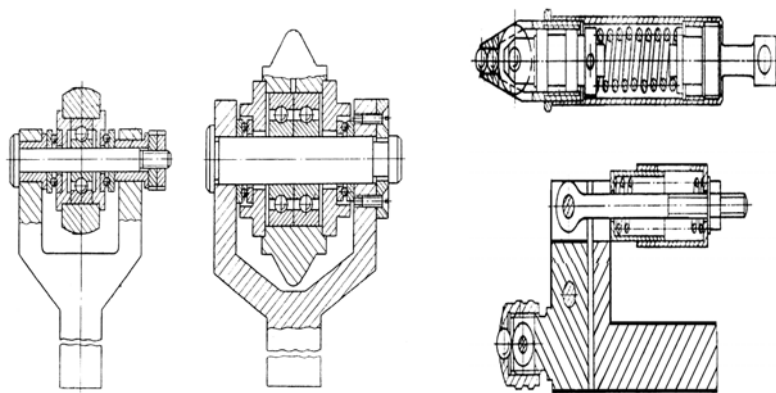


Рис. 2.2. Обкатные устройства с одним деформирующим элементом

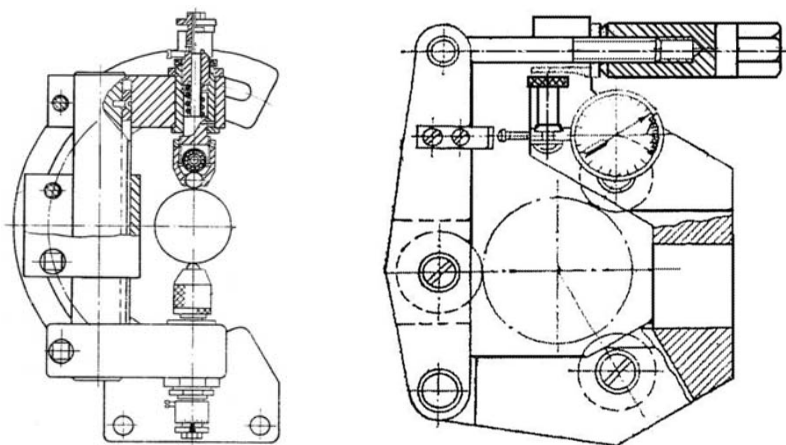


Рис. 2.3. Обкатные устройства с несколькими деформирующими элементами

Для процесса обкатывания характерны значительные контактные давления, поэтому обкатывание односторонне расположенным роликом или шариком (рис.2.2) применимо для деталей весьма жесткой конструкции.

В остальных случаях применяется многороликовое и многошариковое обкатывание, которое уравнивает действие сил при обработке (рис.2.3).

Точность размеров при обкатывании зависит от точности размеров заготовки, механических свойств обрабатываемого материала, усилия и длительности обкатывания, исходной шероховатости поверхности.

Шероховатость поверхности после обкатывания зависит от ее исходной шероховатости, давления деформирующего элемента обкатника и числа его рабочих ходов. Поскольку при обкатывании, кроме пластической, имеет место упругая деформация, обратный ход обкатника используется как рабочий ход. Одно возвратно-поступательное перемещение деформирующего элемента по обрабатываемой поверхности нужно рассматривать как два рабочих хода инструмента. При обкатывании практически достижима шероховатость поверхности $Ra = 1,25 \dots 0,16$ мкм (ГОСТ 2789-73) при исходной шероховатости этой поверхности $Ra = 5 \dots 2,5$ мкм.

Во время обкатывания одновременно с изменением микрогеометрии обрабатываемой поверхности под воздействием давления шарика или ролика происходят значительные структурные изменения в поверхностном слое материала заготовки, поэтому физико-механические свойства этого слоя отличаются от свойств основного металла.

Качество поверхности, обработанной обкатыванием, определяется совокупностью характеристик микрогеометрии поверхности и состоянием поверхностного слоя (твердостью и глубиной распространения пластической деформации h), от которых существенно зависят такие эксплуатационные свойства деталей машин, как прочность, износостойкость, антикоррозионная стойкость.

Оценку глубины распространения пластической деформации (толщины упрочненного слоя) [2] можно производить по формуле

$$h = \frac{1}{m} \sqrt{\frac{P_{\text{обк}}}{\sigma_T}}, \quad (2.1)$$

где $P_{\text{обк}}$ – усилие обкатывания, Н;

σ_T – предел текучести обрабатываемого материала, Н/мм²,
для стали 45 $\sigma_T=368$ Н/мм²;

$$m = 1 + 0,07 r,$$

где r – приведенный радиус кривизны контактирующих поверхностей, определяется по формуле

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{r_{\text{ш}}} + \frac{1}{r_3}, \quad (2.2)$$

где $r_{\text{ш}}$ – радиус деформирующего элемента (шарика);

r_3 – радиус обрабатываемой заготовки.

Степень упрочнения $\delta, \%$ [2] определяют по формуле

$$\delta = \frac{HV - HV_1}{HV_1} \cdot 100, \quad (2.3)$$

где HV – твердость поверхности детали после упрочнения;

HV_1 – исходная твердость обрабатываемой поверхности.

Твердость по Виккерсу (HV) определяют вдавливанием в испытываемую поверхность четырехгранной алмазной пирамиды.

Значение твердости [3] вычисляют по формуле

$$HV = \frac{1,8544 P}{d^2}, \quad (2.4)$$

где P – нагрузка на пирамиду (5, 10, 20, 30, 50, 100, 120 кг);

d – среднее арифметическое двух диагоналей отпечатка, мм.

Для измерения шероховатости используют профилограф-профилометр, который является высокочувствительным измерительным прибором для оценки шероховатости и волнистости поверхностей деталей из черных и цветных металлов и сплавов, а также неметаллических материалов, без повреждения их поверхности.

Определение шероховатости поверхности производится посредством:

1) оценки параметра шероховатости R_a по шкале стрелочного прибора в пределах $R_a = 5,0 \dots 0,08$ мкм;

2) записи профиля микронеровностей поверхности в увеличенном масштабе электротермическим способом на специальной бумаге в прямоугольных координатах (в пределах $R_a = 5,0 \dots 0,05$ мкм).

Профилограф-профилометр дает возможность производить измерения с различными величинами базовой длины профиля, т.е. с отсечкой неровностей с шагами больше установленных

базовых длин 0,08; 0,25; 0,8; 2,5мм при длине трассы профилометрования 1,6; 3,2, 6 мм [5].

Основным технологическим параметром обработки методом ППД, от которого зависит шероховатость поверхности, является усилие прижима обрабатывающего элемента к заготовке. Это усилие для каждого случая обработки имеет оптимальную величину, при которой получают минимальную шероховатость обрабатываемой поверхности. Применение усилия прижима меньше оптимального приводит к неполной деформации неровностей, остающихся после предшествующей обработки, в то время как усилие прижима больше оптимального вызывает шелушение поверхности, которое сопровождается увеличением шероховатости.

Для оценки эффективности поверхностного пластического деформирования можно пользоваться коэффициентом уменьшения шероховатости K_{Ra} [1]:

$$K_{Ra} = \frac{Ra_1}{Ra}, \quad (2.5)$$

где Ra_1 , Ra – высота неровностей поверхности детали соответственно перед и после ППД.

На шероховатость поверхности после ППД влияет также количество рабочих ходов инструмента при обработке. Для сталей со средним содержанием углерода (около 0,45%) применение количества рабочих ходов больше, чем $i = 4$, может привести к резкому повышению шероховатости поверхности вследствие ее шелушения.

2.2. Методические указания к выполнению работы

В данной лабораторной работе для обработки заготовок методом пластического деформирования используется специальный обкатник (рис.2.4). Он состоит из стального корпуса 1, поршня 2, штока 3, крышки 4 и манометра 5. На резьбовом конце штока установлены опорный шарикоподшипник 6 и колпачок 7, удерживающий деформирующий элемент - шарик 8. Внутренняя полость обкатника заполнена машинным маслом.

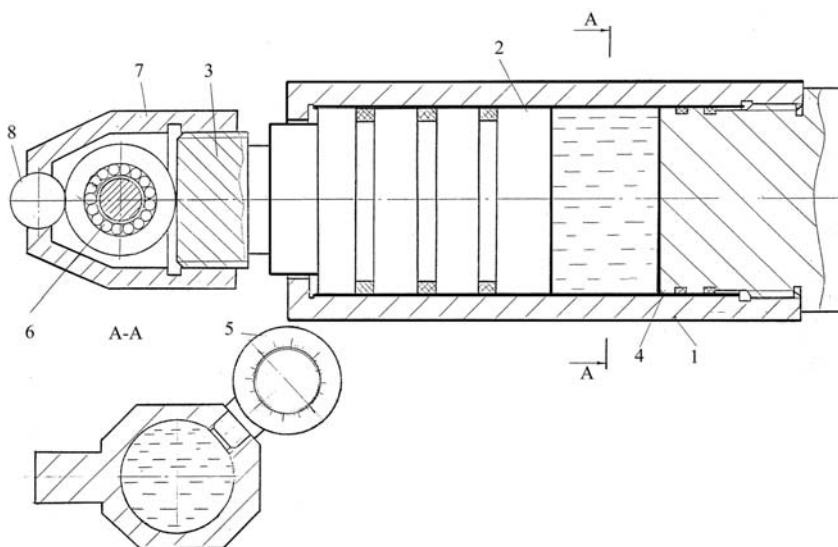


Рис.2.4. Общее устройство гидравлического обкатника

Обкатник устанавливают в резцедержатель токарного станка. При настройке на обработку его подводят к заготовке поперечным перемещением салазок станка до соприкосновения шарика с обрабатываемой поверхностью заготовки. Дальнейшим перемещением салазок создают необходимое усилие обкатывания за счет изменения гидростатического давления во внутренней полости обкатника. Величина усилия определяется показаниями манометра. Показание манометра, равное 1 кгс/см^2 , соответствует примерно 100 Н усилия обкатывания. Настройка усилия обкатывания осуществляется по специальному тарифовочному графику (рис.2.5).

Для исследования зависимостей точности размеров и качества поверхности от режимов обкатывания используется заготовка-валик, разделенная канавками на участки. Её устанавливают в центры токарного станка (рис.2.6). Обкатнику сообщают переменное давление при постоянных режимах обкатывания.

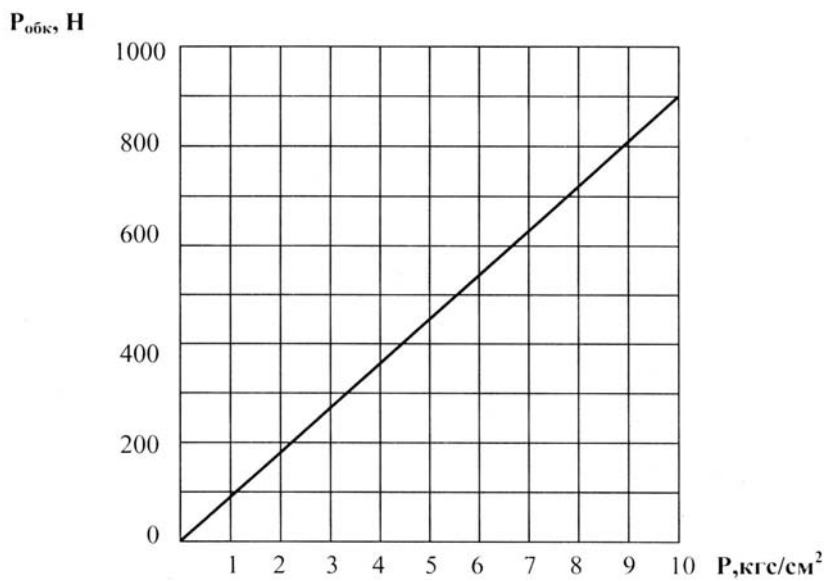


Рис. 2.5. Тарировочный график

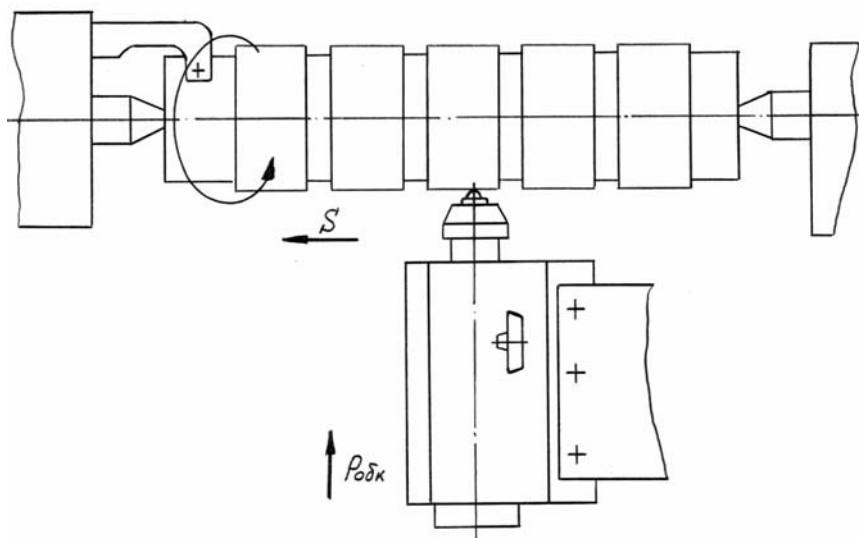


Рис. 2.6. Схема обкатывания заготовки-валика

Микрометром измеряют диаметры всех участков заготовки; параметр шероховатости Ra этих участков измеряют с использованием профилографа-профилометра (модель 201). Значения твердости HV рассчитывают по формуле (2.3). Необходимые данные для расчета определяют по методу Виккерса на приборе ТП-2 путем вдавливания с нагрузкой 5 кг в испытуемую поверхность алмазной пирамиды и измерения на металлографическом микроскопе прибора диагоналей отпечатка [4].

Полученные данные заносят в табл. 2.1, и по ним строят графики зависимостей погрешности размеров, параметров упрочнения и параметра шероховатости обработанных поверхностей от рабочего давления. Аналогично исследуют эти же зависимости от числа рабочих ходов обкатника.

Таблица 2.1

Режимы обкатывания и параметры качества обработанных поверхностей заготовки.

№ участка	Режимы обкатывания							Результаты обработки						
	D _ш , мм	S, мм/об	V _з , м/мин	n, мин ⁻¹	i	D _{об} , мм	P _{обк} ·H	Ra, мкм	K _{Ra}	d, мм	HV	δ, %	h, мм	
1	не обрабатывается													
2														
3														
4														
5														
1	не обрабатывается													
2														
3														
4														
5														

2.3. Порядок выполнения работы

1. Исследовать зависимость точности размеров и качества обработанной поверхности от усилия обкатывания:

1) установить в центрах токарного станка заготовку, разделенную на участки канавками;

2) установить в резцедержатель станка специальный шариковый обкатник;

3) установить постоянный режим обработки: $S = 0,1$ мм/об; $V = 60 \dots 100$ м/мин; число рабочих ходов обкатника $i = 2$;

4) используя тарировочный график, установить усилие обкатывания $P_{обк} = 200$ Н и обкатать второй участок заготовки (первый участок служит для определения исходных параметров обрабатываемой поверхности);

5) установить усилие обкатывания $P_{обк} = 400$ Н и обкатать следующий участок заготовки при том же количестве рабочих ходов;

6) обкатать остальные участки заготовки с усилиями обкатывания $P_{обк} = 600$ Н, 800 Н, 1000 Н;

7) снять заготовку со станка и измерить:

а) исходный диаметр заготовки;

б) диаметры обработанных участков;

в) шероховатость поверхностей всех участков заготовки (значение шероховатости каждого участка принимается по результатам трех измерений);

г) значения твердости поверхностей всех участков заготовки;

8) рассчитать степень упрочнения (δ) и толщину упрочненного слоя (h) для каждого обработанного участка заготовки;

9) Рассчитать коэффициент уменьшения шероховатости (K_{Ra}) для каждого обработанного участка заготовки.

Полученные данные занести в табл. 2.1.

Построить графики зависимостей точности размеров, шероховатости обработанной поверхности, твердости и толщины упрочненного слоя от усилия обкатывания.

2. Исследовать зависимости точности размеров и качества обработанной поверхности от количества рабочих ходов обкатника:

- 1) установить в центрах токарного станка другую заготовку;
- 2) установить постоянный режим обкатывания поверхностей заготовки: $S = 0,1$ мм/об; $V = 60 \dots 100$ м/мин;
- 3) установить постоянное усилие обкатывания $P_{обк} = 400$ Н и обкатать второй участок заготовки за два рабочих хода ($i = 2$);
- 4) обкатать остальные участки заготовки с постоянным усилием обкатывания при $i = 4; 6; 8$;
- 5) снять заготовку со станка и измерить:
 - а) исходный диаметр заготовки;
 - б) диаметры обработанных участков;
 - в) шероховатость поверхностей всех участков заготовки (значение шероховатости каждого участка принимается по результатам трех измерений);
 - г) значения твердости поверхностей всех участков заготовки.
- б) рассчитать степень упрочнения (δ) и коэффициент уменьшения шероховатости (K_{Ra}) для каждого обработанного участка заготовки.

Полученные данные занести в табл. 2.1.

Построить графики зависимостей точности размеров, степени упрочнения и шероховатости обработанной поверхности от числа рабочих ходов обкатника.

Произвести анализ полученных зависимостей с точки зрения влияния технологических режимов обкатывания на точность размеров, шероховатость обработанной поверхности, глубину распространения пластической деформации.

2.4. Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Схема установки на станке заготовки и обкатника.
3. Эскиз заготовки (с указанием обрабатываемого материала, диаметра обкатывания, исходной шероховатости поверхности).
4. Данные об обкатнике (назначение и конструктивные особенности).
5. Таблица с данными обкатывания.

6. Графики зависимостей точности обработки, шероховатости поверхности, степени упрочнения и глубины распространения пластической деформации от технологических режимов обкатывания.

7. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Какова сущность обработки поверхностей заготовок обкатыванием?

2. Как изменится качество поверхностного слоя заготовки в результате ее обкатывания?

3. На какие эксплуатационные свойства поверхности оказывает влияние обработка ее методом ППД?

4. От каких факторов зависит глубина распространения пластической деформации?

5. Какие методы и приборы используются для измерения твердости поверхностного слоя обработанного материала?

Л и т е р а т у р а

1. Пшибыльский В. Технология поверхностной пластической обработки.; Пер. с польск. – М.: Металлургия, 1991. – 479 с.

2. Папшев Д.Д. Технологические методы повышения надежности и долговечности деталей машин поверхностным упрочнением: Учеб. пособие. – Куйбышев: КПИ, 1983. – 83 с.

3. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение: Учебник для высших технических учебных заведений. – М.: Машиностроение, 1990. – 528 с.

4. Кулик В.И., Титов Ю.И., Залуцкий А.И. Упрочнение восстановленных и изготовленных деталей сельскохозяйственных машин методами ППД: Методические указания к лабораторной работе. – Мн.: Ротапринт БАТУ, 1997. – 12 с.

5. ГОСТ 2789-73. Шероховатость поверхности.

Лабораторная работа № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ ДЕТАЛЕЙ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

Цель работы:

1. Изучить параметры шероховатости поверхности, способы ее измерения и принцип работы типового прибора, предназначенного для этой цели.
2. Определить влияние различных технологических факторов на шероховатость обработанной поверхности деталей при механической обработке.

Оснащение лабораторной работы

1. Станок токарно-винторезный 16К20.
2. Резец токарный проходной.
3. Штангенциркуль ШЦ-I 125-0,1 (ГОСТ 166-89).
4. Профилограф-профилометр мод. 201 (252).

Общие положения

Эксплуатационные свойства деталей машин, в частности, их долговечность, надежность, прочность и антикоррозионная стойкость, в значительной степени зависят от качества поверхностных слоев деталей и, прежде всего, - от шероховатости поверхности.

Реальная поверхность деталей независимо от метода ее обработки представляет собой сочетание микровыступов и микровпадин с различным шагом.

Совокупность неровностей (высотой R_z) с относительно малыми шагами (величиной S), образующих рельеф поверхности, рассматриваемая в пределах базовой длины, называется *шероховатостью поверхности* (рис. 3.1).

Шероховатость поверхности в процессе обработки образуется в результате действия многих факторов. Одни из них определяют характер расположения неровностей и их форму, другие - размеры неровностей.

В первом приближении шероховатость можно рассматривать как след режущих или деформирующих элементов инструмента на обработанной поверхности, обусловленный сочетанием главного движения и движения подачи. По отношению к направлению движения инструмента принято различать два вида шероховатости: *продольную* и *поперечную*. Профиль поверхности, измеренный в направлении подачи, называется поперечной шероховатостью, в направлении главного движения – продольной.

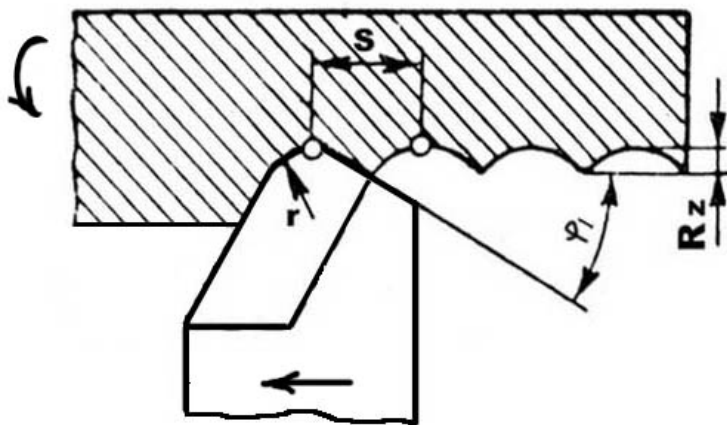


Рис. 3.1.Схема образования шероховатости поверхности.

Геометрическая высота неровностей, например, при токарной обработке, в направлении подачи инструмента может быть определена из двух смежных положений режущего или деформирующего элемента инструмента, смещенных на величину подачи (рис. 3.1), по приближенной формуле:

$$R_z = \frac{S^2}{8r}$$

где R_z - высота гребешков, мм;

S - подача, мм/об;

r - радиус закругления вершины режущего или деформирующего инструмента, мм.

Однако непосредственные измерения показывают, что действительная высота неровностей существенно отличается от расчетной из-за вибраций, а также из-за пластической и упругой деформаций, возникающих в процессе обработки.

Шероховатость поверхности по ГОСТ 2789-73 оценивается, в основном, *средним арифметическим отклонением профиля R_a* или *высотой неровностей профиля по десяти точкам R_z* (рис. 3.2). Помимо этих критериев стандарт регламентирует такие параметры шероховатости, как *средний шаг неровностей S_m* , *наибольшая высота неровностей профиля R_{max}* , *средний шаг по вершинам S* , *относительная опорная длина профиля t_p* (где p - численное значение уровня сечения профиля). Все они оказывают существенное влияние на эксплуатационные показатели деталей приборов и механизмов.

Числовые значения параметров шероховатости поверхности определяются от единой базы, за которую принята средняя линия профиля m , причем эти измерения выполняются на базовой длине L .

Базовой длиной L называют длину базовой линии, выбранной для измерения шероховатостей, на которой все другие неровности (например, волнистость), имеющие шаг более L , исключаются.

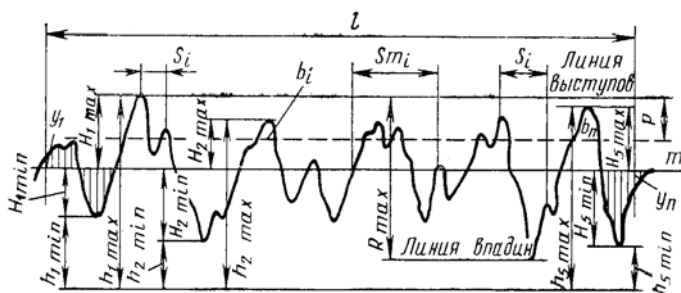


Рис. 3.2. Схема микрорельефа поверхности детали

Для надежной оценки шероховатости (с учетом рассеяния показателей прибора и возможной неоднородности строения неровностей) рекомендуется повторять измерения несколько раз в различных местах поверхности. В этом случае за результат измерения принимается среднее арифметическое из результатов определения шероховатости на нескольких участках, причем длина каждого участка должна быть равна одной или нескольким L (при контроле контактными приборами). Числовые значения базовой длины выбирают по табл. 3.1.

Таблица 3.1

Соотношения значений параметров шероховатости и базовой длины по ГОСТ 2789-73

R_a , мкм	$R_z = R_{max}$, мкм	L , мм
до 0,025	до 0,10	0,08
св. 0,025 до 0,4	св. 0,010 до 1,6	0,25
св. 0,4 до 3,2	св. 1,6 до 12,5	0,8
св. 3,2 до 12,5	св. 12,5 до 50	2,5
св. 12,5 до 100	св. 50 до 400	8

Следует отметить, что все указанные выше параметры шероховатости поверхности могут быть во всем числовом диапазоне измерены с помощью выпускаемых отечественных приборов.

Для измерения шероховатости поверхности применяют приборы, основанные на использовании бесконтактного и контактного методов измерения.

Бесконтактные методы измерения обеспечивают оптические средства контроля (интерференционные микроскопы, микроинтерферометры, приборы светового сечения). Контактные методы измерения осуществляются профилометрами и профилографами.

Контроль шероховатости поверхностей в цеховых условиях производится с использованием образцов шероховатости или эталонных деталей.

Для измерения шероховатости труднодоступных внутренних поверхностей, а также поверхностей деталей без снятия их со станка применяют иммерсионно-репликовый интерферометр МИИ-10. На приборе рассматривают не саму поверхность, а ее отпечаток (реплику).

В настоящей работе предусматривается определение параметров шероховатости обработанных образцов (деталей) с использованием прибора, принцип действия которого основан на контактном методе измерения неровностей поверхности.

Принцип действия этого прибора (рис.3.3) основан на ощупывании исследуемой поверхности алмазной иглой с радиусом закругления 10 мкм и преобразовании колебаний иглы в соответствующие изменения напряжения.

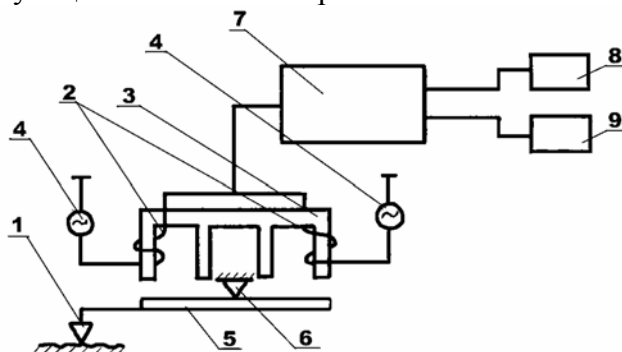


Рис.3.3. Принципиальная схема действия прибора типа профилографа-профилометра

Алмазная ошупывающая игла 1 закреплена на якоре 5 измерительного преобразователя. При перемещении преобразователя относительно исследуемой поверхности игла и якорь колеблются на опоре 6 относительно сдвоенного Ш-образного сердечника 3, на котором закреплены две катушки 2 преобразователя. Катушки включены в мостовую схему, которая питается от стаби-

лизированного генератора 4. При колебаниях якоря изменяются воздушные зазоры между якорем и сердечником, индуктивности катушек и соответственно выходное напряжение мостовой схемы. Выходные сигналы с мостовой схемы, амплитуда которых пропорциональна высоте микронеровностей, а частота соответствует шагу микронеровностей, поступают на блок управления 7 в счетно-решающий блок 8, а затем - на записывающее устройство 9. Числовые значения параметров шероховатости поверхности R_a определяются с помощью пятиразрядного цифрового расчетного устройства, расположенного на передней панели счетно-решающего блока. Записывающее устройство используют для записи профилограммы профиля поверхности, причем сама запись производится в увеличенном масштабе электроискровым способом на электротермической бумаге в прямоугольных координатах профиля микронеровностей в соответствии с перемещениями алмазной иглы по обработанной поверхности.

3.2. Влияние различных технологических факторов на шероховатость поверхности деталей при механической обработке

Сложность явлений, сопровождающих процессы размерностовой обработки лезвийным или деформирующим инструментом, и многообразие факторов, влияющих на образование неровностей, обуславливают отклонение их форм и размеров от геометрически правильных.

Все многообразные факторы, обуславливающие шероховатость обработанной поверхности, можно объединить в три основные группы:

- 1) факторы, связанные с геометрией процесса резания или деформирования (обкатывания);
- 2) факторы, связанные с пластической и упругой деформациями обрабатываемого материала;
- 3) факторы, связанные с возникновением вибраций инструмента относительно обрабатываемой поверхности.

Преобладающее влияние на формирование шероховатости поверхности оказывает, как правило, одна из трех указанных групп. Однако в отдельных случаях шероховатость возникает в результате одновременного и почти равнозначного действия всех указанных причин и вследствие этого не имеет четко выраженных закономерностей.

На шероховатость поверхности наибольшее влияние оказывают следующие факторы:

- 1) режимы обработки (подача, скорость, глубина резания);
- 2) материал и геометрия режущей (деформирующей) части инструмента;
- 3) шероховатость режущих граней;
- 4) обрабатываемый материал.

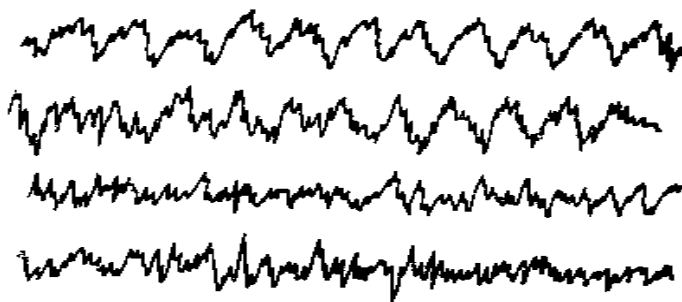


Рис. 3.4. Профилограммы реальных поверхностей

Рекомендуемая оценка шероховатости поверхностей деталей по параметрам R_a и R_z не является всесторонней, так как эти параметры не учитывают шагов и формы неровностей, их неоднородности по размерам.

Изменяя, например, режимы резания при точении, можно получить совершенно различную структуру шероховатости обработанной поверхности, сохраняя при этом значение R_a практически постоянным (рис. 3.4). Первые две профилограммы соответствуют режимам черного точения, остальные – получистового.

Это объясняется тем, что на образование шероховатости поверхности влияют как кинематические, так и физические (в совокупности - технологические) факторы. В процессе резания за счет неоднородности обрабатываемого материала и ограниченной жесткости технологической системы возникает переменное смещение режущего инструмента в направлении нормали к обрабатываемой поверхности.

При обработке вязких материалов режущая кромка инструмента захватывает и вырывает материал с поверхности, а при обработке хрупких материалов наблюдаются сколы на пути движения резца. Кроме того, обработанный материал копирует контур и неровности режущих кромок инструмента. По имеющимся практическим данным, при затуплении режущего инструмента и появления на нем зазубрин шероховатость поверхности возрастает, -- например, при точении - на 50...60%, при сверлении - на 30...40%. Это обусловлено не только геометрическим влиянием зазубрин, но и увеличением радиуса округления лезвия, что повышает степень пластической деформации металла поверхностного слоя, и как следствие приводит к ухудшению шероховатости поверхности.

Шероховатость поверхности в значительной степени связана с процессами образования стружки, и в первую очередь - с явлениями нароста, который имеет наибольшее значение при скорости резания 20...40 м/мин.

Подача оказывает существенное влияние на шероховатость поверхности, поэтому чистовое точение углеродистых сталей следует производить при $S = 0,05...0,12$ мм/об, а цветных металлов - при $S = 0,01...0,02$ мм/об (алмазное точение).

Глубина резания при обычном точении практически не оказывает влияния на шероховатость поверхности, но при глубинах резания, меньших подачи, ее влияние возрастает, поэтому при малых подачах глубину резания также следует уменьшать.

3.3. Методические указания к выполнению работы

В лабораторной работе для исследования влияния скорости резания V , подачи S и вспомогательного угла в плане φ_1 на шероховатость поверхности используются три комплекта колец или образцы-валики, разделенные канавками на участки. Исходная шероховатость образцов одинакова.

Для получения всех зависимостей производится наружное продольное точение образцов на токарном станке.

Определение влияния скорости резания V на шероховатость поверхности производится при постоянной подаче $S = 0,2$ мм/об. Скорости резания выбираются равными: 10, 20, 40, 80, 150 м/мин.

Определение влияния подачи S на шероховатость поверхности производится при постоянной скорости резания (80...120 м/мин). Значения подач выбираются в пределах 0,1...0,7 мм/об.

Определение влияния вспомогательного угла в плане φ_1 на шероховатость поверхности производится при постоянных значениях скорости и подачи. Значения φ_1 выбираются в пределах 2...30°.

Шероховатость каждой обработанной поверхности определяется не менее чем в пяти точках. Результаты измерений заносятся в протокол (таб. 3.2).

По данным протокола строятся графические зависимости $R_a = f(V)$; $R_a = f(S)$; $R_a = f(\varphi_1)$.

Таблица 3.2

Протокол измерений

Геометрия резца ($\alpha =$; $\gamma =$; $\varphi =$)						Материал режущей части инструмента					
Технологические факторы						Ra, мкм					
№ опыта	D, мм	t, мм	S, мм/об	φ_1 , град	V, м/мин	1	2	3	4	5	средн.

3.4. Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Схема микропрофиля поверхности.
3. Краткая характеристика параметров шероховатости поверхности (по ГОСТ 2789-73).
4. Эскиз обработки.
5. Протокол измерений.
6. Графические зависимости $Ra = f(V)$; $Ra = f(S)$; $Ra = f(\varphi_1)$.
7. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Привести схему микропрофиля поверхности с обозначением параметров шероховатости, регламентируемых ГОСТ 2789-73.
2. Дать краткую характеристику основных параметров шероховатости.
3. Какие методы и приборы используются для измерения шероховатости поверхности?
4. Объяснить сущность влияния различных технологических факторов на шероховатость обработанных поверхностей на основе проведенных опытов.

Литература

1. Маталин А.А. Технология машиностроения. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985. – 486 с.
2. ГОСТ 2789-73 Шероховатость поверхности.

Содержание

Лабораторная работа № 1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ОБРАБОТКИ ВЫЗЫВАЕМЫХ РАЗМЕРНЫМ ИЗНОСОМ.	3
Лабораторная работа № 2 ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ, УПРОЧНЕННЫХ МЕТОДАМИ ППД.	10
Лабораторная работа № 3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ ДЕТАЛЕЙ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ.	22

Учебное издание

«ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ»

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ
по курсу «Технология машиностроения»
для студентов специальности 1-08 01 01
«Профессиональное обучение»

Составители: БАБУК Виталий Валентинович,
ФЕДОРЦЕВ Валерий Александрович

Редактор Т.А. Палилова. Корректор М.П. Антонова
Компьютерная верстка А.А. Бусько

Подписано в печать 13.12.2004.

Формат 60 x 84 1/16. Бумага типографская №2.

Печать офсетная. Гарнитура Таймс.

Усл.печ.л. 2.1. Уч.-изд.л. 1,6. Тираж 100. Заказ 450.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

Лицензия № 02330/0056957 от 01.04.2004.

220013, Минск, проспект Ф.Скорины, 65.