

Восстановление свойств деталей промышленного оборудования

Слайд –лекция к занятию 8

Методы повышения износостойкости деталей оборудования

Срок службы деталей машин можно увеличить, применяя упрочняющие технологии.

Способов повышения износоустойчивости довольно много. Их можно разделить на несколько основных групп: термохимические; термические; механические; защитные покрытия и др.

1 Для сопряженных поверхностей, подвергаемых истиранию:

- тщательная механическая обработка (тонкое точение, шлифование, притирка);

- нанесение на поверхности деталей износостойчивых покрытий (металлизация, наплавка твердыми сплавами, хромирование);

- упрочнение поверхности электроискровым способом и термической обработкой (поверхностная закалка)

2 Для поверхностей, подвергающихся смятию:

- тщательная механическая обработка (тонкое точение, шлифование, притирка);

- повышение твердости наплавкой твердыми сплавами;

- упрочнение поверхности электроискровым способом и термической обработкой (поверхностная закалка)

3 Для поверхностей, подвергающихся абразивному износу:

- наплавка твердыми сплавами;
- поверхностная закалка

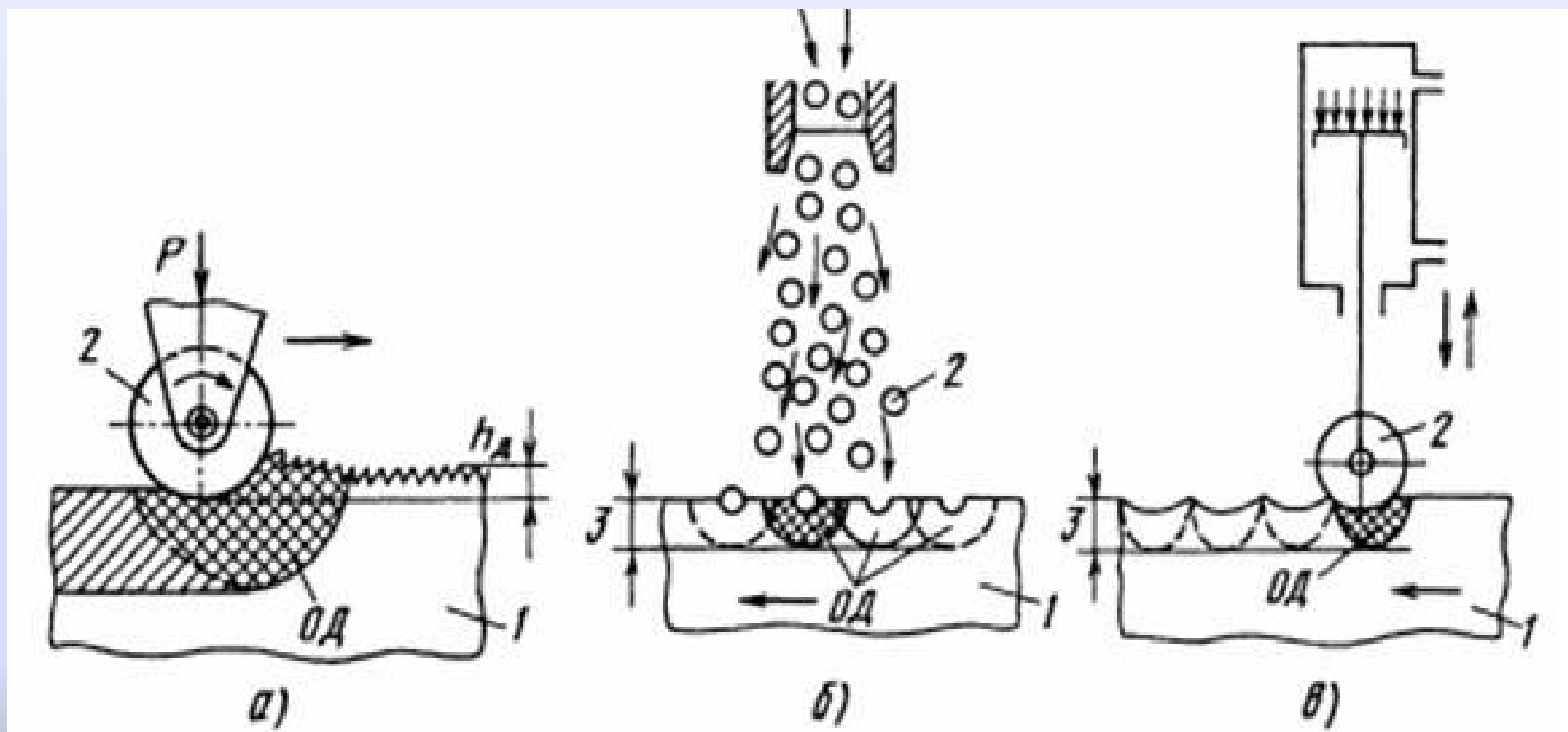
Рассмотрим наиболее простые по технологическим приемам способы повышения износоустойчивости рабочих поверхностей деталей.

Упрочнение наклепом (пластическим деформированием поверхности деталей)

Поверхностное пластическое деформирование — это метод обработки деталей наклепом, при котором пластически деформируется только поверхностный слой деталей. В результате уменьшается шероховатость поверхности, увеличивается твердость (микротвердость) металла, в поверхностном слое детали возникают сжимающие остаточные напряжения.

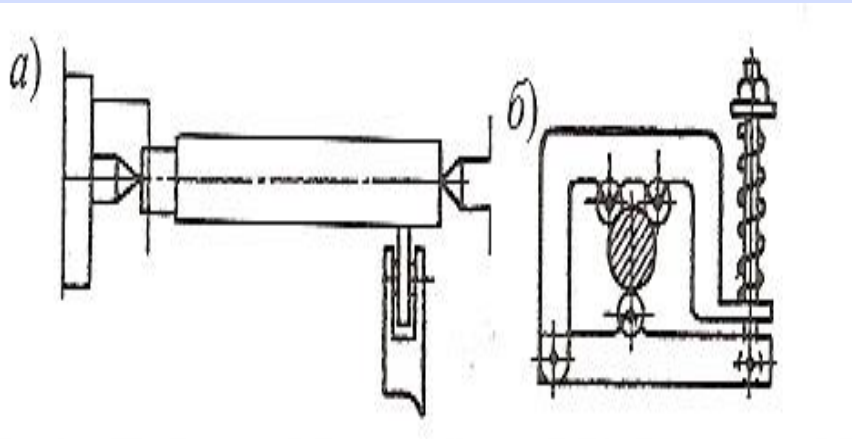
Улучшаются эксплуатационные показатели детали — повышается выносливость деталей в 1,5—2,3 раза, сопротивление схватыванию, контактная выносливость, и другие эксплуатационные показатели изделия.

На практике применяют упрочнение поверхностей деталей обкаткой роликами и дробеструйной обработкой.



Обкатывание и раскатывание поверхностей вращения производится для повышения эксплуатационных свойств деталей и замены шлифования незакаленных поверхностей после чистового точения. Эта обработка способствует улучшению наваренных поверхностей.

Обкатывание роликами производится на токарных или револьверных станках, а раскатывание — на токарных, револьверных и радиально-сверлильных станках в специальных приспособлениях.

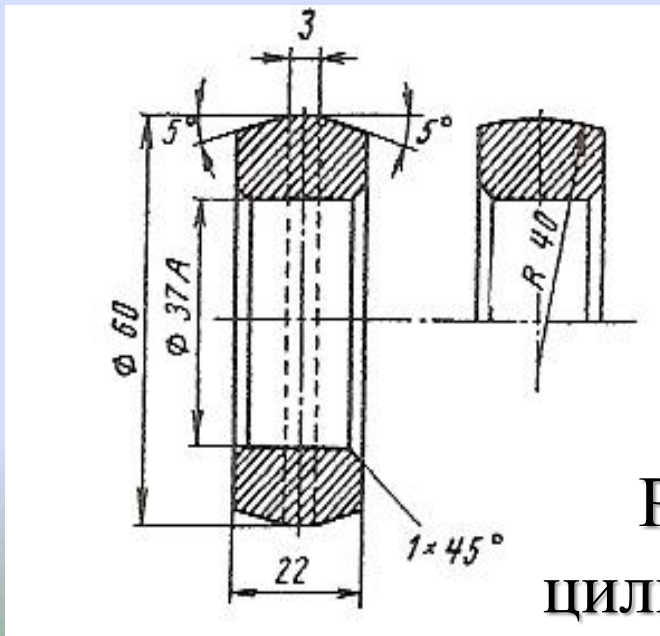


Приспособление для обкатывания цилиндрических поверхностей:

a — с одним роликом;

б — с тремя роликами

Величина изменения размеров деталей при обкатывании и раскатывании зависит от металла детали, усилия обкатывания, числа проходов» подачи, диаметра ролика и ширины цилиндрического пояска на ролике. При ширине пояска 3 мм и диаметре ролика 100 мм давление на ролик в зависимости от металла детали принимают от 50 до 200 Н при числе проходов от 2 до 4 класса.



После обкатывания высота микронеровностей уменьшается примерно вдвое, т.е. чистота поверхности повышается примерно на один

Ролики для обкатывания цилиндрической поверхности

Дробеструйный наклеп применяют для повышения усталостной прочности деталей, работающих в условиях переменных нагрузок. В отличие от обкатывания этот способ обработки применяется для деталей различной конфигурации.

В результате дробеструйной обработки изменяются физические свойства поверхностного слоя металла. Для мягких металлов твердость повышается на 20—40 %, благоприятнее распределяются напряжения по сечению детали, в результате чего повышается усталостная прочность.

Материалом для дробеструйного упрочнения могут служить стальная дробь, стеклянная дробь или обработанная режущая проволока. Выбор материала определяется типом комплектующего узла и его областью применения.

Мелкая дробь применяется для обработки мелких деталей, крупная — для крупных. Глубина наклепа не превышает 1 мм.

Дробеструйный наклеп деталей производят на пневматических или механических дробеметах. В пневматических дробеметах дробь через форсунку выбрасывается под давлением до 50—60 Н/см².

В механических дробеметах дробь выбрасывается вращающимся с большой скоростью ротором.

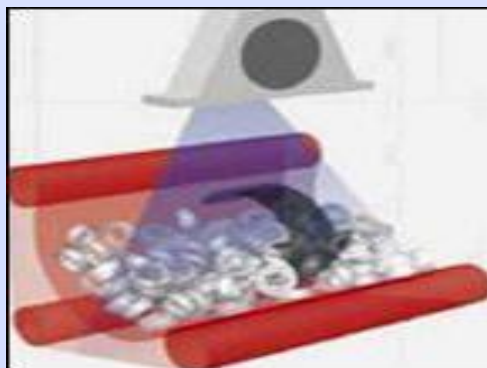
Дробеметные барабаны (**галтовочные барабаны**) - идеальное оборудование в смысле эффективности и экономичности обработки партий изделий. Вращение ленточного конвейера под потоком дроби обеспечивает тщательную очистку изделий даже в труднодоступных местах за один цикл работы.

Для упрощения разгрузки, направление вращения ленточного конвейера меняется на противоположное и доставляет изделия в погрузочный бункер.

Дробеструйный наклеп применяют для повышения усталостной прочности рессорных листов, пружин, осей, червяков и других деталей, работающих в тяжелых условиях при переменной нагрузке.



**Дробеметные
барабаны**



**Дробеметные
турбины**



**Дробеметные барабаны
тяжёлых режимов
работы**

Покрытие рабочих поверхностей твердыми сплавами

Наплавка твердыми сплавами применяется для уменьшения износа и при восстановлении изношенных деталей. Для наплавки широкое распространение получили хромомарганцевый и хромоникелевый сплавы. Первый из них представляет собой порошкообразный твердый сплав, состоящий из механической смеси марганца и хрома с углеродом.

Перед наплавкой детали необходимо очистить от ржавчины, окалины, масла. Закаленные детали перед наплавкой отжигают, чтобы предупредить деформацию и появление трещин. Участки детали, не подлежащие наплавке, ограждают угольными или графитовыми пластинами, в отверстия вставляют графитовые пробки.

Для наплавки поверхность располагают горизонтально и насыпают на нее порошкообразный сплав толщиной 5...6 мм. Наплавку чаще всего производят электрической дугой на постоянном токе, применяя угольные электроды. Усадка при наплавке составляет 40...60 %, и толщина наплавленного слоя получается 2,5...3 мм. Если желательно получить наплавленный слой большей толщины, наплавку производят в несколько приемов. При многослойной наплавке, а также тогда, когда поверхность невозможно хорошо очистить, в сплав добавляют в качестве флюса 4...5% мелкой буры. Иногда наплавку поверхностей производят стальным электродом с хромомарганцевой обмазкой или стальным трубчатым электродом, наполненным хромо-марганцевой шихтой, на постоянном или переменном токе.

Если требуется получить большую толщину наплавки (при восстановлении изношенных деталей), первые слои наплавляют обычными электродами. Для предотвращения или уменьшения деформации деталей наплавку их хромомарганцевым сплавом ведут небольшими участками в шахматном порядке.

Второй сплав — хромоникелевый, называемый *сормайт*, выпускается в виде прутков диаметром от 3 до 8 мм или пластин. Сплав сормайт не поддается отжигу и закалке, что позволяет применять его для наплавки деталей, работающих при высокой (до 900 °С) температуре.

Сормайт сочетает высокую износоустойчивость с удовлетворительной вязкостью и применяется, поэтому для ремонта и упрочнения вкладышей подшипников, шеек валов, бандажей, зубьев шестерен в грубых передачах и др. Механическая обработка, деталей наплавленных **сормайтом**, в случае необходимости производится шлифованием карборундовыми кругами. Работать наплавленные детали должны в паре друг с другом, в противном случае не наплавленная деталь очень быстро изнашивается. Толщина наплавленного слоя, должна быть не меньше 1,5 2 мм и не больше 5 7 мм для покрытий, работающих без ударов, и 2 4 мм для покрытий, которые во время работы испытывают толчки и удары.

Вместо сормайта для наплавки поверхности деталей можно применять белый чугун. Прутки белого чугуна диаметром 6...8 мм изготавливаются либо обычной отливкой в металлические кокили, либо оттяжкой куска белого чугуна в кружок при помощи ацетилено-кислородного пламени. Износоустойчивость деталей, наплавленных белым чугуном не хуже, чем наплавленных сормайтом, сварочные свойства белого чугуна выше чем сормайта, так как белый чугун легко растекается по наплаваемой поверхности. Наплавка сормайта и чугуна производится ацетиленокислородным пламенем как без подогрева, так и с предварительным подогревом детали до 650 750 °С.

Наплавку ведут от более массивных сечений к более тонким, шов накладывают в шахматном порядке участками по 30...50 см².

Поверхность вращения наплавляют обычно вдоль образующей, накладывая каждый последующий шов диаметрально противоположно предыдущему или со сдвигом на 90°С по окружности. Для наплавки на поверхность трущихся деталей применяют также твердый, кобальтоникелевый сплав, называемый *стеллитом*.

Сталинит — порошкообразный сплав, который расплавляется угольным или стальным электродом на постоянном токе при прямой полярности и наносится на деталь слоем 3—4 мм. В качестве флюса применяется бура.

Сталинит можно замешивать на жидком стекле и в виде пасты наносить на поверхность детали, расплавляя его т.в.ч. Электроды для наплавки средней твердости

Марка электрода	Рекомендуемый род тока
ОЗН - 250	Постоянный, обратная полярность, переменный
ОЗН - 300	То же
ОЗН - 350	То же
ОЗН - 400	То же
У-340	Постоянный, обратная полярность
Т-540	Постоянный и переменный
Т-590	Постоянный и переменный
Т-620	Постоянный и переменный

Железо-хромистые электроды — литые твердые сплавы (стеллиты) типа сормайт и порошкообразного сплава — сталинита. Применяя сормайт, получают хорошие результаты при наплавке небольших изношенных поверхностей цементованных и закаленных деталей.

Марка электрода	Рекомендуемый род тока
ЦС - 1	Постоянный и переменный
ЦС-2	То же
сталинит	Постоянный т.в.ч.

Термическая обработка

Процесс тепловой обработки металлов и сплавов в целях придания им заданной структуры и свойств называется термической обработкой.

Различают собственно термическую обработку, химико-термическую и термомеханическую.

Собственно термической обработкой металлов и сплавов называется процесс изменения их внутреннего строения (структуры) путем нагрева, выдержки и последующего охлаждения в целях получения необходимых физико-механических свойств этих материалов. Ее основными видами являются **отжиг, закалка, отпуск и нормализация.**

Химико-термическая обработка представляет собой насыщение поверхности металла элементами, повышающими твердость, износостойкость, коррозионную стойкость. Этот процесс требует повышенных температур и длительных выдержек. К наиболее распространенным методам химико-термической обработки стали относятся: цементация (насыщение углеродом), азотирование (насыщение азотом), цианирование (одновременное насыщение углеродом и азотом), диффузионная металлизация, или поверхностное легирование. Применяется при изготовлении и упрочнении деталей машин в условиях крупного машиностроительного предприятия.

Термомеханическая обработка — новый метод обработки металлов, позволяющий повысить механические свойства по сравнению с получаемыми обычной закалкой и отпуском. Она заключается в сочетании пластической деформации с термообработкой. Производится на крупных машиностроительных предприятиях.

Собственно термическая обработка

Отжиг — это нагрев стали до температуры, которая определяется целью отжига, выдержка при этой температуре и последующее медленное охлаждение.

Цель отжига — устранение химической неоднородности сталей, понижение твердости для облегчения механической обработки и др.

Полный отжиг осуществляется путем нагрева стали на 30—50°C выше температур, определяемых линией GSK; выдержки при этой температуре и последующего охлаждения вместе с печью. Время выдержки должно быть достаточным для нагрева изделия по всему сечению.

Разновидностью полного отжига является **нормализация**, заключающаяся в нагреве стали на 30—50°С выше линии GSE, выдержке при этих температурах с последующим охлаждением на воздухе.

Цель нормализации — снятие остаточных напряжений в металле и выравнивание его структуры.

Закалка состоит из нагрева стали до температур выше на 30—50°С линии GSK с последующим быстрым охлаждением. Основная цель закалки — повышение твердости и прочности стали.

Выбор температуры зависит от назначения изготавливаемой детали. При повышении температуры нагрева твердость и прочность закаленной стали снижаются, а вязкость увеличивается.

В процессе **отпуска** уже закаленная сталь нагревается до температуры ниже линии PSK, выдерживается при этой температуре и охлаждается на воздухе или в масле. Главная цель отпуска — снизить хрупкость закаленной стали. Температура нагрева при отпуске колеблется от 75 до 650°C.

В практике термообработки различают три вида отпуска: **низкий**, который выполняется при температурах до 250°C, **средний** — при температурах до 450°C и **высокий** — при температурах до 650°C. Высокий отпуск обеспечивает более полное снятие остаточных напряжений, высокую вязкость и достаточную прочность стали.

Для термической обработки сталей применяется специальное оборудование, которое состоит из нагревательных устройств, приспособлений (бачки с водой и маслом, закалочные клещи и т. д.) и приборов для контроля теплового режима и результатов термической обработки. Из нагревательных устройств используются электрические муфельные печи и печи, которые работают на жидком или газообразном топливе

В качестве охлаждающих сред служат воздух, масло, вода, растворы солей в воде.

Для контроля теплового режима применяют обычно термоэлектрические пирометры,

Результаты термообработки можно проверить пробой напильником или определением твердости сталей твердомерами и испытанием на ударную вязкость.

Поверхностная закалка

Поверхностной закалкой упрочняют детали из углеродистой стали марок 40, 45, 50, малолегированной хромистой и марганцовистой стали. Детали из этих сталей при обычных способах имеют пониженную пластичность и вязкость, так как прокаливаются по всему сечению.

При поверхностной закалке деталь (или отдельные участки ее) подвергают быстрому интенсивному нагреву и затем быстро охлаждают. При этом до температуры закалки нагревается только поверхностный слой, который и принимает закалку, сердцевина же сохраняет свои первоначальные свойства.

Нагрев поверхности детали под закалку производят кислородно-ацетиленовым пламенем (**пламенная закалка**) и токами высокой частоты (**закалка ТВЧ**)

Поверхностная газокислородная закалка является одним из наиболее доступных и эффективных способов увеличения износостойкости деталей. Достоинства ее – высокая производительность, возможность закаливать детали любой конфигурации независимо от их размера.

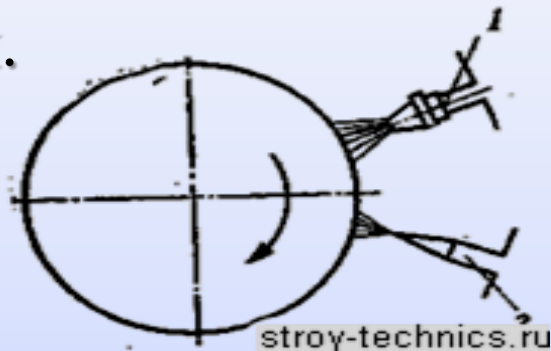
Пламенную поверхностную закалку можно производить несколькими способами. Шейки и цапфы валов, ролики, короткие оси, небольшие шестерни и другие детали цилиндрической формы и небольшой длины подвергают обычно так называемой *быстрой* закалке. Она состоит в 40–50-секундном прогреве детали, вращающейся со скоростью 8–12 м/мин, и последующем охлаждении ее водой.

Наиболее эффективные результаты получаются при применении для нагрева деталей ацетиленокислородного пламени. Вместо ацетилена можно использовать также коксовый и природный газы, пары бензина и керосина и др.

Пламенную поверхностную закалку применяют для обработки деталей, изготовленных из углеродистых и низколегированных сталей с содержанием углерода 0,35 0,7 %, а также для повышения износостойкости чугунных деталей, при условии содержания в них общего углерода не более 3,3% (в том числе связанного углерода не менее 0,4 %) и кремния не более 2 %. Для легированных чугунов содержание никеля должно находиться в пределах 1 2 %, а суммарное содержание хрома, молибдена и ванадия – в пределах 0,75 %.

Глубина закалки принимается обычно на 1 2 мм больше максимального износа детали, т.е. 2 6 мм. На основании практических данных оптимальное расстояние между средней зоной пламени и струёй охлаждающей воды для универсальных горелок можно принять 15 мм. В отдельных случаях при сложной конфигурации закаливаемой детали это расстояние увеличивают. Наилучшая температура охлаждающей воды 15...20 °С. Более низкая температура может способствовать образованию трещин, более высокая уменьшает твердость закаленного слоя. Износоустойчивость деталей, прошедших пламенную поверхностную закалку, увеличивается в 2 4 раза.

Поверхности нагревают до светло-красного цвета, и охлаждают водой, которая подводится к закалочным наконечникам, вытекая через специальные отверстия, создает водяной душ, отстоящий на 10...20 мм от пламени горелки.



Пламенная поверхностная закалка

Детали, прошедшие поверхностную закалку, подвергаются низкому отпуску при температуре 180...200°C в масляных ваннах с электрическим подогревом. Окончательная обработка деталей (шлифование и доводка) производится после термообработки, обеспечивающей требуемую твердость и структуру металла.

Поверхностная закалка токами высокой частоты.

При нагреве деталей в высокочастотных установках ($3 \cdot 10^5$ $5 \cdot 10^5$ Гц) поверхностный слой их очень быстро нагревается до высокой температуры, тогда как внутренние слои почти не нагреваются или нагреваются очень слабо. Переменный ток высокой частоты получается в машинных или ламповых генераторах из обычного переменного тока промышленной частоты (50 Гц). Регулируя частоту, мощность и время действия тока высокой частоты, можно получить прогрев детали на любую толщину, от нескольких долей миллиметра до десятков миллиметров. При быстром охлаждении изделия, поверхность которого нагрета выше критической точки, происходит закалка этой поверхности.

Для уменьшения внутренних напряжений и стабилизации структуры закаленной стали, а также для уменьшения ее хрупкости детали после высокочастотной закалки подвергают отпуску при 150-200 °С. Срок службы деталей после высокочастотной закалки увеличивается в 2-4 раза.

Термохимическая обработка

Цель термохимической обработки стального изделия заключается в том, чтобы получить поверхностный слой, обладающий повышенной твердостью и износостойкостью, а также повышенной прочностью.

Это достигается диффузией соответствующих веществ (углерода, азота и др.) в глубину поверхностного слоя изделий при их нагреве. Наиболее распространенными способами термохимической обработки стальных изделий являются цементация, азотирование и цианирование. Менее распространенными, но применяемыми на практике способами являются никелирование, хромирование, цинкование и др.

Цементация.

Цементации подвергают детали из малоуглеродистых сталей ($C < 0,25\%$) для придания их поверхностному слою твердости и износостойчивости. Цементация состоит в доведении содержания углерода в этом слое до 0,8–1,0 %.

Детали для цементации закладывают в железный ящик вместе с плотно утрамбованным карбюризатором. Основным элементом всякого карбюризатора – углерод. Карбюризаторы бывают: жидкостные (NaCN , NaCl , BaCl_2 и др.); газовые (содержащие метан, окись углерода и различные непредельные углеводороды C_nH_{2n}); твердые (древесный уголь, торфяной и нефтяной кокс).

Для ускорения процесса цементации в карбюризатор вводят активизирующие вещества – карбонат бария, соду, поташ.

Детали в цементационном ящике располагают так, чтобы они находились друг от друга и от стенок ящика не ближе 20 25 мм. Ящик не должен быть очень большим, поскольку, чем он больше, тем дольше его придется нагревать до требуемой температуры.

Заложив детали и карбюризатор, ящик закрывают крышкой, замазывают все щели огнеупорной глиной, чтобы внутрь не мог проникнуть воздух, и ставят в печь, где его выдерживают при температуре 860...920 °С в течение нескольких часов. После цементации детали подвергают термической обработке (нормализации – для улучшения структуры сердцевины; Закалки в воде при температуре 760 780 °С – для создания оптимальной структуры поверхностного (цементированного) слоя; отпуска – для снятия внутренних напряжений).

Азотирование.

Изделие подвергается в специальных камерных печах нагреву до 500 600 °С при одновременном насыщении поверхностного слоя его азотом, который выделяется при разложении аммиака. Последующей термообработки после азотирования не требуется.

Азотирование вызывает значительное упрочнение поверхности изделий (в том числе весьма сложных конфигураций) почти без изменения их размеров и макрогеометрии поверхности, а также вызывает большое повышение их предела усталости. Предел усталости изделий при одинаковом режиме обработки увеличивается тем больше, чем глубже азотированный слой изделия, причем особенно это заметно при наличии надрезов. Азотирование деталей уменьшает также чувствительность их к концентрациям напряжений.

Цианирование.

Цианированием - вид термохимической обработки стальных изделий, когда поверхностный слой их при нагревании насыщается одновременно углеродом и азотом. Цианирование бывает жидкостное (в ванне с Na_2CO_3 , NaCl и NaCN) и газовое (в ванне с аммиаком и пиробензолом).

Цианирование значительно повышает циклическую прочность стальных изделий, которая зависит от глубины цианированного слоя. Кратковременность этого процесса и отсутствие всяких дополнительных термических операций делают его во многих случаях, более рентабельным по сравнению с цементацией и азотированием.

Алитирование.

Алитирование применяется для повышения жаропрочности стальных изделий, заключается в насыщении поверхностных слоев детали алюминием и производится в:

- при температуре 900 1050 °С для твердой фазы: в ящик вместе с деталью укладывают порошкообразную смесь, состоящую из алюминиевой пудры, Al_2O_3 , NH_4Cl и порошка белой обожженной глины);

- процесс ведут в реторте (керамической камере) в присутствии нагреваемых до 600 °С кусков ферроалюминия, а также хлора или паров соляной кислоты.

Силицирование.

Процесс насыщения поверхностных слоев металла кремнием при температуре 1000–1100 °С в среде ферросилиция. Силицированию подвергают стальные детали, работающие в условиях повышенных температур.

Антифрикционные свойства.

Для улучшения антифрикционных свойств контактных поверхностей применяют:

- фосфатирование – метод осаждения на поверхности детали фосфатных пленок;
- сульфидирование – насыщение поверхностного слоя серой;
- графитирование – насыщение поверхностного слоя графитом, дисульфидом молибдена и пр.

При умеренной твердости такие поверхности обладают малым коэффициентом трения, высокой устойчивостью против задиров, заедания и схватывания.

Эти способы (особенно сульфидирование и обработка дисульфидом молибдена) увеличивают износостойкость стальных деталей в 10-20 раз.

Проверь себя

1 В чем заключается особенность термообработки?

а) В изменении структуры и свойств в нужном направлении, без изменения формы и геометрических размеров изделий;

б) В изменении структуры и геометрических размеров изделий;

в) В изменении геометрических размеров в нужном направлении;

г) В изменении свойств в нужном направлении, с изменением формы и геометрических размеров изделий;

д) В изменении структуры и свойств в нужном направлении, с изменением формы и геометрических размеров изделий.

2 Какой вид термической обработки применяют для улучшения механических свойств деталей?

- а) Нормализация и сорбитизация (закалка с последующим отпуском);
- б) Рекристаллизационный отжиг;
- в) Патентирование;
- г) Полный отжиг;
- д) Отпуск.

3 Обдув детали стальной или чугуновой дробью:

- а) Термическое упрочнение;
- б) Химико-термическое упрочнение;
- в) Упрочнение наклепом;
- г) Упрочнение наращиванием поверхности;

4 Какими параметрами характеризуется режим любого процесса термообработки?

- а) Температурой нагрева и скоростью охлаждения;
- б) Температурой нагрева, временем выдержки и скоростью охлаждения;
- в) Температурой нагрева, временем выдержки и скоростью нагрева;
- г) Температурой нагрева, временем выдержки, скоростью нагрева и охлаждения;
- д) Температурой нагрева и скоростью нагрева и охлаждения.

5 Литой твердый сплав, который применяется для нанесения на поверхность цементированных и закаленных деталей

а) сталинит;

б) сормайт;

в) хром;

г) никель;

6 Какие существуют основные виды термической обработки в зависимости от требований, предъявляемым к полуфабрикатам и готовым изделиям?

а) Отжиг, нормализация, закалка, старение;

б) Рекристаллизационный отжиг, нормализация, закалка, отпуск;

в) Отжиг, закалка, низкий отпуск;

г) Отжиг, нормализация, старение, отпуск;

7 Процесс насыщения стали углеродом:

- а) Цементация;
- б) Алитирование;
- в) Цианирование;
- г) Хромирование;

8 Термическое упрочнение, которое производится после закалки для уменьшения хрупкости металла:

- а) Нормализация;
- б) Закалка;
- в) Отжиг;
- г) Отпуск;

9 При упрочнении поверхности пластической деформацией применяется:

- а) Индуктор;
- б) Ролик;
- в) Горелка;
- г) Металлизатор;

10 Нанесение на поверхность детали твердого износостойкого сплава

- а) Термическое упрочнение;
- б) Химико-термическое упрочнение;
- в) Наклеп
- г) Наплавка;

11 После поверхностной закалки детали

- а) Охлаждаются в воде, масле или эмульсии;
- б) Подвергаются низкотемпературному отпуску;
- в) Подвергаются отжигу;

Критерии оценки

11 баллов – «5» (отлично)

9-10 баллов – «4» (хорошо)

6-8 баллов – «3» (удовалетворительно)

5 баллов и меньше – «2» (плохо)



Эталон

1а, 2г, 3в, 4г, 5б, 6в, 7а, 8г, 9б, 10г, 11б.



Благодарю за внимание

Экзаменационная сессия

Сессия — фаза жизни студента, находящаяся между сном, выживанием и отчислением.

