

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный университет имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра технологии машиностроения

Составители
В. Ю. Блюменштейн
М. С. Махалов

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА
ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН
ПРИ ОБРАБОТКЕ МЕТОДАМИ
ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ**

**Методические указания к лабораторной работе
для студентов всех форм обучения**

Рекомендовано учебно-методической комиссией направлений
подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение ма-
шиностроительных производств» и 15.03.01 «Машиностроение» в качестве
электронного издания для использования в учебном процессе

Кемерово 2016

Рецензенты:

Клепцов А. А. – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии машиностроения

Кречетов А. А. – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения

Исследование параметров качества поверхностного слоя деталей машин при обработке методами пластического деформирования: метод. указания к лабораторной работе [Электронный ресурс] по дисциплине «**Прогрессивные технологии упрочнения и восстановления деталей машин**» для студентов направлений подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» и 15.03.01 «Машиностроение» всех форм обучения / сост. В. Ю. Блюменштейн, М. С. Махалов; КузГТУ. – Кемерово, 2016. – Систем. требования: Pentium IV; ОЗУ 256 Мб; Windows XP; мышь. – Загл. с экрана.

Изложены основные цели и порядок выполнения лабораторной работы «Исследование параметров качества поверхностного слоя деталей машин при обработке методами пластического деформирования».

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлениям подготовки «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», профиль «Технология машиностроения» и «Машиностроение», профиль «Реновация оборудования топливно-энергетического комплекса».

© КузГТУ, 2016

© Блюменштейн В. Ю.,

Махалов М. С., составление, 2016

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Цель работы: изучение влияния технологических методов и параметров процессов резания и поверхностного пластического деформирования (ППД) на качество обрабатываемой поверхности и параметры упрочнения детали после обработки.

Работа разделена на несколько частей, каждая из которых посвящена решению следующих задач:

1. Изучить сущность методов упрочняющей обработки деталей роликом, шариком и алмазным выглаживанием.

2. Изучить методику тарировки обкатного устройства для ППД.

3. Изучить устройство и практически освоить методику измерения параметров шероховатости поверхности на профилографе-профилометре «Talysurf-5M».

4. Изучить устройство и практически освоить методики измерений микротвердости на микротвердомере модели ПМТ-3 и твердости на твердомере Виккерса модели ТП-7р-1.

5. Изучить метод косого среза для исследования параметров упрочнения поверхностного слоя образцов.

6. Исследовать влияние метода и режимов упрочняющей обработки на параметры шероховатости и упрочнения поверхностного слоя образцов.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1. Поверхностный слой деталей машин

При изготовлении и эксплуатации деталей машин на их поверхностях образуются неровности и микронеровности, а слой металла, непосредственно прилегающий к поверхности, изменяет структуру, фазовый и химический состав, в нем возникают остаточные напряжения.

Слой металла, имеющий отличающиеся от основной массы детали структуру, фазовый и химический состав, называют поверхностным.

В настоящее время общепризнанным является факт существенного влияния поверхностного слоя (ПС) деталей машин на их работоспособность.

В условиях эксплуатации ПС детали подвергается наиболее сильному физико-химическому воздействию: механическому, тепловому, магнитоэлектрическому, световому, химическому и др., В большинстве случаев повреждение детали начинается с поверхности, например, износ, эрозия, усталостные трещины и другие разрушения, поэтому к ПС предъявляются более высокие требования, чем к основному металлу детали.

В поверхностном слое различают следующие зоны (рис. 1):

- зону 1 адсорбированных из окружающей среды молекул и атомов органических и неорганических веществ (воды, промышленной или смазывающе-охлаждающей жидкости и др. толщиной до 100 нм;
- зону 2 продуктов химического взаимодействия металла с окружающей средой (чаще всего оксидов) толщиной до 1 мкм;
- зону 3 граничную толщиной в несколько межатомных расстояний; металл в этой зоне имеет иную, чем в объеме, кристаллическую и электронную структуру;
- зону 4 измененных структуры, фаз и химического состава с толщиной около 10...150 мкм, иногда и большей;
- зону 5 основного металла.

Толщина и состояние указанных зон поверхностного слоя могут изменяться в зависимости от состава материала, метода обработки и условий эксплуатации. Оценка этого состояния осуществляется методами химического, физического или механического анализа. Многообразие состояний поверхностного слоя и методов его оценки не позволяет выделить единственный показатель, определяющий это состояние или, как принято говорить, **качество поверхностного слоя**. Поэтому в научной и инженерной практике качество поверхностного слоя оценивается набором единичных или комплексных параметров, с той или иной стороны оценивающих состояние поверхностного слоя, выбор которых зависит от метода оценки. Укрупненно эти параметры характеризуют: геометрические параметры неровности поверхности; физическое состояние; химический состав; механическое состояние.

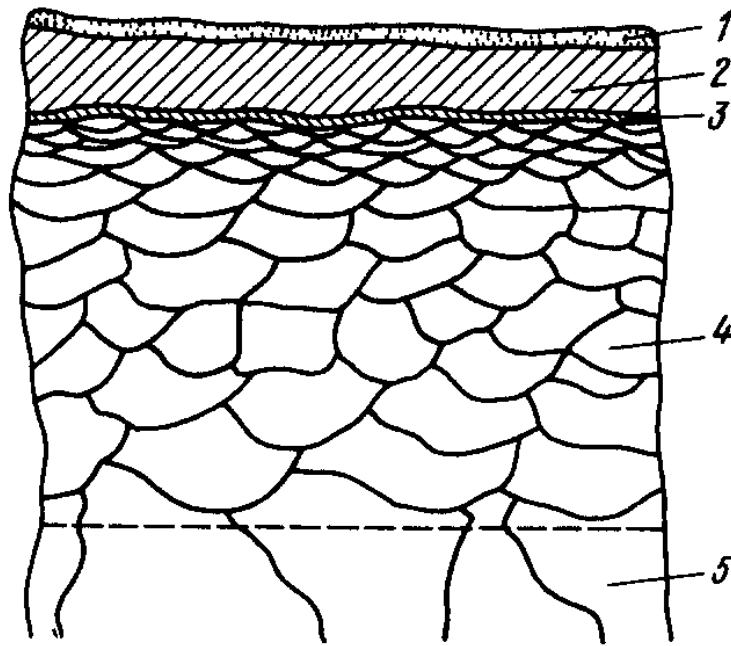


Рис. 1. Схема поверхностного слоя детали

2.2. Сущность и назначение методов поверхностного пластического деформирования

Упрочняющая обработка поверхностного слоя деталей машин позволяет повысить качество поверхностного слоя ресурс упрочненных деталей.

Среди методов упрочняющей технологии в производстве эффективными считаются методы поверхностного пластического деформирования (ППД), повышающие качество поверхностного слоя.

ППД – это обработка материалов давлением (без снятия стружки), при котором деформируется только поверхностный слой детали.

В соответствии с ГОСТ 18296-72 методы ППД подразделяют на статические и ударные.

При статических методах обработки инструмент, рабочие тела или среда воздействуют на обрабатываемую поверхность с определенной постоянной силой P_y , происходит плавное перемещение очагов (очага) воздействия, которые последовательно проходят всю поверхность, подлежащую обработке (рис. 2). При этом инерционные силы не оказывают существенного влияния на

ПШД. Поверхностный слой деталей формируется в результате пластического течения металла в зоне контакта инструмента с деталью, которая называется очаг деформации (ОД).

Если инструмент перемещается относительно поверхности, то он оставляет за собой деформированный слой толщиной t , свойства которого, например, твердость, отличаются от свойств основного материала и изменяются от поверхности вглубь детали.

К таким методам относятся различные виды выглаживания и накатывания, а так же метод однократного обжатия обрабатываемой поверхности без перемещения очага воздействия.

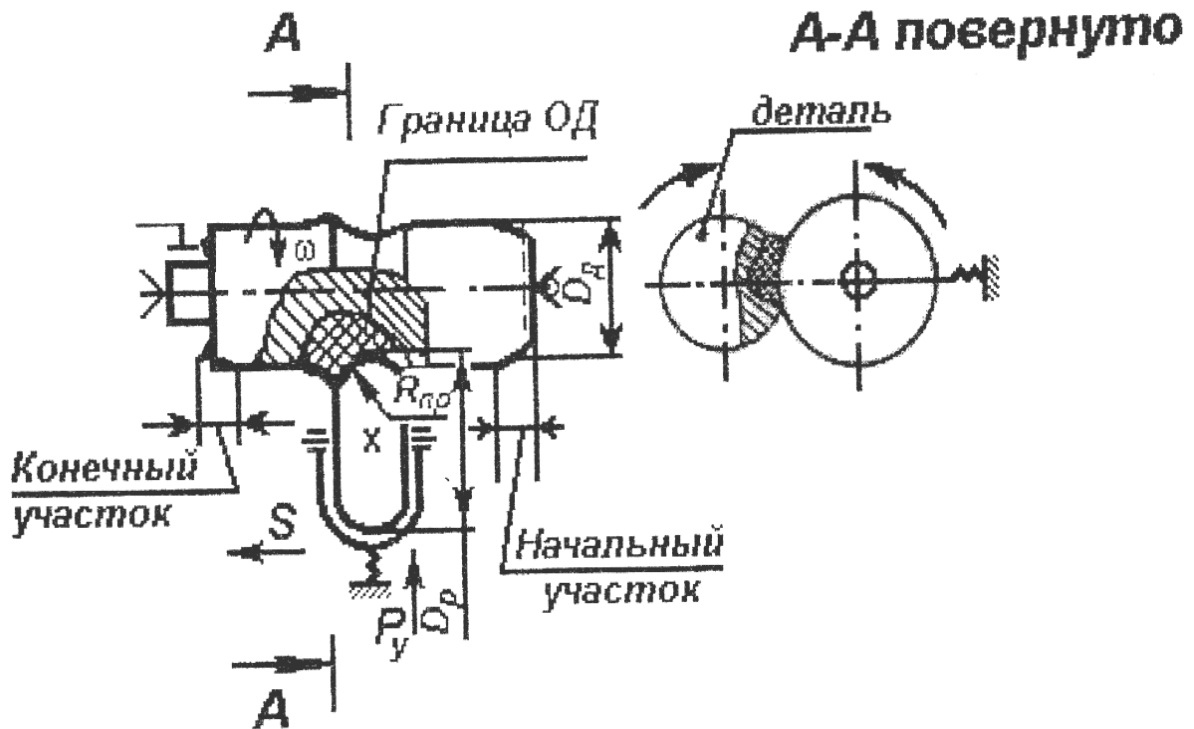


Рис. 2. Схема обкатывания цилиндрическим роликом

При ударных воздействиях инструмент, рабочее тело или среда многократно воздействуют на всю обрабатываемую поверхность или на её часть, при этом сила воздействия P в каждом цикле изменяется от нуля или от некоторого значения P_1 до максимума, а в случае локального ударного воздействия очаг деформирования может (как и в статических методах) последовательно и равномерно проходить всю обрабатываемую поверхность.

Обработка, основанная на пластическом деформировании поверхностного слоя, имеет ряд преимуществ, по сравнению с обработкой точением, шлифованием, полированием, доводкой, в том числе:

- сохраняется целостность волокон металла и образуется мелкозернистая структура-текстура в поверхностном слое;
- отсутствует шаржирование обрабатываемой поверхности частичками шлифовальных кругов, полировочных паст;
- отсутствуют термические эффекты;
- стабильны процессы обработки, обеспечивающие стабильное качество поверхности;
- имеется возможность достижения минимального параметра шероховатости поверхности ($Ra = 0,1 \dots 0,05$ мкм и менее) как на термически необработанных сталях, цветных металлах, так и на высокопрочных материалах, сохраняя исходную форму заготовок;
- имеется возможность уменьшения шероховатости поверхности в несколько раз за один рабочий ход;
- создается благоприятная форма микронеровностей с большей долей опорной площади;
- имеется возможность образования регулярных микрорельефов с заданной площадью углублений для задержания смазочных материалов;
- создаются благоприятные сжимающие остаточные напряжения в поверхностном слое;
- повышается твердость поверхности.

Указанные и другие преимущества методов ППД обеспечивают повышение износостойкости, сопротивления усталости, контактной выносливости и других эксплуатационных свойств обрабатываемых деталей на 20-50 %, а в некоторых случаях – в 2-4 раза (при условии выбора в каждом конкретном случае наиболее рационального метода и назначения оптимальных режимов обработки).

3. ОБЩАЯ МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

В данной лабораторной работе исследуются следующие статические методы ППД.

1. Обкатывание роликом.
2. Обкатывание шариком.
3. Алмазное выглаживание.

3.1. Экспериментальные образцы и план исследований

Образцы изготовлены из стали 45 ГОСТ 1050-88, химический состав и механические свойства которой представлены в табл. 3.1 и 3.2.

Таблица 3.1

Химический состав стали 45 ГОСТ 1050-88 (%)

<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>Cr</i>	<i>S</i>	<i>P</i>
0,42-0,5	0,17-0,37	0,5-0,8	до 0,25	до 0,04	до 0,035

Таблица 3.2

Механические свойства стали 45 ГОСТ 1050-88
после нормализации

$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_e , МПа	ψ , %	δ , %	<i>KCU</i> , Дж/см ²	<i>HV</i>
355	600	16	40	49	160-180

Образцы представляют собой кольца (рис. 3), устанавливаемые на специальную цилиндрическую оправку с промежуточными кольцами и закрепляемые гайкой (рис. 4). На торце каждого образца маркируется его порядковый номер в соответствии с планом экспериментальных исследований. Исследования проводятся по плану классических однофакторных экспериментов путем обработки резанием и поверхностным пластическим деформированием (ППД) (табл. 3.3). Номинальные размеры образцов-колец составляют: $H = 20$ мм, $D = 60$ мм, $d = 30$ мм (рис. 3).

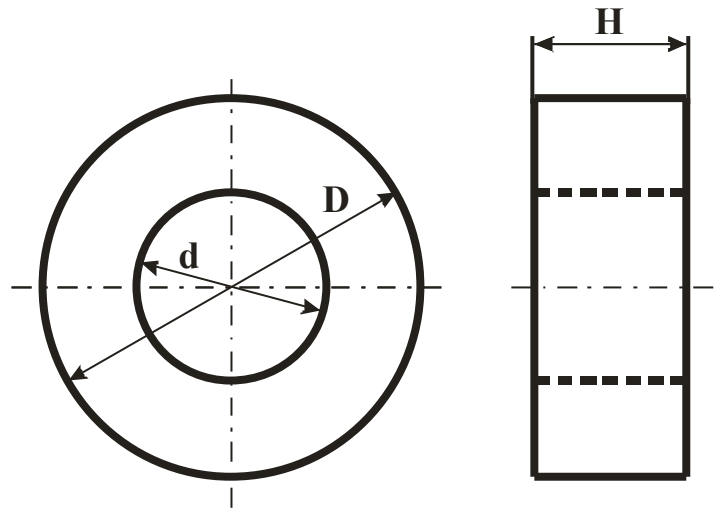


Рис. 3. Схема образца

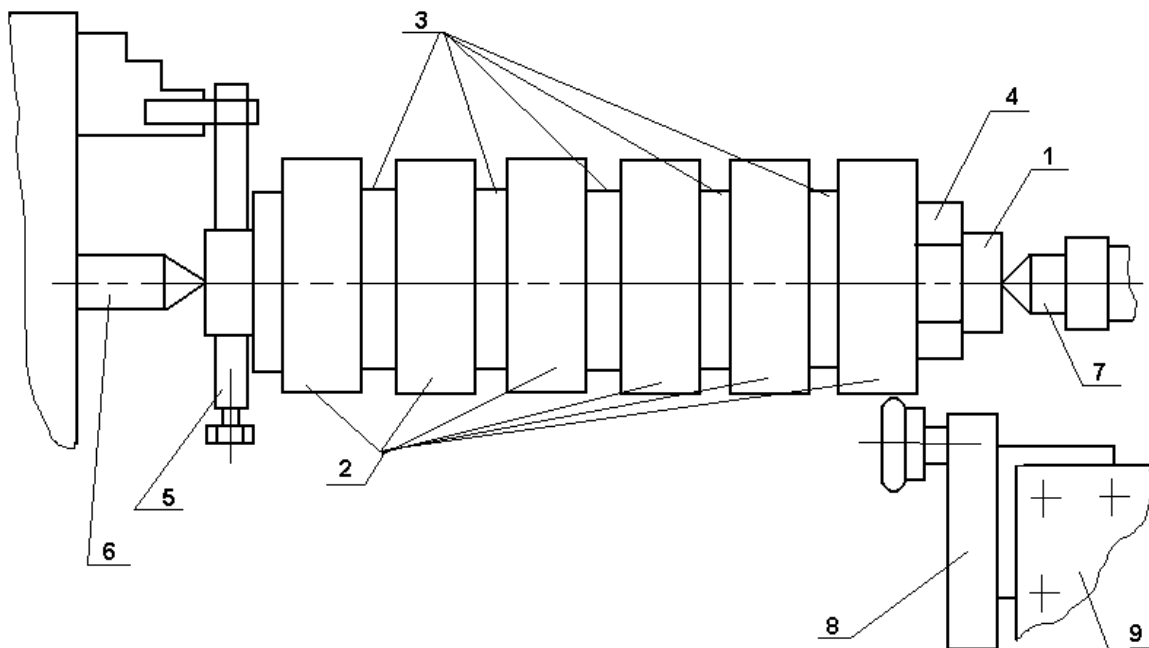


Рис. 4. Схема специальной цилиндрической оправки с образцами-кольцами: 1 – оправка; 2 – образцы; 3 – промежуточные кольца; 4 – гайка; 5 – хомут; 6 и 7 – передний и задний центры; 8 – устройство для обкатывания (например роликом); 9 – резцедержатель

Таблица 3.3

План экспериментальных исследований

№ образца	Точение		Обкатывание		Алмазное выглаживание
	черновое	чистовое	роликом	шариком	
1	+		+		
2	+		+		
3	+		+		
4	+			+	
5	+			+	
6	+			+	
7	+	+			+
8	+	+			+
9	+	+			+

«+» означает, что данное действие выполняется.

3.2. Механическая обработка резанием

Токарная обработка наружной цилиндрической поверхности образцов осуществляется на токарно-винторезном станке мод. 1К62 резцами проходными правыми со сменными твердосплавными пластинами из сплава Т15К6 (табл. 3.4–3.5).

Таблица 3.4

Режимы резания образцов при токарной обработке

Параметр	Точение	
	черновое	чистовое
Толщина срезаемого слоя a , мм	0,5	0,2
Подача S , мм/об	0,1	0,05
Частота n , об/мин	630	630

Таблица 3.5

Геометрические параметры режущей пластинки

Передний угол γ , град	15
Задний угол α , град	9
Радиус округления режущей кромки ρ , мм	0,03

3.3. Обработка методами ППД

3.3.1. Обкатывание цилиндрическим роликом

Обкатывание наружной цилиндрической поверхности образцов роликом осуществляется на токарно-винторезном станке мод. 1К62 с помощью специального приспособления (рис. 5).

Однороликовое приспособление для обкатывания состоит из трех основных узлов: корпуса 1, сменной роликовой головки 2 с роликом 3 и штока 4 с пружиной 5 (рис. 5). Корпус представляет собой трубу с приваренной к ней державкой 6 для установки приспособления в резцедержатель токарного станка. Необходимое давление ролика на обкатываемый образец осуществляется тарированной пружиной и может изменяться от 500 до 5000 Н (50-500 кгс).

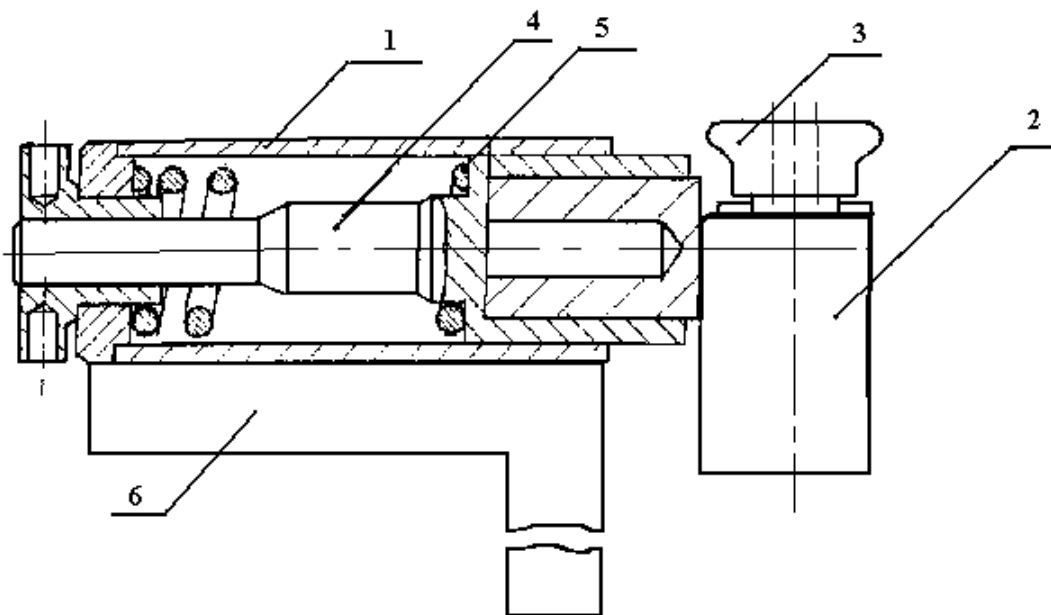


Рис. 5. Схема устройства для обкатывания роликом

При обкатывании деформирующий ролик взаимодействует с обрабатываемым материалом по схеме качения. Если инструмент перемещается относительно поверхности, то он оставляет за собой деформированный слой толщиной h , свойства которого, например твердость и шероховатость, отличаются от свойств основного материала и изменяются от поверхности вглубь детали.

Поверхностный слой деталей при ППД формируется в результате пластического течения металла в зоне контакта инструмента с заготовкой – в очаге деформации (ОД).

Режимы обкатывания образцов роликом представлены в табл. 3.6, при этом: тип ролика – торообразный; диаметр ролика $D_p = 100$ мм; профильный радиус $R_{np} = 5$ мм.

3.3.2. Обкатывание шариком

Приспособление для обкатывания состоит из трех основных узлов: корпуса 1, сменной шаровой головкой 3 с шариком 2 и штока 4 с пружиной 5 (рис. 6). Корпус представляет собой трубу с приваренной к ней державкой 6 для установки приспособления в резцедержатель токарного станка. Необходимое давление ролика на обкатываемый образец осуществляется тарированной пружиной и может изменяться от 500 до 5000 Н (50-500 кгс).

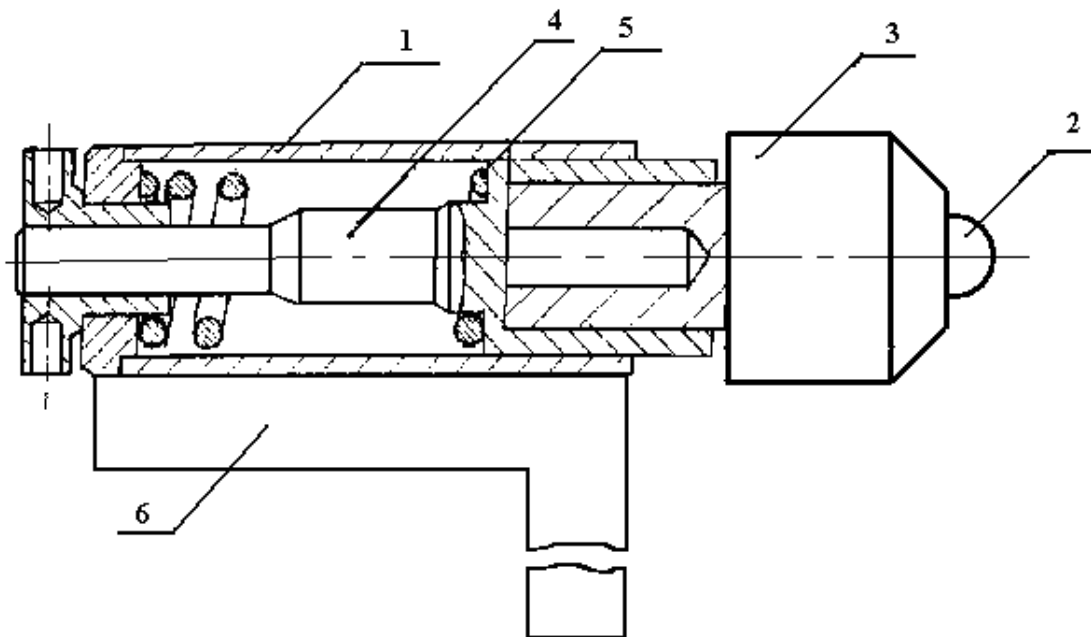


Рис. 6. Схема устройства для обкатывания шариком

Особенности шаровых устройств: использование стандартных шаров с высокой точностью обработки и качеством поверхности; отсутствие материальной оси вращения шаров и самоустанавливаемость их относительно обрабатываемой поверхности под действием сил обкатывания и трения; отсутствие или незна-

чительное проскальзывание шаров; меньшая подача и производительность, чем при использовании роликовых устройств.

Режимы обкатывания образцов шариком представлены в табл. 3.6, при этом: тип накатного устройства – одношаровое; диаметр шарика $D_{ш} = 10$ мм.

3.3.3. Алмазное выглаживание

Выглаживание заключается в пластической деформации обрабатываемой поверхности скользящим по ней инструментом – выглаживателем. Большие контактные нагрузки определяют высокие требования к деформирующим инструментам по твердости и изностостойкости. Вследствие этого для этих методов обработки используются деформирующие инструменты, изготовленные из технического алмаза.

Режимы алмазного выглаживания образцов представлены в табл. 3.6, при этом профильный радиус деформирующего инструмента $R_{пр} < 2$ мм.

Таблица 3.6

Режимы обработки методами ППД

Метод обработки	Номер образца	Подача S , мм/об	Частота n , об/мин	Усилие P , кгс (Н)
Обкатывание роликом	1	0,1	630	200 (2000)
	2			250 (2500)
	3			300 (3000)
Обкатывание шариком	4	0,1	630	200 (2000)
	5			250 (2500)
	6			300 (3000)
Алмазное выглаживание	7	0,1	630	40 (400)
	8			50 (500)
	9			55 (550)

3.4. Тарировка обкатного устройства

Перед обкатыванием с помощью динамометра производится тарировка обкатного устройства. Схема тарировки представлена на примере роликового обкатного устройства на рис. 7. С помощью динамометра 1 производится нагружение (величина усилия определяется по индикатору 2), после чего шток 3 фиксируется в требуемом положении относительно корпуса обкатного устройства 4 гайкой-ограничителем 5. При обкатывании момент достижения требуемого усилия обработки определяется по индикатору 6.

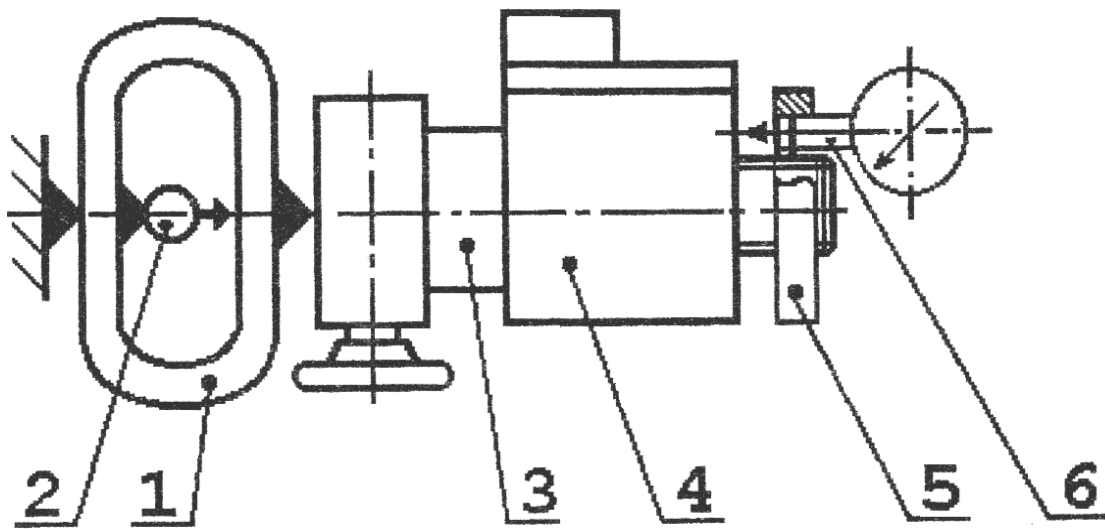


Рис. 7. Схема тарировки роликового обкатного устройства

3.5. Исследование параметров упрочнения поверхностного слоя методом косого среза

Исследование параметров упрочнения осуществляется путем фиксации изменения твердости (микротвердости) в поверхностном слое экспериментальных образцов. Для этого на образце выполняется косой срез под некоторым углом α к поверхности в зависимости от предполагаемой глубины упрочнения (рис. 8).

Угол наклона плоскости среза α определяется по формуле

$$\alpha = \arccos\left(\frac{H}{L_{AB}}\right). \quad (1)$$

Серия измерений твердости проводится по поверхности среза (линия AB , рис. 8), а затем измеряется расстояние от точки A до каждого отпечатка. Исходя из величины угла наклона поверхности среза к поверхности детали, определяется глубина расположения каждого отпечатка от поверхности:

$$h = l_{отп} \cdot \sin \alpha. \quad (2)$$

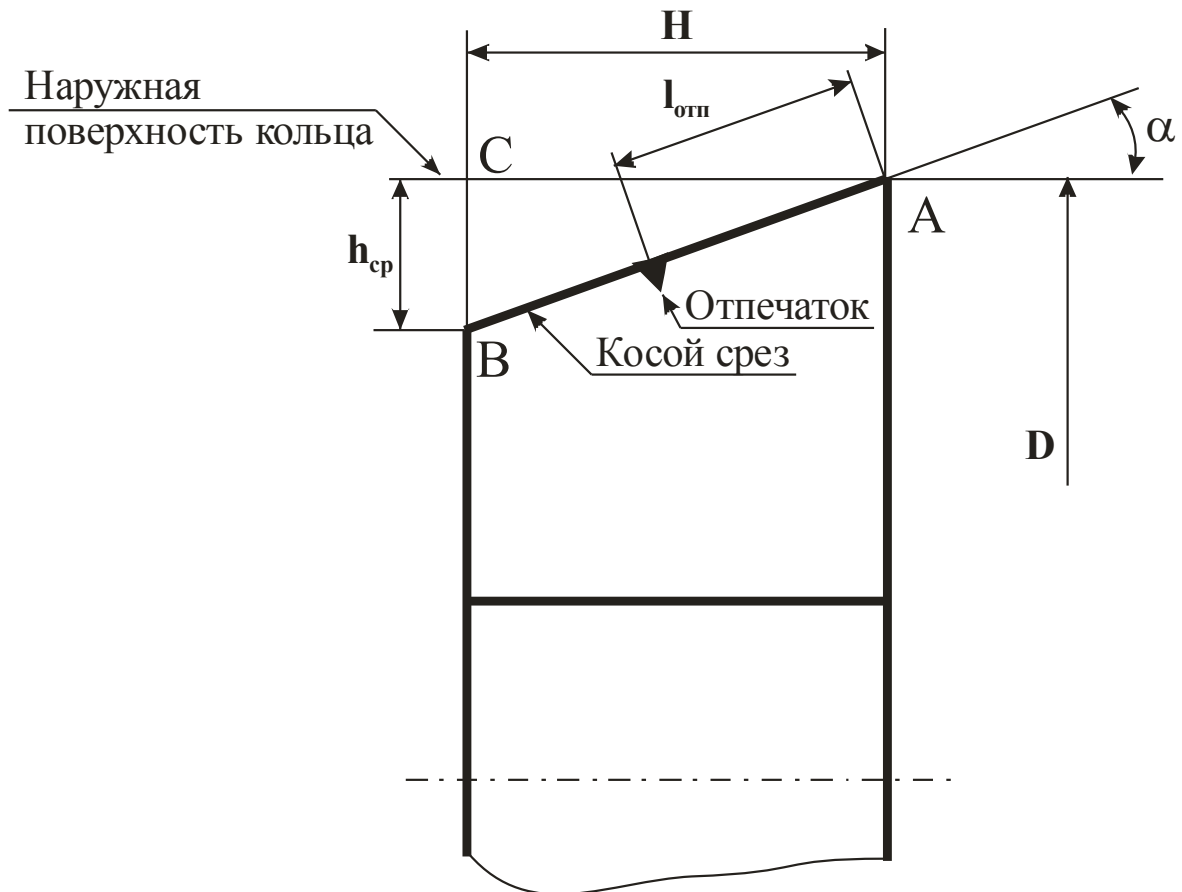


Рис. 8. Косой срез по глубине поверхностного слоя

При проведении измерений для установки и закрепления образца на приборе использовали специальное приспособление, обеспечивающее перпендикулярность индентора плоскости измерения.

После проведения серии измерений твердости строится кривая распределения по глубине поверхностного слоя, откладывая по оси абсцисс глубину расположения отпечатка h , а по оси ординат – величину твердости HV . Глубина упрочнения определяется как толщина слоя с увеличенной по сравнению с исходной твердостью. Степень упрочнения δ определяется по формуле

$$\delta = \frac{H_{\max} - H_{\text{исх}}}{H_{\text{исх}}}, \quad (3)$$

где H_{\max} – максимальная твердость, полученная при измерении;
 $H_{\text{исх}}$ – исходная твердость.

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с общей методикой выполнения исследований.
2. Ознакомиться с паспортными данными оборудования.
3. Изготовить экспериментальные образцы-кольца, маркировать на торце номер образца.
4. Изучить схемы обработки заготовок методами резания и ППД.
5. Изучить конструкции инструментов и оснастки для обработки ППД, методику их тарировки.
6. Выполнить тарировку одного из инструментов.
 - 6.1. Установить динамометр в патрон.
 - 6.2. Установить обкатное устройство в резцедержатель.
 - 6.3. С помощью рычагов управления ручным перемещением суппорта нагрузить обкатное устройство как показано на рис. 7.
 - 6.4. С помощью гайки ограничителя 5 зафиксировать шток 3 таким образом, чтобы показания динамометра 2 и датчика 6 совпадали (рис. 7).
7. Выполнить токарную обработку образцов.
 - 7.1. Установить кольца на оправку.
 - 7.2. Закрепить оправку в патроне.
 - 7.3. Закрепить резец в резцедержатель.
 - 7.4. Произвести обработку резанием колец в соответствии с табл. 3.3–3.6.
8. Выполнить упрочняющую обработку образцов.
 - 8.1. Установить кольца на оправку.
 - 8.2. Закрепить оправку в патроне.
 - 8.3. Закрепить инструмент в резцедержатель.
 - 8.4. Произвести упрочняющую обработку колец в соответствии с табл. 3.3–3.6.

9. Изучить устройство, техническую характеристику и методики измерения параметров на профилографе-профилометре «Talysurf-5M» [1].

10. Выполнить измерения параметра шероховатости Ra и записи профилограмм шероховатости на профилографе-профилометре «Talysurf-5M» [1].

11. Построить графические зависимости параметра шероховатости поверхности Ra от усилия обработки для каждого метода (рис. 9).



Рис. 9. Оси координат для построения графиков зависимости шероховатости от усилия деформирования

12. Изучить устройство и техническую характеристику микротвердомера мод. DuraScan 20, методики вырезки образцов, подготовки плоскости косого среза и измерения микротвердости поверхностного слоя [2].

13. С оборудования для пробоподготовки выполнить косой срез на образцах и приготовить шлифы [2].

14. Выполнить измерения микротвердости на косых срезах обработанных образцов [2].

15. Построить графики изменения микротвердости по глубине поверхностного слоя, оценить глубину и степень упрочнения (рис. 10) [2].

16. Изучить устройство и техническую характеристику твердомера мод. DuraVision 30, методику измерения твердости поверхностного слоя [3].

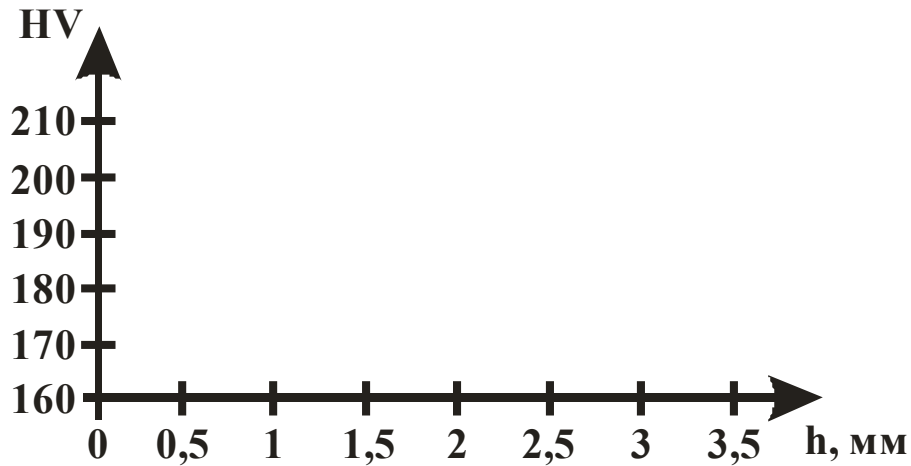


Рис. 10. Оси координат для построения графиков распределения твердости (микротвердости) по глубине поверхностного слоя

17. Выполнить измерения твердости на косых срезах обработанных образцов.

18. Построить графики изменения твердости по глубине поверхностного слоя (рис. 10), оценить глубину и степень упрочнения [2].

19. Построить графические зависимости глубины h и степени δ упрочнения поверхностного слоя от метода и величины усилия P упрочняющей обработки (рис. 11).

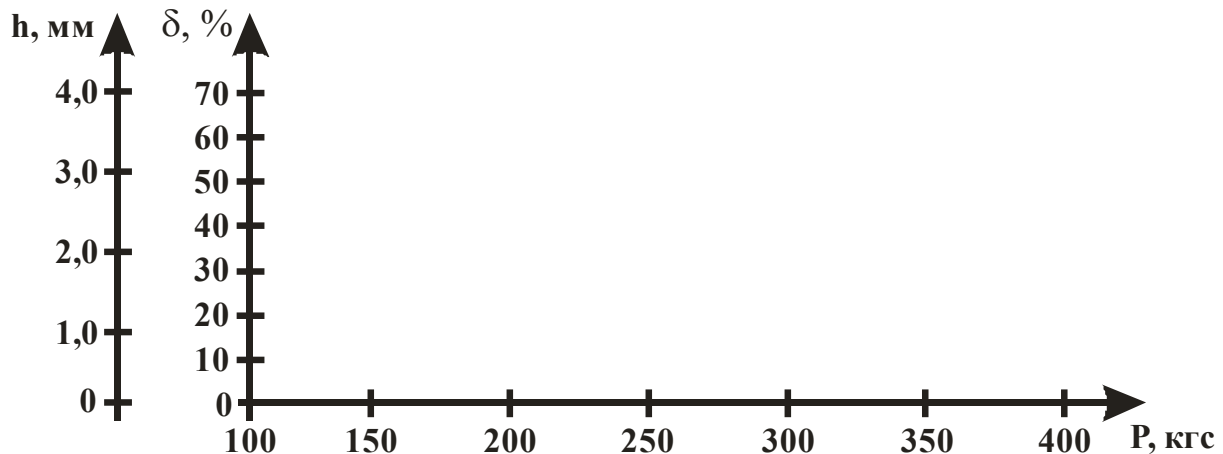


Рис. 11. Оси координат для построения графиков зависимостей параметров упрочнения поверхностного слоя от усилия упрочняющей обработки

20. Для каждого метода оценить влияние режимов упрочняющей обработки на формирование качества поверхностного слоя.

21. Сравнить полученные для разных методов ППД результаты.

22. Сделать выводы по выполненной работе.

5. ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

Отчет о лабораторной работе выполняется на отдельных листах формата 210×297 мм. Текст, эскизы, схемы, таблицы, расчетные данные, графики зависимостей и др. должны соответствовать требованиям, предъявляемым государственными стандартами.

Целесообразно выполнение графических зависимостей с использованием стандартных программных продуктов типа Excel, Statistica и др.

Отчет о выполненной работе оформляется в виде протокола, содержащего следующие разделы.

1. Титульный лист с указанием необходимых выходных данных.
2. Цель и задачи комплексной лабораторной работы.
3. Основные теоретические положения.
4. Общая методика выполнения исследований, включающая: эскиз образца с указанием его действительных размеров, химического состава, механических свойств материала; схемы обработки резанием и обкатыванием; переходы обработки образцов с указанием режимов резания и обкатывания.
5. Перечень средств технологического оснащения и используемого измерительного инструмента.
6. Схема обкатного устройства.
7. Результаты измерений и расчетов параметров шероховатости поверхности, занесенные в табл. 5.1.
8. Графики зависимостей параметра шероховатости *Ra* от усилия обкатывания (рис. 9).
9. Схема и описание устройства микротвердомера мод. DuraScan 20.
10. Результаты измерения микротвердости, занесенные в табл. 5.2.

Таблица 5.1

Результаты измерения шероховатости

№ образца	<i>Ra</i>					Среднее
	1	2	3	4	5	
1						
2						
3						
...						

11. График распределения микротвердости по глубине упроченного поверхностного слоя (рис. 10).

12. Результаты расчетов параметров упрочнения, занесенные в табл. 5.3.

13. Схема и описание устройства твердомера мод. DuraVision 30.

14. Результаты измерения твердости, занесенные в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Результаты исследования твердости (микротвердости)

№ образца	Горизонтальная диагональ			Вертикальная диагональ			<i>Z</i>	<i>D</i> , мкм	<i>HV</i>	<i>h</i> , мкм
	<i>Z₁</i>	<i>Z₂</i>	<i>Z_Г</i>	<i>Z₃</i>	<i>Z₄</i>	<i>Z_В</i>				

15. Графики распределения твердости по глубине упроченного поверхностного слоя (рис. 10).

16. Результаты расчетов параметров упрочнения, занесенные в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Результаты расчетов параметров упрочнения

Номер образца	Параметры упрочнения	
	глубина <i>h</i> , мм	степень <i>δ</i> , %
1		
2		
...		
9		

17. Графики зависимостей параметров упрочнения от режимов обкатывания (рис. 11).

18. Анализ влияния режимов обкатывания на параметры качества поверхностного слоя.

19. Общие выводы по работе.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое качество поверхностного слоя?
2. Чем вызвана неоднородность поверхностного слоя детали по глубине?
3. Назовите основные параметры качества поверхностного слоя.
4. Назовите основные параметры шероховатости поверхности.
5. Что такое упрочнение (наклеп), чем оно вызвано?
6. Назовите основные преимущества и недостатки методов ППД.

7. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блюменштейн, В. Ю. Измерение шероховатости на профилографе-профилометре «Talysurf-5M»: метод. указания к лабораторной работе [Электронный ресурс]: для студентов направлений подготовки 151900.62 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» и 150700.62 «Машиностроение» / В. Ю. Блюменштейн, М. С. Махалов, О. А. Останин; КузГТУ. – Кемерово, 2016. – Систем. требования: Pentium IV; ОЗУ 256 Мб; Windows XP; мышь. – Загл. с экрана.

2. Подготовка образцов к металлографическим исследованиям: метод. указания к лабораторной работе для студентов направления подготовки 151901 «Технология машиностроения» по дисциплине «Методология научных исследований» / В. Ю. Блюменштейн, Р. А. Понкрашкин, А. Р. Кадочникова, С. А. Мосунова; КузГТУ. – Кемерово, 2014. – 24 с.

3. Блюменштейн, В. Ю. Исследование качества поверхностного слоя деталей машин: методические указания к комплексной лабораторной работе по курсу «Научные основы технологии машиностроения» для студентов направления подготовки 150900 «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств»; КузГТУ. – Кемерово, 2012. – 54 с.

Содержание

1.	Цель и задачи работы	3
2.	Теоретические положения	3
2.1.	Поверхностный слой деталей машин	3
2.2.	Сущность и назначение методов поверхностного пластического деформирования	5
3.	Общая методика проведения исследований	8
3.1.	Экспериментальные образцы и план исследований	8
3.2.	Механическая обработка резанием	10
3.3.	Обработка методами ППД	11
3.3.1.	Обкатывание цилиндрическим роликом	11
3.3.2.	Обкатывание шариком	12
3.3.3.	Алмазное выглаживание	13
3.4.	Тарировка обкатного устройства	14
3.5.	Исследование параметров упрочнения поверхностного слоя методом косого среза	14
4.	Порядок выполнения лабораторной работы	16
5.	Требования к отчету	19
6.	Контрольные вопросы	21
7.	Список рекомендуемой литературы	21