Прочитать лекцию и ответить на контрольные вопросы. Готовые ответы отправлять на электронную почту [danilov.37@bk.ru](mailto:danilov.37@bk.ru)

## Методы повышения качества поверхностного слоя деталей

К методом повышения качества поверхности относятся различные методы упрочнения и отделочная обработка. Их ос- новной задачей является обеспечение заданного качества поверхностного слоя, которое характеризуется его физико- механическими свойствами и микрогеометрией.

Известно, что состояние поверхностного слоя валов и других деталей оказывает существенное влияние на эксплуатаци- онные свойства машин. Специальной обработкой можно придать поверхностным слоям деталей машин особые физико- механические свойства. Для этой цели в машиностроении применяют ряд методов. Все эти методы могут быть классифици- рованы следующим образом:

* методы поверхностной термической обработки [обычная закалка, закалка токами высокой частоты (ТВЧ)];
* химико-термические методы (цементация, азотирование, планирование);
* диффузионная металлизация (диффузионное алитирование, хромирование, силицирование и др.);
* покрытие поверхностей твердыми сплавами и металлами (покрытие литыми и порошкообразными сплавами);
* металлизация поверхностей (распыление расплавленным металлом);
* поверхностно-пластическое деформирование.

**Закалка поверхностная** – нагревание электротоком или газовым пламенем поверхности изделия. Сердцевина изделия после охлаждения остается незакаленной. Закалкой получается твердая износоустойчивая поверхность при сохранении прочной и вязкой сердцевины. Кроме того, поверхностная закалка может осуществляться с помощью лазерного луча.

**Цементация** – насыщение поверхностного слоя стали углеродом при нагревании ее в твердом, газообразном или жид- ком карбюризаторе, выдержка и последующее охлаждение. Детали после цементации подвергаются закалке для достижения высокой твердости поверхностного слоя и сохранения пластичной сердцевины.

**Азотирование** – насыщение поверхностного слоя стали азотом при нагревании в газообразном аммиаке (температура не ниже 450 °С), выдержка при этой температуре и последующее охлаждение. Повышается твердость, износоустойчивость и антикоррозийные свойства.

**Цианированне** – одновременное насыщение поверхностного слоя стали углеродом и азотом. При этом повышаются твердость, износостойкость.

Для придания стали специальных физических и химических свойств (жаростойкости, антикоррозийных свойств и др.) применяют диффузионную металлизацию. Она заключается в нагревании стальной поверхности, контактирующей с метал- лосодержащей средой, до высокой температуры, насыщении поверхности алюминием (алитирование), хромом (диффузион- ное хромирование), кремнием (силицирование) и другими металлами, выдержке и последующем охлаждении.

**Покрытие поверхностей** твердыми сплавами и металлами, а также металлизацию (напыление) применяют для повы- шения износостойкости поверхностей.

При использовании в качестве присадочного материала порошков возможны следующие методы напыления – плазмен- ное напыление, с применением лазеров и др.

**Поверхностно-пластическое деформирование (ППД)** – один из наиболее простых и эффективных технологических путей повышения работоспособности и надежности изделий машиностроения. В результате ППД повышаются твердость и прочность поверхностного слоя, формируются благоприятные остаточные напряжения, уменьшается параметр шероховато- сти Rа, увеличиваются радиусы закругления вершин, относительная опорная длина профиля и т.п.

Формирование поверхностного слоя с заданными свойствами должно обеспечиваться технологией упрочнения. Основные способы поверхностного пластического деформирования, достигаемая точность и шероховатость поверх-

ностей показаны в табл. 7.

Наиболее широко применяют способы обкатывания и раскатывания шариковыми и роликовыми обкатниками наруж- ных и внутренних цилиндрических, плоских и фасонных поверхностей. Цилиндрические наружные, внутренние, фасонные поверхности обрабатываются, как правило, на токарных, револьверных, сверлильных и других станках; плоские поверхности

– на строгальных, фрезерных станках. Примеры обкатывания и раскатывания поверхностей роликами приведены на рис. 19.

Обычно этими способами обрабатывают достаточно жесткие детали из стали, чугуна и цветных сплавов.

Таблица 7

**Основные способы поверхностного пластического деформирования (ППД)**

Поверхности

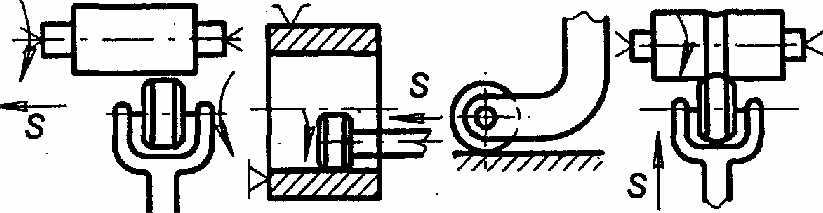
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наружные цилиндрические | | | | | | | | Внутренние цилиндрические | | | | | | | | Плоские | | | | | | | | Фасонные | | | | | | | |
| Обкатывание роликами | | Обкатывание шариками | | Калибрующее накаты- вание роликами | | Алмазное выглаживание | | Центробежная обработ- ка | | Поверхностное раска- тывание | | Деформирующее протя- гивание, прошивание | | Калибрование шарика- ми | | Алмазное выглаживание | | Обкатывание роликами | | Многороливовое обка- тывание | | Вибрационное обкаты- вание | | Обкатывание шариками | | Центробежная обработ- ка | | Алмазное выглаживание | | Обработка дробью | |
| IT | Ra | IT | Ra | IT | Ra | IT | Ra | IT | Ra | IT | Ra | IT | Ra | IT | Ra | IT | Ra | IT | Ra | IT | Ra | IT | Ra | IT | Ra | IT | Ra | IT | Ra | IT | Ra |
| 10…7 | 2,0…0,05 | 10…7 | 2,0….0,05 | 8…7 | 0,4…0,025 | 7…5 | 0,15…0,02 | 9…7 | 0,4…0,1 | 8…7 | 2,0…0,05 | 7…6 | 0,15…0,1 | 9…6 | 0,4…0,02 | 7…5 | 0,1…0,05 | 10…7 | 2,0…0,1 | 10…7 | 2,0…0,1 | 10…7 | 2,0…0,025 | 9…8 | 2,5…0,16 | 10…8 | 1,25…0,16 | 9…8 | 0,4…0,1 | 7…5 | 0,1…0,05 |

На рис. 19, *а* показана схема обработки цилиндрических наружных и внутренних поверхностей.

Качество обрабатываемой поверхности при обкатывании роликами и шариками в значительной степени зависит от ре- жимов деформирования: силы обкатывания (или давления на ролик и шарик), подачи, скорости, числа рабочих ходов и при- меняемой смазочно-охлаждающей жидкости. До обкатывания и раскатывания заготовки обрабатывают точением, шлифова- нием и другими способами, обеспечивающими точность по 7 – 9-му квалитету. Припуск на обработку обычно рекомендуется выбирать равным 0,005...0,02 мм.

Пластическое поверхностное деформирование может быть отделочно-упрочняющей операцией (улучшает шерохова- тость поверхности и упрочняет поверхностный слой), отделочно-упрочняющей и калибрующей операцией (кроме сказанного выше, повышает точность обработки); отделочно-калибрующей операцией (упрочнения не происходит).

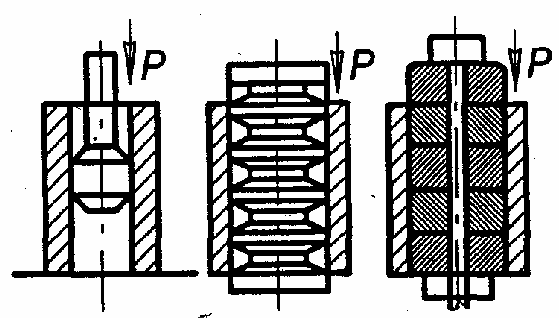
Внутренние цилиндрические поверхности, кроме рассмотренных операций раскатывания, пластически деформируют путем прошивания и протягивания выглаживающими прошивками и протяжками (дорнование) и шариками. Схемы обра- ботки отверстий дорнованием приведены на рис. 20.



**Рис. 19 Схемы обработки роликом:**

*а* – наружных и внутренних цилиндрических поверхностей;

*б* – плоских поверхностей; *в* – фасонных поверхностей



**Рис. 20 Схемы дорнования отверстий:**

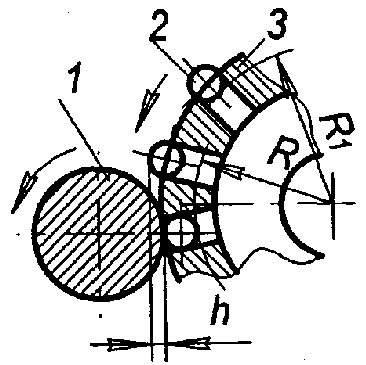
*а* – однозубым дорном; *б* – многозубым дорном;

*в* – многозубым составным дорном

Этими способами можно упрочнять, калибровать фасонные поверхности (шлицы, отверстия). Точность обработки по- верхностей повышается на 30...60 %, шероховатость обработанных внутренних поверхностей уменьшается. При обработке отверстий обязательным является применение смазочно-охлаждающих жидкостей. Дорнование осуществляются на про- тяжных станках и прессах.

Наряду с изложенными выше способами широко применяют центробежное (инерционное) упрочнение. При этом ис- пользуется центробежная сила шариков (роликов), свободно сидящих в радиальных отверстиях быстровращающегося диска. Схема центробежной обработки поверхности шариками показана на рис. 21.

Шарики *2* при вращении диска *3* смещаются в радиальном направлении, нанося многочисленные удары по заготовке *1* и пластически деформируя поверхность. Для получения поверхностей с минимальным параметром шероховатости и упрочненным слоем небольшой глубины применяют ал- мазное выглаживание. Процесс аналогичен обкатыванию, но инструментом служит кри- сталл алмаза, находящийся в специальной державке.



*2*

*3*

К методам пластического деформирования, упрочняющим поверхности деталей от- носятся: обработка дробью, гидровиброударная обработка; электромагнитное, ультра- звуковое упрочнение и др.

**Отделочная обработка.** На этапе отделочной обработки обеспечиваются повы- шенные требования к шероховатости поверхности. При этом могут повышаться в не- большой степени точность размеров и формы обрабатываемых поверхностей. К методам отделочной обработки относятся доводка, притирка, суперфиниширование, полирование и пр.

## Рис. 21 Схема центробежной обкатки

**Абразивная доводка является** окончательным методом обработки заготовок де- талей типа тел вращения, обеспечивающим малые отклонения размеров, отклонение формы обрабатываемых поверхностей и Rа = 0,16…0,01 мкм. Этот метод характеризу- ется одновременным протеканием механических, химических и физико-химических процессов. Доводку выполняют с помощью ручных притиров или на специальных дово- дочных станках(рис. 22).

В единичном производстве, при ремонте притирку производят на токарном станке притиром в виде втулки, сделанной по размеру притираемой детали, с одной стороны втулка разрезана (рис. 22, *а*)

Втулку смазывают доводочной пастой или тонким слоем мелкого корундового порошка.

Деталь при доводке смазывают жидким машинным маслом или керосином. Припуск на доводку составляет 5...20 мкм на диаметр. Скорость вращения заго-

товки

v32 = 10….20 м/мин.

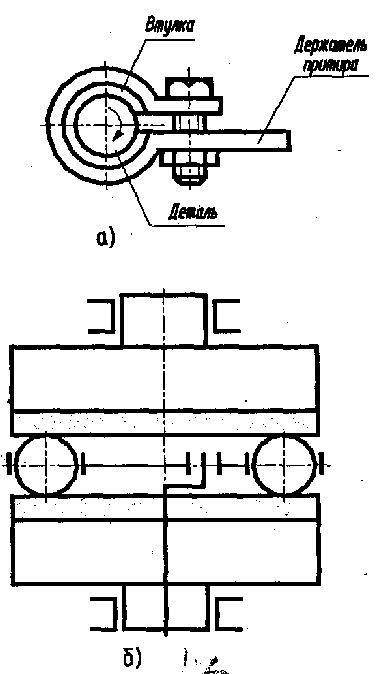
В крупносерийном и массовом производстве процесс механизирован и иногда называется лаппингование.

Притирка осуществляется между двумя чугунными (свинцовыми, медными) притирами (рис. 22, *б*).

Диски вращаются в разные стороны. Детали закладываются в сепаратор, закреп- ленный на кривошипе. Достижимая точность процесса – IТ6, Ra = 0,05...0,025 мкм.

**Суперфиниширование** – отделочная обработка различных поверхностей дета- лей, в том числе цилиндрических, абразивными брусками (рис. 23). В результате су- перфиниширования шероховатость поверхности снижается до Ra = 0,1...0,012 мкм, увеличивается относительная опорная длина профиля поверхности с 20 до 90 %. Су- щественного изменения размеров и макрогеометрии поверхности не наблюдается. Обработка производится мелкозернистыми (зернистость не ниже 320) брусками с добавлением смазочного вещества (смесь керосина с маслом) при небольшой скоро- сти (до 2,5 м/с) и с весьма малыми давлениями инструмента на поверхность детали (0,1...0,3 МПа – для заготовок деталей из стали; 0,1...0,2 МПа – для заготовок деталей из чугуна и 0,05...0,1 МПа – для заготовок деталей из цветных металлов).

В простейших схемах обработки на различных станках общего назначения осуществляются следующие движения: вращение заготовки (окружная скорость



**Рис. 22 Схемы доводки:**

*а* – с помощью ручных притиров;

*б* – на плоскодоводочных станках

0,05...2,5 м/с); возвратно-поступательное движение (колебание инструмента или заготовки – ход 2...6 мм, число двойных ходов 200...1000 в 1 мин); перемещение инструмента вдоль поверхности заготовки. Толщина снимаемого слоя металла 0,005...0,02 мм.

**Полирование** предназначено для уменьшения параметров шероховатости поверхности без устранения отклонений раз- меров и формы деталей. При окончательном полировании достигается (при малых давлениях резания 0,03...0,2 МПа) пара- метр шероховатости – Ra = 0,1...0,012 мкм. Абразивными инструментами являются эластичные круги (войлок, ткань, кожа и т.п.), покрытые полировальными пастами, шлифовальные шкурки и свободные абразивы (обработка мелких заготовок в ба- рабанах и виброконтейнерах.

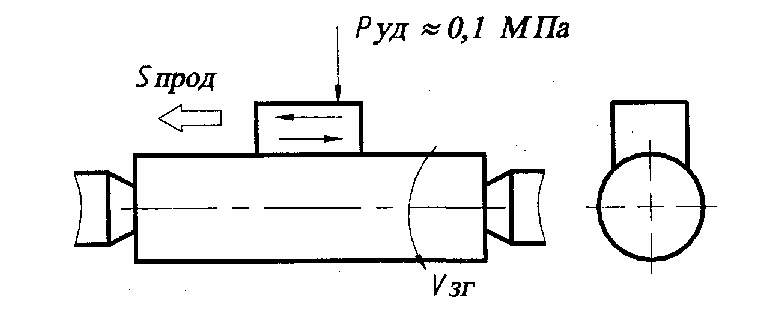


Рис. 23 Схема суперфиниширования

В качестве абразивных материалов применяют электрокорунд, карбиды кремния, бора, окись хрома, железа, алюминия, пасты ГОИ, алмазные и эльборовые шкурки и др.

Более подробные характеристики, типы и области применения абразивных инструментов и шлифовальных материалов приведены в соответствующих справочниках.

Контрольные вопросы:

1. Кратко описать методы повышения качества поверхностного слоя деталей.