КАЧЕСТВО ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

1. Понятие о качестве поверхности.

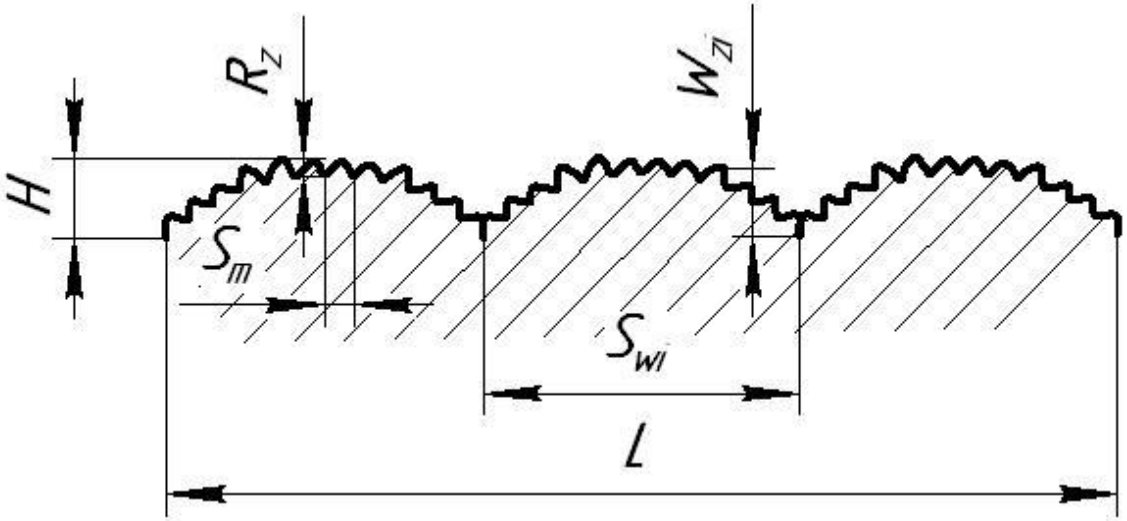
Качество поверхности деталей машин определяется:
- совокупностью геометрических параметров (шероховатостью, волнистостью, погрешностью формы);
- физико-механическими характеристиками поверхностного слоя (HV - микротвёрдость, $\sigma_в$ – предел прочности);
- микроструктурой слоя;
- остаточными напряжения.

Кроме того, поверхностный слой может иметь отличные от основного материала химические свойства.

2. Геометрические параметры качества поверхности.

2.1 Шероховатость.

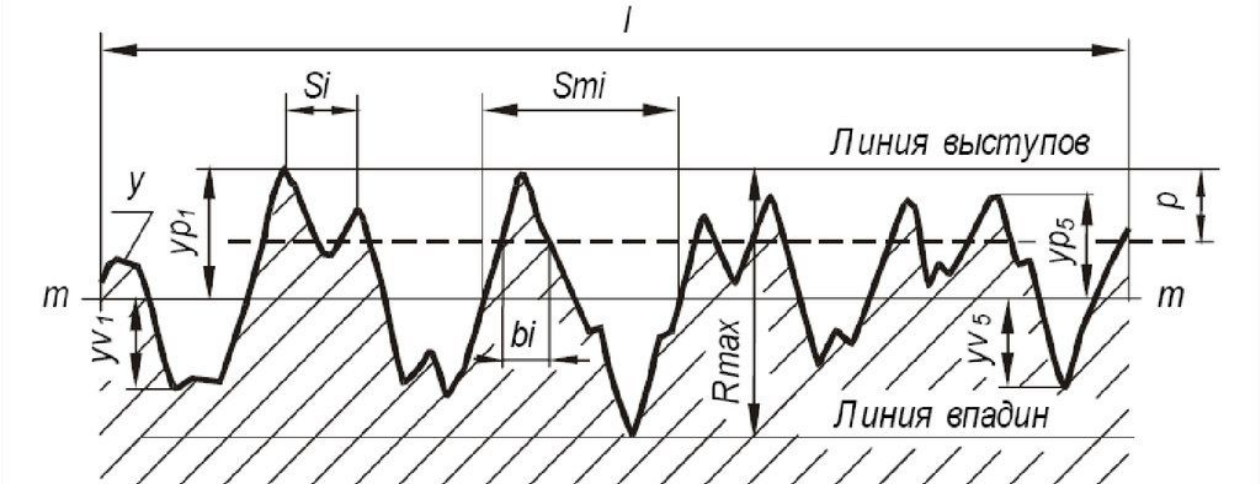
Схема реальной поверхности.



Шероховатость поверхности – совокупность неровностей с относительно малыми шагами, в пределах базовой длины, образующих рельеф поверхности деталей.

<u>Характеристика шероховатости поверхности</u>: $S_m/R_z < 50$

Для ***количественной оценки шероховатости*** существуют следующие параметры:



1. <u>Среднее арифметическое отклонение профиля</u>:

$$R_a = \frac{\sum_{i=1}^{n} |y_i|}{n}$$

<u>2. Высота неровностей профиля по 10 точкам</u> (в пределах базовой длины):

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^{5} y_{max} + \sum_{i=1}^{5} y_{min}}{5}$$

3. Наибольшая высота неровностей профиля R_{max} ;

4. Средний шаг неровностей профиля (по средней линии): S_m ;

5. Опорная длина профиля (сумма пересечений средней линии):

$$l_p = \sum l_i$$

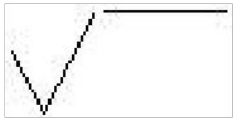
6. Относительная опорная длина:

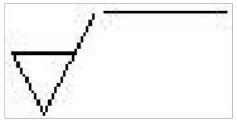
$$t_p = \frac{l_p}{L} \cdot 100\%$$

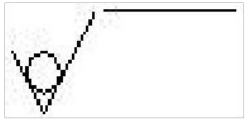
7. Уровень сечения (где проведена средняя линия): p ;

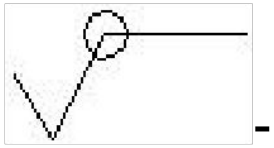
8. Средний шаг неровностей профиля по вершинам: S.

Обозначение шероховатости на чертеже

 - конструктор не оговаривает способ обработки.

 - данная поверхность получена одним определённым способом.

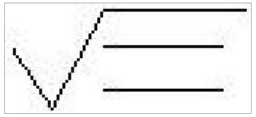
 - поверхность не обрабатывается.

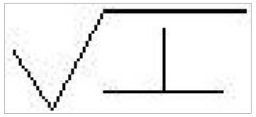
 - обработка по контуру.

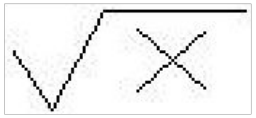
- обработка происходит без снятия стружки.

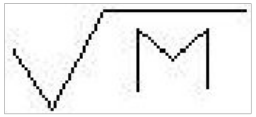
Класс точности	R_z (мкм)	R_a (мкм)
1	320	100
2	160	50
3	80	25
4	40	12,5
5	20	6,3
6	10	3,2
7	6,3	1,6
8	3,2	0,8
9	1,6	0,4
10	0,8	0,2
11	0,4	0,100
12	0,2	0,050
13	0,1	0,025
14	0,06	0,012

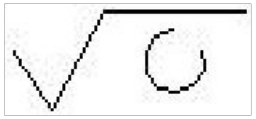
Направление следов обработки:


– параллельное направление следов;


– перпендикулярное;


– перекрещивающееся;


– произвольное направление;


– кругообразное;

– радиальное.

Оговаривается направление следов обработки в связи с тем, что они могут влиять на работоспособность детали в узле (например, уменьшать трение).

2.2 Волнистость поверхности.

Волнистость поверхности – это совокупность периодически чередующихся возвышенностей и впадин, образующих неровности поверхности с шагом больше базовой длины, принятой при измерении шероховатостей.

$$\frac{\square_{\square\square\square}}{\square\square_{\square\square\square}} = \square\square\square\square \ldots \square\square\square\square\square$$

Высота волнистости:

$$\square\square_{\square\square} = \frac{\square\square}{\square\square} \sum_{\square\square=\square\square}^{\square\square} \square\square_{\square\square\square}$$

Средний шаг:

$$\square\square_{\square\square} = \frac{\square\square}{\square\square} \sum_{\square\square=\square\square}^{\square\square} \square\square_{\square\square\square}$$

Контроль шероховатости.

Для грубых классов (R_a 100÷6,3) – контроль визуальный;

Для R_a 3,2÷1,6 – контроль визуальный с лупой;

Для R_a 0,8÷0,012 – контроль осуществляют приборами (профилометрами, которые снабжены регистрирующими устройствами, поверхность ощупывается алмазной иглой; а так же профилографами).

2.4 Макроотклонения.

Макроотклонения – это отклонения формы поверхности. Макрогеометрические отклонения являются единичными на протяжении всей рассматриваемой поверхности. Макрогеометрические отклонения характеризуются следующей величиной:

$$\frac{L}{H} > 1000$$

2.5 Влияние различных факторов на шероховатость поверхности.

Шероховатость зависит от:

1. материала заготовки и его свойств;
2. метода обработки и режима резания;
3. характера режущего инструмента и его геометрии;
4. жёсткости системы СПИД и её вибрации;
5. вида и состава СОЖ.

1. ***Материал заготовки.***

Разные материалы при одних и тех же методах и условиях обработки приобретают различные шероховатости.

Причины такого колебания – это различная склонность к образованию нароста и явлению адгезии.

Шероховатость выше при обработке малоуглеродистых, чем при обработке высокоуглеродистых сталей

Шероховатость R_z меньше

- при обработке сталей, в состав которых входит Свинец и Сера;
- При обработке сталей с мелкозернистой структурой.

Шероховатость поверхности зависит и от технологических условий получения заготовок:

Прокат – на нём остаются следы погрешностей прокатных валков:

R_z горячекатаного проката – до 150 мкм;

R_z холоднокатаного проката – до 50 мкм.

Поковки:

Поковка свободной ковкой – до 1,5…4 мм;

Поковка горячей штамповкой – до 50 мкм.

Отливки:

Литьё в песчаной форме – до 500 мкм (мелкие);

Литьё в песчаной форме – до 1500 мкм (крупные);

Литьё в кокиль и центробежное – до 200 мкм;

Литьё по выплавляемым моделям – до 40 мкм;

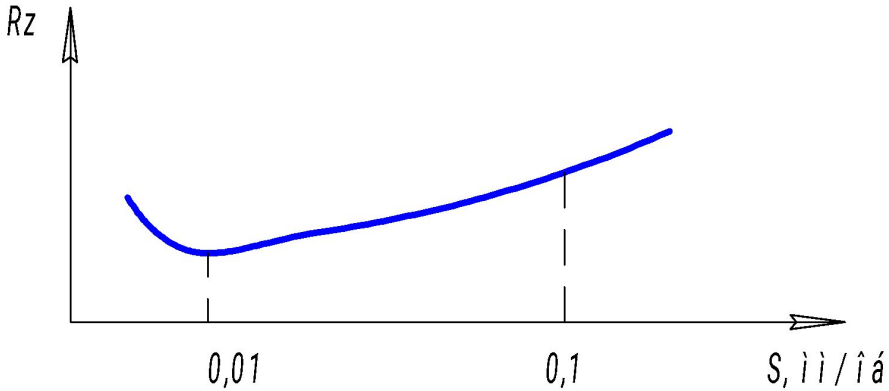
Литьё под давлением – до 10 мкм.

2. Метод обработки и режимы резания

Каждому способу обработки соответствует определенный диапазон высоты шероховатости:

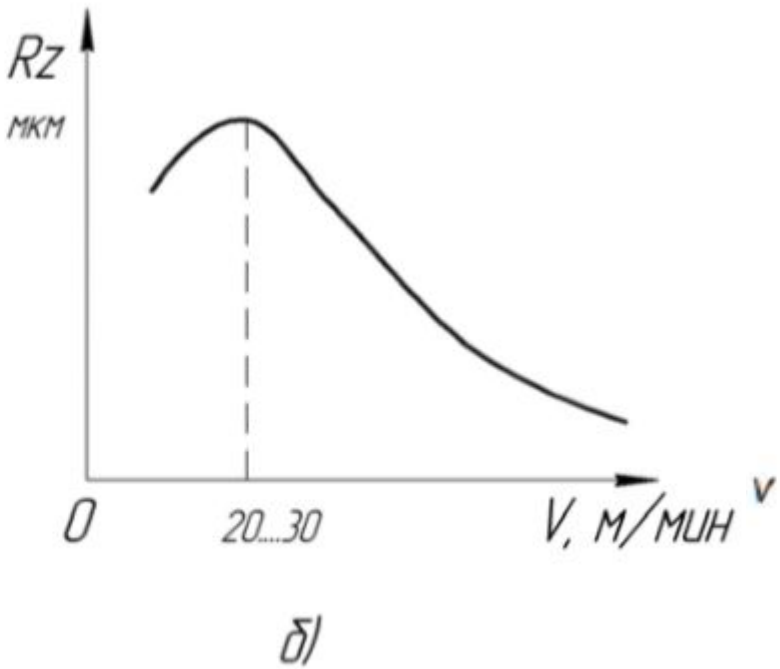
Черновое точение - 150 – 80 мкм
Тонкое точение - 10 – 6 мкм
Сверление - 10 – 20 мкм
Зенкерование - 4 – 10 мкм
Фрезерование
цилиндрическое черновое - 10 мкм
чистовое – 2,5 мкм
тонкое - 1,25 мкм
торцовое - 10 – 0,63 мкм
Развертывание предварительное – 4 – 2,5 мкм
чистовое - 1,25 мкм
тонкое - 0,63 мкм
Протягивание чистовое - 2,5 – 1,25 мкм
Отделочное – 0,63 мкм
Круглое шлифование - 0,63 – 0,32 мкм
Хонингование - 0, 8 – 0,2 мкм

На шероховатость влияют подача и скорость резания:



С увеличением подачи S - R_Z шероховатость увеличивается.

С уменьшением подачи S до 0,01 мм/об R_Z шероховатость – возрастает, что объясняется упругими отжатиями в системе СПИД.



На рисунке показано ***влияние скорости резания на шероховатость поверхности*** при точении

После обтачивания стальной заготовки со скоростью резания в диапазоне скоростей 20…30 м/мин наблюдается наибольшая шероховатость, <u>что связано с явлением активного образования нароста</u> на режущей части резца. При скорости резания свыше 80 м/мин образование нароста практически прекращается.

3. Геометрия режущего инструмента

Геометрия инструмента ***в большой мере сказывается на величине шероховатости,*** в первую очередь – радиус при вершине **r**, затем **ф** и $\boldsymbol{ф_1}$, и другие углы.

Для уменьшения шероховатости нужно увеличивать радиус при вершине, сделать равным ∞. Такие резцы удобно использовать при чистовой обработке.

Значительное влияние на шероховатость поверхности оказывает состояние режущей кромки инструмента.

Затупление режущего инструмента приводит к увеличению шероховатости обработанной поверхности.

Для получения низкой шероховатости обработанной поверхности рабочие поверхности инструмента изготавливают на 3…4 параметра выше параметра шероховатости поверхности детали.

4. Жесткость системы СПИД

Вибрации оказывают отрицательное воздействие, на процесс резания, ухудшая качество и точность обработанной поверхности, так как изменяют положение режущей кромки инструмента.

Для уменьшения вибраций необходимо:

- подбор СОЖ;
- увеличить жесткость системы СПИД;
- правильный выбор термобработки детали;
- правильный выбор геометрии (применение виброгасящей фаски);
- правильный выбор режимов резания;
- выбор виброгасителя.

5. Влияние СОЖ при резании

- охлаждающее действие;
- пластифицирование поверхностного слоя

путем адсорбирования поверхностно-активных веществ, которые оказывают расклинивающее действие;

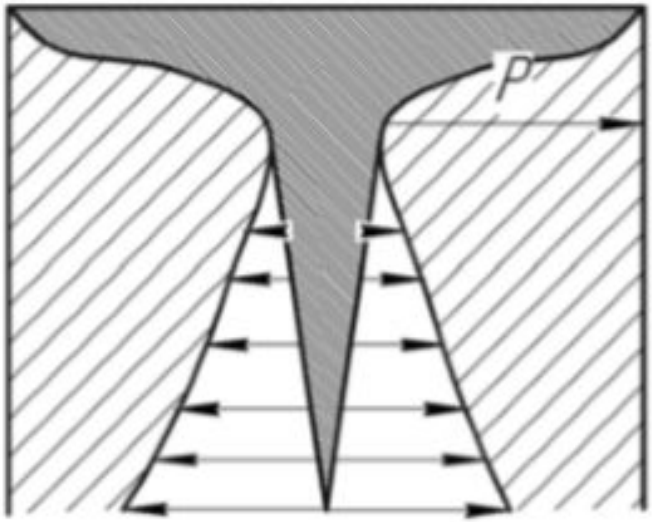
- смазочное и химическое воздействие.

Расклинивающее действие С

Молекулы активных веществ,

проникая в трещины,

создают давление до 100 Па



Существуют эмпирические зависимости для определения параметров шероховатости Ra, Rz и др. поверхностного слоя от элементов режима резания V, S, D и др. условий <γ, [σ_p] и вида обработки.

Пример 1.

Определить Ra профиля шероховатости при электромеханической обработке (ЭМО) наружных цилиндрических поверхностей деталей из ст. 45, предварительно обработанных точением (Ra=6,3 мкм) и шлифованием (Ra=1,6 мкм).

- **Условия ЭМО**: проф. радиус работы раб. ролика ρ_p= 1.5мм, задний угол вдавливания ролика φ 0,20^o, сила тока I= 500А, сила давления рабочего ролика на обрабатываемую поверхность P= 800 Н, окружная $v_{детали}$= 30 м/мин, S= 0,15 мм/об.

Подставим исходные данные в уравнение:

Если деталь была предварительно обработана точением:

$$= 0{,}006 \cdot \text{[illegible]}_{\text{исх}}^{1{,}03} \cdot \text{[illegible]}^{-0.03} \cdot \left(\frac{\text{[illegible]}}{10}\right)^{-0.4} \cdot \text{[illegible]}^{-0.37} \cdot \text{[illegible]}^{0.35} \cdot \text{[illegible]}^{0.36} \cdot \text{[illegible]}^{-1.03}$$

$$= 0{,}006 \cdot 6.3^{1.03} \cdot 500^{-0.03} \cdot 80^{-0.4} \cdot 30^{0.37} \cdot 0.15^{0.35} \cdot 1.5^{0.36} \cdot 0.003^{-1.03}$$

$$= 0.006 \cdot 6.66 \cdot 0.83 \cdot 0.17 \cdot 3.5 \cdot 0.51 \cdot 1.157 \cdot 400.0025$$

$$= 4.66 \text{ мкм.}$$

Если деталь была предварительно шлифована

$$= 0{,}18 \cdot R_{a\,исх}^{1{,}22} \cdot V^{-0.03} \cdot \left(\frac{S}{10}\right)^{-0.41} \cdot t^{-0.36} \cdot D^{0.29} \cdot \sigma_{в}^{0.2} \cdot \left(\frac{E_{1}}{E_{2}}\right)^{-0{,}28}$$

$$= 0{,}18 \cdot 1{,}6^{1.22} \cdot 500^{-0.03} \cdot 80^{-0.41} \cdot 30^{0.36} \cdot 0.15^{0.2} \cdot 1.5^{0.2}$$

$$\cdot 0.0035^{-0{,}28} = 0.18 \cdot 1{,}77 \cdot 0.83 \cdot 0.17 \cdot 3.4 \cdot 0.57 \cdot 1.08 \cdot 5$$

$$= 0{,}47 \text{ мкм.}$$

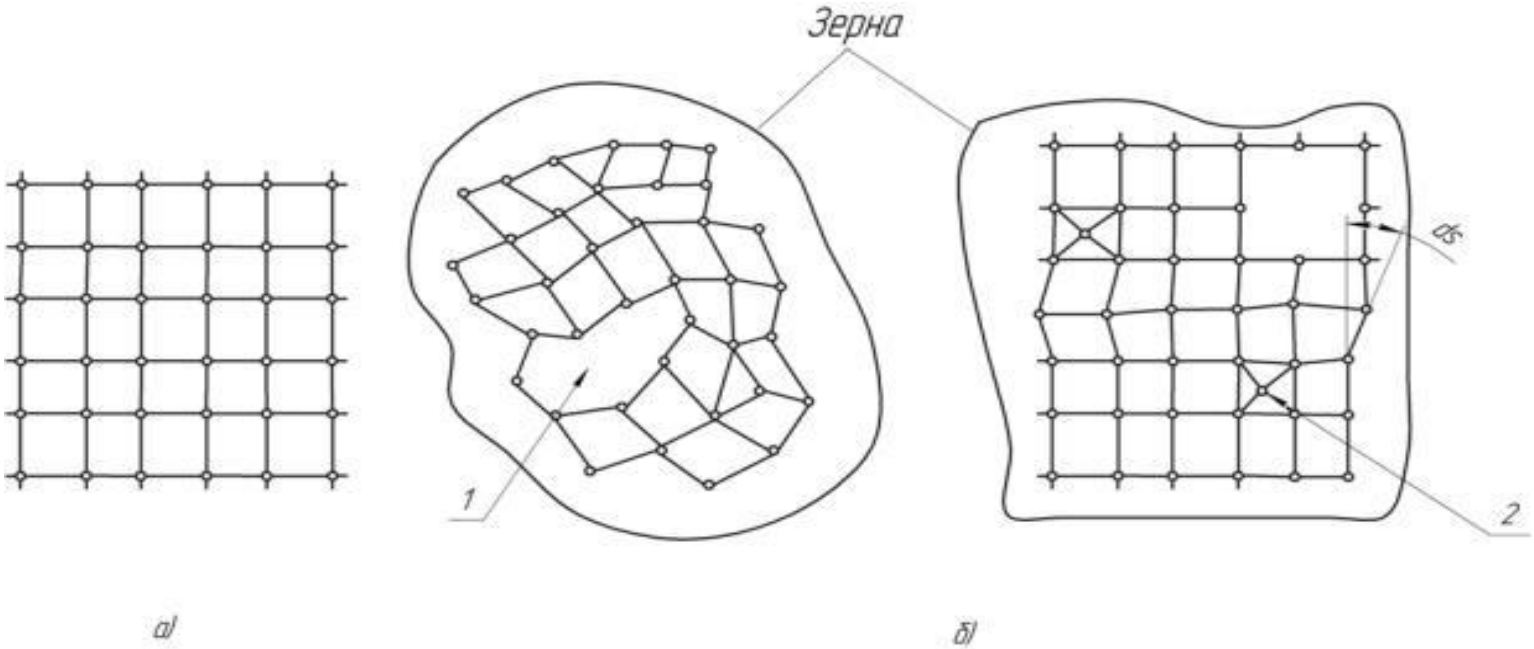
Рекомендации по выбору высоты шероховатости в зависимости от требуемой точности обработки.

При $d > 50$ мм, $R_z=(0,10\div0,15)Td$;

$18 < d < 50$ мм, $R_z=(0,15\div0,20)Td$;

При $d < 18$ мм, $R_z=(0,20\div0,25)Td$.

1. Состояние поверхностного слоя



<u>Строение реального кристалла</u> – зерна имеет <u>нарушение идеальной кристаллической решетки:</u>

1 – вакансии – отсутствие атома в узле решетки,

2 – дислокации – неправильное расположение атомов не в узлах, а в междузлиях,

$\alpha_б$ - угол разориентировки блоков зерна.

- Металл подвергается сначала упругой, затем пластической деформации, а затем наступает разрушение – снятие припуска.
- - ***Пластическая деформация*** объясняется тем, что по самой слабой дислокации происходит сдвиг элементов кристаллической решетки, ***то есть происходит движение дислокации,*** и происходить оно будет до тех пор, ***пока атомы дислокации не займут более прочное, выгодное положение, чем первоначальное.*** И так далее при дальнейшем увеличении силы.

- Таким образом механизм перемещения дислокаций объясняет явление упрочнения металла по мере пластической деформации, которая кроме того сопровождается увеличением плотности дислокаций, повышая его напряженность.
- Взаимодействие полей напряжений дислокаций между собой и с другими дефектами решетки затрудняет движение дислокаций, сопротивление пластической деформации возрастает – металл упрочняется.

- <u>В процессе пластической деформации выделяется тепло.</u>

При этом почти вся работа деформации (98-99%) переходит в тепло и лишь – 1-2% затрачивается на образование новых поверхностей.

С одной стороны, Температура резания (не выше 300◦С- для стали) способствует повышению активности колебаний глубже расположенных атомов в поверхностном слое, что ***приводит к более глубокому упрочнению***.

С другой стороны, Температура резания, близкая к критической (для стали – более 500◦С), ***способствует восстановлению первоначального положения атомов, что приводит к разупрочнению поверхностного слоя***.

Т.е. ***в результате пластической деформации в поверхностном слое в зависимости от количества тепла, выделяющегося при резании, преобладает либо процесс упрочнения (малые скорости резания – малые температуры резания), либо разупрочнения (высокие скорости – высокие температуры).***

- Кроме того влияние процессов резания лезвийным инструментом на изменения поверхностного слоя (сталей с HRC до 40) проявляется в виде ***возникновения остаточных напряжений в поверхностном слое***, которое может быть объяснено рядом причин:
- - при резании на малых скоростях Режущий инструмент вытягивает верхние волокна подрезцового слоя, которые претерпевают деформацию растяжения.

- После удаления Реж. инструмента ***верхние волокна обработанной поверхности приобретают остаточные напряжения сжатия, а нижележащие – напряжения растяжения.***

- ***При обработке металлов с большими скоростями резания и при температуре более 500◦С в поверхностных слоях образуются напряжения растяжения*** (скоростное резание – точение, фрезерование).

4.Влияние качества поверхности на эксплуатационные свойства деталей.

- **Эксплуатационные свойства деталей машин** находятся в прямой связи с геометрическими характеристиками поверхности и свойствами поверхностного слоя.

- ***Долговечность детали*** зависит от возможностей детали ***сопротивляться коррозии, износу и усталостному разрушению и от способности сохранять в процессе эксплуатации прочность неподвижных соединений.***

1. **Шероховатость поверхности детали оказывает значительное влияние** и на ее коррозионную стойкость, так как с уменьшением микронеровностей поверхности уменьшается и площадь соприкосновения с корродирующей средой, следовательно, меньше влияние среды.

С увеличением глубины впадин микронеровностей и резкости их очертаний повышается разрушающее действие коррозии, направленное вглубь металла.

2. **На износостойкость поверхности** влияют

- сопротивляемость поверхностного слоя разрушению
- и макрогеометрические отклонения, которые вызывают неравномерное изнашивание отдельных участков.

- ***Волнистость*** приводит к увеличению удельного давления, так как трущиеся поверхности соприкасаются с выступами волн.
- ***Вершины макронеровностей*** могут вызвать разрывы масляной пленки, вследствие чего в местах разрывов создается сухое трение.

3. **Усталостная прочность деталей также зависит** от шероховатости поверхности, так как наличие рисок, глубоких и острых царапин создает очаги концентрации внутренних напряжений, приводящих к разрушению деталей.

- Такими очагами могут являться и впадины между гребешками микронеровностей, что не относится к деталям из чугуна и цветных сплавов, в которых концентрация напряжений возможна в меньшей степени.

4.От шероховатости поверхности (особенно от высоты микронеровностей) ***зависит прочность прессовых соединений***, поскольку при запрессовке одной детали происходит «сглаживание» неровностей сопрягаемых поверхностей, вызывающее ослабление натяга.

- ***Волнистость и огранка*** оказывают значительное влияние на качество запрессовки, так как ***они снижают фактическую поверхность контакта деталей и снижают прочность запрессовки***.

5.***Наклеп на поверхностном*** слое сопрягаемых деталей ***уменьшает смятие поверхностных гребешков при запрессовке и эксплуатации*** и поэтому **увеличивает надежность прессовых соединений.**

6.**Наличие** в поверхностном слое ***втулки сжимающих напряжений***, а в поверхностном слое ***вала растягивающих напряжений – способствует наименьшему износу прессовых соединений.***

Технологическое обеспечение требуемых эксплуатационных качеств деталей машин.

С целью уменьшения разности в твёрдости различных участков поверхности детали и для снижения уровня неблагоприятных остаточных напряжений,
в технологический процесс вводят методы поверхностно-пластического деформирования, а так же методы термической и термохимической обработки.

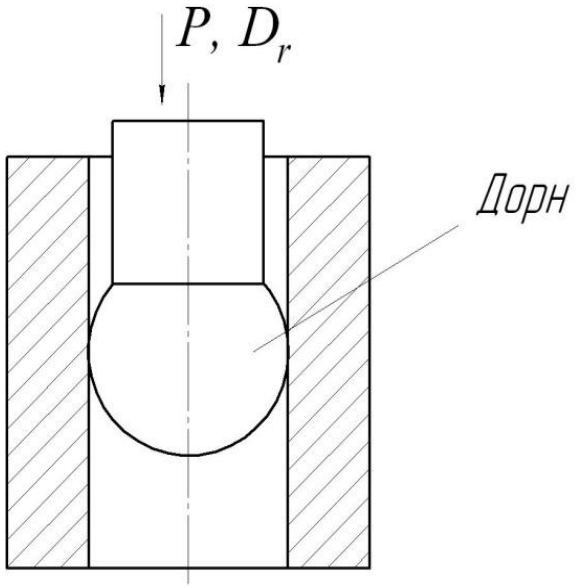
К таким методам относят:

Дорнование отверстий:

проталкивание прошивки или деформирующей протяжки.

- R_z понижается до 0,16 мкм,
- повышается точность,
- появляется наклёп

(упрочнение поверхностного слоя),



кроме того ***приобретаются остаточные напряжения сжатия*** по втулке.

Повышается выносливость деталей в 4 раза, по сравнению с обработкой отверстия сверлением.

Обкатывание шариками и роликами.

Осуществляется на станках токарной группы.

Сила прижима ролика – P=1000… 3000 Н

Число проходов – 2..3

Можно получить шероховатость R_a 0,63 .. 0,16 мкм

Глубина наклепа h = 4…5 мм

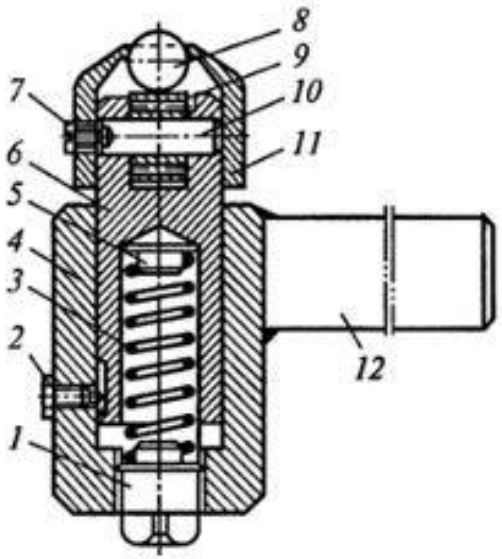
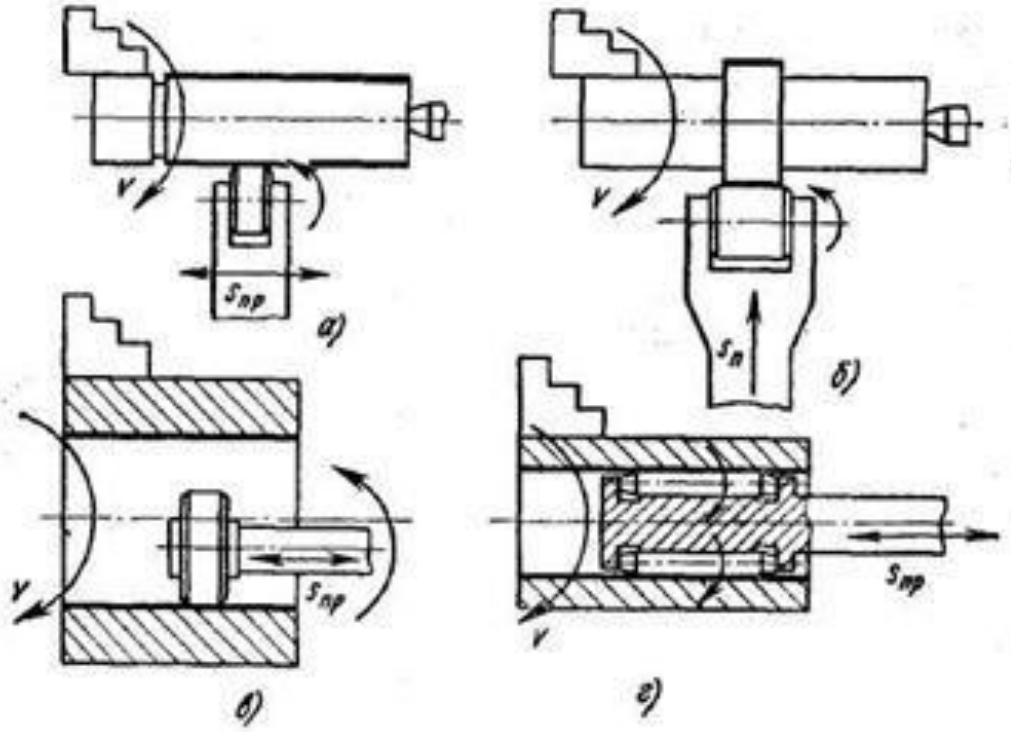


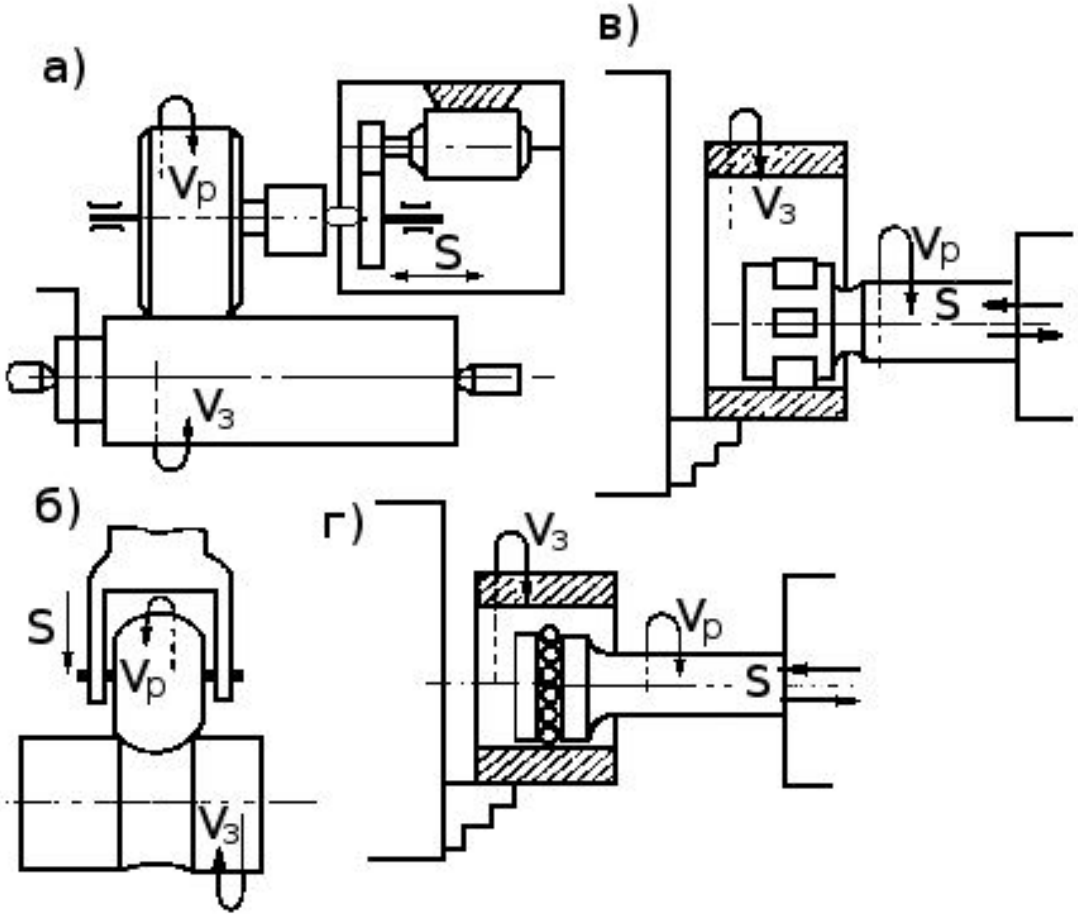
Рис. 4.49. Инструмент для обкатывания наружных поверхностей вращения:

1 — пробка; *2* — болт; *3* — пружина; *4* — корпус; *5* — подпятник; *6* — пиноль; *7* — стопор; *8* — шарик; *9* — подшипник; *10* — ось; *11* — колпачок; *12* — хвостовик

autowelding.ru

Усталостная прочность обкатанных образцов по сравнению с шлифованными возрастает в несколько раз!


v
$s_{пр}$
а)
v
$s_п$
б)
v
$s_{пр}$
в)
v
$s_{пр}$
г)


а)
Vр
S
Vз
в)
Vз
Vр
S
б)
S
Vр
Vз
г)
Vз
Vр
S

Алмазное выглаживание.

Алмаз – r =1,5 … 4,0 мм
$S_{прод}$= 0,04÷0,1 мм/об;
$V_{заг.}$= 40−50 м/мин;
$P_{прижима}$= 50−200 Н.

Этим видом обработки можно обрабатывать закалённые, а так же вязкие, жаропрочные стали и сплавы.

Дробеструйная обработка применяется для повышения усталостной прочности деталей машин сложной формы.
Материал дроби – сталь, чугун, стекло.
Срок службы у пружин повышается – в 1,5 …2 раза,
Рессор – в 10…12 раз.

Таким образом,

управляя методами обработки, можно создать желаемое качество поверхности, соответствующее определенным условиям эксплуатации детали.