

# ИЗМЕНЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ

## 4.1. ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ИЗМЕНЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

---

Одни и те же детали машин могут иметь различное назначение, поэтому для их изготовления необходимы материалы с совершенно различными свойствами.

Винт, через который проходит электрический ток, должен быть изготовлен из латуни, а винт, скрепляющий две детали разъемного соединения и находящийся под действием растягивающей нагрузки, — из стали. Ходовой винт станка также изготовлен из стали, но поверхность профиля резьбы должна быть износостойкой. В этом случае на поверхности профиля резьбы необходимо изменить механические свойства основного материала, из которого изготовлен ходовой винт.

Существует несколько способов изменения механических свойств:

- глубокая закалка с последующим высоким или низким отпуском;
- цементирование поверхности детали с поверхностной закалкой;
- пластическое деформирование поверхностных слоев; нанесение покрытий (это позволяет изменять механические свойства материала на поверхности детали);
- выдавливание на поверхностях трения деталей машин канавок для повышения износостойкости;
- электромеханический метод упрочнения рабочих поверхностей резьбы ходовых винтов и др.

В данной главе не будут изучаться изменения механических свойств материалов глубокой закалкой, а также цементованием с последующей поверхностной закалкой, так как это подробно излагается в курсе «Материаловедение».

## 4.2. УПРОЧНЯЮЩАЯ ОБРАБОТКА ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ

Этот вид обработки основан на использовании пластических свойств металлов, т. е. способности металлических заготовок воспринимать остаточные деформации без нарушения целостности поверхности; в результате поверхность упрочняется, что очень важно для повышения надежности работы деталей. Детали становятся менее чувствительными к усталостному разрушению, у них повышается коррозионная стойкость, а также износостойкость сопрягаемых поверхностей. В результате пластического деформирования кристаллы поверхности металла сплющиваются в направлении деформирования, образуется упорядоченная структура волокнистого характера. При этом изменяются механические свойства поверхностного слоя. Пластическое деформирование нашло широкое применение, поскольку благодаря такому воздействию получается поверхность с низкой шероховатостью и благоприятными физико-механическими свойствами.

Для пластического деформирования наружных поверхностей используется **обкатывание** (рис. 4.1, а), а для внутренних — **раскатывание** (рис. 4.1, б). Упрочнять можно цилиндрические, конические и фасонные поверхности. Инструментами являются ролики или шарики, которые, внедрившись в поверхность заготовки, перемещаются вдоль нее, в результате чего вся поверхность оказывается пластически деформированной: выступы микронеровностей сглаживаются и заполняют микровпадины. К вращающейся заготовке подводят инструмент — закаленные гладкие ролики.

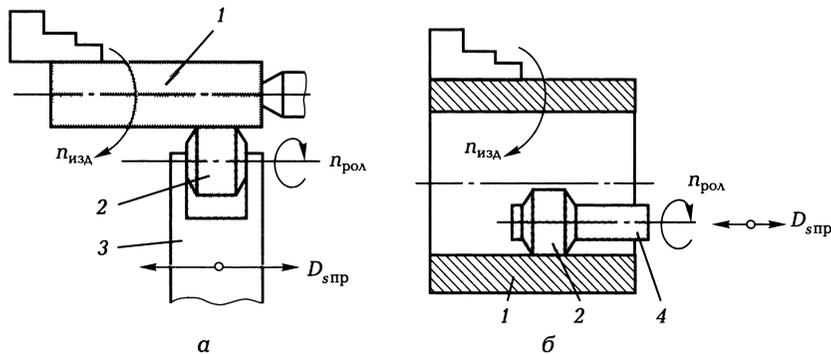


Рис. 4.1

При соприкосновении с изделием 1 (см. рис. 4.1, а) ролики 2 начинают вращаться и под действием приложенных сил деформируют поверхность изделия. Движение продольной подачи  $D_{сп}$  позволяет обработать поверхность изделия по всей длине. Аналогичным инструментом упрочняют поверхность отверстия (см. рис. 4.1, б). При раскатывании инструмент-раскатник закрепляют на консольной оправке 4.

Обработку заготовок обкатыванием и раскатыванием производят на универсальных токарных станках. Деформирующий инструмент устанавливают в резцедержатель, в котором жестко закрепляют его державку 3 или оправку 4. Движение продольной подачи  $D_{сп}$  обеспечивают суппорты токарных станков.

Глубокие отверстия раскатывают на станках глубокого сверления. В местах контакта заготовок с инструментом нагрев незначителен, поэтому охлаждение не требуется. Трение уменьшают, применяя смазывание веретенным маслом или керосином.

Упрочнение поверхности можно достигнуть **алмазным выглаживанием**. Сущность этого метода состоит в том, что оставшиеся после обработки резанием микронеровности поверхности выравнивает алмазный инструмент, прижатый к обрабатываемой поверхности. Алмаз, закрепленный в державке, не вращается, а скользит по поверхности. Рабочая часть алмазного инструмента может быть выполнена в виде полусферы, цилиндра или конуса.

Достоинствами алмазного выглаживания являются возможность обработки тонкостенных деталей и деталей сложной конфигурации; простота конструкций выглаживателей. Обрабатывать заготовки алмазным выглаживанием можно на токарных станках. Державку с подпружиненным наконечником с алмазом устанавливают в резцедержателе вместо резца. Движения заготовки и инструмента аналогичны их движениям при обтачивании.

**Калибрование** отверстий не только повышает их точность и качество, но и упрочняет поверхностный слой. При калибровании жесткий инструмент с натягом перемещается в отверстиях заготовки. Размеры поперечного сечения инструмента несколько больше размеров поперечного сечения отверстия. Простейшим инструментом является шарик (рис. 4.2, а), который проталкивается штоком. Роль инструмента может выполнять также оправка-дорн, к которому приложена сжимающая (рис. 4.2, б) или растягивающая (рис. 4.2, в) сила. Калибрование отверстий выполняют на прессах или горизонтально-протяжных станках.

**Дробеструйный наклеп** получил наиболее широкое распространение из всех методов упрочняющей обработки. Готовые дета-

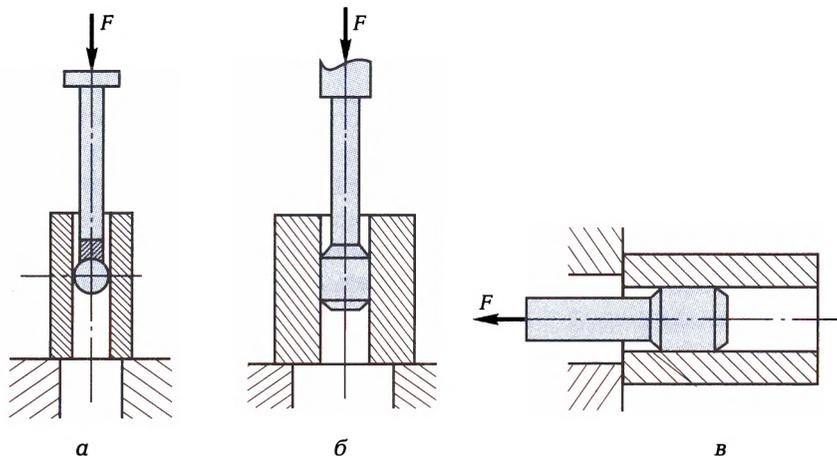


Рис. 4.2

ли машин подвергают ударному воздействию потока дроби. Обработку производят в специальных камерах. Дробинки из чугуна, стали и других материалов с большой скоростью перемещаются потоком воздуха, а после удара о заготовку падают вниз и снова осуществляют ударное действие. Благодаря такому методу можно значительно повысить долговечность рессорных листов, пружин, лопаток турбин, штоков и штампов.

### 4.3. ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ

В деталях машин изнашиваются только относительно тонкие поверхностные слои. Поэтому для увеличения долговечности эффективны поверхностные упрочнения, наплавки и покрытия.

Упрочнения в связи со значительным повышением твердости поверхности приводят к резкому повышению износостойкости. **Закалка** повышает износостойкость при чисто абразивном изнашивании почти в два раза.

В настоящее время объемная закалка уступает место поверхностным термическим и химико-термическим методам упрочнений. При такой обработке можно достигнуть высокой твердости поверхностных слоев и значительно повысить износостойкость. В подразд. 4.4 будет рассмотрено влияние поверхностных покры-

тий на изменение механических свойств материалов, в том числе и на повышение износостойкости поверхностных слоев.

Повышение износостойкости поверхностей трущихся чугунных деталей можно достичь **отбеливанием**. Отбеливание, в частности, применяется для тормозных колодок.

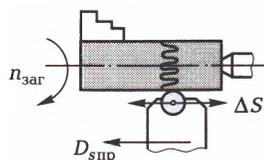


Рис. 4.3

Для повышения износостойкости деталей машин на поверхностях трения выдавливают слабо заметные, прилегающие друг к другу канавки. Эти канавки необходимы для размещения смазочного материала, а также мелких частиц, образующихся в процессе изнашивания. Благодаря таким канавкам значительно меньше изнашиваются трущиеся поверхности. Канавки образуют **вибронакатыванием** (рис. 4.3). Упрочняющему элементу — шару или алмазу, установленным в резцедержателе токарного станка, — помимо обычного движения продольной подачи  $D_{спр}$  сообщают с помощью специального устройства дополнительные движения  $\Delta S$  относительно небольшой амплитудой. Изменяя значения скорости вращения изделия, продольной подачи упрочняющего инструмента, а также амплитуду и частоту колебаний, можно получать на обрабатываемой поверхности требуемый рисунок.

Благодаря вибронакатыванию не только повышается износостойкость, но и упрочняется поверхность деталей машин.

## 4.4. ПОВЕРХНОСТНЫЕ ПОКРЫТИЯ

Поверхностные покрытия весьма разнообразны по методам нанесения их на поверхность. Рассмотрим некоторые покрытия, получившие наибольшее практическое применение.

Гальванические покрытия делятся на 4 основные группы:

- защитные — цинковые, кадмиевые, свинцовые, оловянные, никелевые, а также защитные пленки, получаемые путем фосфотирования и оксидирования;
- защитно-декоративные — медные с последующей отделкой, никелевые, хромовые, кобальтовые, серебряные, золотые и родиевые;
- покрытия для повышения сопротивления механическому изнашиванию и увеличения поверхностной твердости — хромовые, железные, никелевые;

- покрытия для восстановления размеров деталей — хромовые (размерное хромирование с последующей доводкой), железные, медные.

Рассмотрим подробнее покрытия, которые изменяют физико-механические свойства изделий, т. е. покрытия, относящиеся к первой и третьей группам.

Цинковое покрытие делает поверхность коррозионно-стойкой. Оцинкованные стальные листы, водопроводные трубы, крепеж, проволока, работающие в различных климатических условиях, закрытых помещениях с умеренной влажностью, в атмосфере, загрязненной сернистым газом, не подвергаются коррозии. Цинковое покрытие применяется также для защиты изделий из черного металла от действия бензина и масла (бензобаки, бензо- и маслопротводы).

Коррозионную стойкость в морской воде изделия приобретают после кадмирования. Свинцовое покрытие служит для защиты от коррозии, вызываемой воздействием серной кислоты, сернистых газов.

Никелевое покрытие без подслоя меди применяется для защиты от коррозии химической и электрохимической аппаратуры, соприкасающейся с щелочной средой, а также для медицинского инструмента.

Для защиты от коррозии стальных изделий, используемых в закрытых помещениях с неагрессивной коррозионной средой, применяют оксидирование.

Серебряное покрытие применяется для защиты от коррозии изделий, соприкасающихся с щелочными растворами (химическая аппаратура), для повышения электропроводящих свойств поверхности контактов и отражательной способности рефлекторов фар и прожекторов.

Родиевое покрытие используют для повышения отражательной способности изделий.

Электролитические покрытия медью, оловом, кадмием уменьшают микроперемещения в связи с резким увеличением коэффициента трения. Поэтому они применяются для кадмирования болтов и посадочных поверхностей соединений с натягом, лужения опорных поверхностей вкладышей.

Хромирование повышает износостойкость и долговечность деталей, применяется для деталей, не подвергаемых большим местным давлениям, а выходящим из строя вследствие изнашивания. Хромовое покрытие стали без подслоя меди и никеля применяется также для повышения поверхностной твердости.

Для повышения поверхностной твердости трущихся деталей и сопротивления механическому изнашиванию применяют также никелевое покрытие сталей (без подслоя меди).

Пластмассовые покрытия позволяют использовать высокие антифрикционные или фрикционные, компенсирующие и демпфирующие свойства пластмасс и уменьшить влияние их недостатков, а именно холодной ползучести, низкой теплопроводности, большого температурного расширения и влагопоглощения.

## 4.5. УПРОЧНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ

---

Повышение твердости и прочности поверхностного слоя, повышение износостойкости и коррозионной стойкости, а в некоторых случаях и усталостной прочности деталей машин достигается еще и химико-термической обработкой. Рассмотрим наиболее широко применяемые для этих целей процессы.

**Азотирование** (прочностное) применяется для деталей машин, работающих в условиях трения и знакопеременных нагрузок изгиба (шейки коленчатых валов быстроходных двигателей, рабочее зеркало гильз цилиндров, клапаны, седла клапанов, толкатели двигателей внутреннего сгорания, шестерни авиационных двигателей, точные детали топливной аппаратуры, шпиндели быстроходных станков). Азотирование применяется также для повышения износостойкости мерительных инструментов (резьбовые и гладкие пробки и кольца, плоские калибры, скобы, шаблоны). Разновидностью процесса является антикоррозионное азотирование, применяемое для малонагруженных деталей, изготовляемых из углеродистой и низколегированной стали. При этом в поверхностном слое должна обеспечиваться максимальная концентрация азота. Углеродистая сталь после азотирования при 650 °С в течение 3 ч не корродирует в воде в течение 720 ч.

**Цианирование** — процесс химико-термической обработки, вследствие которой происходит насыщение поверхностного слоя стали одновременно углеродом и азотом. Цианирование осуществляют после закалки и низкого отпуска, в результате повышается твердость и прочность поверхностного слоя, износостойкость и усталостная прочность. Применяется для инструментов из быстрорежущей стали (протяжки, сверла, зенкеры, метчики, развертки, фрезы) и для деталей машин (болты, гайки, винты, валики, шестерни, рычаги).

Резкое повышение сопротивления схватыванию, износостойкости и прирабатываемости сталей и чугунов достигается **сульфоцианированием**, т. е. насыщением поверхностных слоев азотом, углеродом и серой. Сульфоцианирование применяют для фрикционных дисков, цилиндров, ходовых винтов.

Чугунные гильзы цилиндров и поршневые кольца подвергают **сульфидированию** (насыщению поверхностных слоев серой). В результате такой обработки повышается износостойкость и прирабатываемость. Сульфидирование режущих инструментов повышает период стойкости режущих инструментов из быстрорежущих сталей P9 и P18 в 2—3 раза.

**Диффузионная металлизация** — насыщение поверхностного слоя стали алюминием, хромом, кремнием, бором с целью придания ей высокой жаропрочности, антикоррозионных свойств и износостойкости. Наивысшая по сравнению с другими видами упрочнений твердость 1 500...1 800 HV (значительно выше твердости кварца) и износостойкость достигаются **борированием**. Борирование используется для кондукторных втулок и режущих инструментов. Его весьма эффективно применять для деталей, работающих в абразивных средах; инструмент может работать при температуре 800 °С, не теряя твердости и не изнашиваясь.

Высокой жаропрочностью (до 850...900 °С) отличаются поверхностные слои деталей после **алитирования**. Область применения алитирования: чехлы термопар, реторты для цианирования, тигли соляных ванн, топливники газогенераторов, чугунные колосники, трубы для крекинга нефти, выхлопные трубы.

## 4.6. УПРОЧНЕНИЕ ХОДОВЫХ ВИНТОВ

К ходовым винтам прежде всего предъявляют высокие требования по износостойкости, которая обычно обеспечивается высокой твердостью после закалки. Однако повысить износостойкость ходовых винтов можно современными методами упрочнения. Одним из таких методов является **азотирование**. Азотированные ходовые винты обладают существенно более высокой износостойкостью, чем закаленные; в испытаниях при работе с загрязненной абразивом смазкой азотированные винты из сталей 40ХФА и 30Х3ВА изнашивались в 1,75 раза меньше, чем закаленные винты, изготовленные из стали ХВГ (54...58 HRC). Поэтому объемная закалка может быть рекомендована для ходовых винтов пониженной жестко-

сти, винтов с малым шагом резьбы и при необходимости упрочнения какой-либо его части. Упрочненные ходовые винты необходимы для металлорежущих станков, в том числе специальных, предназначенных для нарезания резьбы.

Другой метод упрочнения ходовых винтов — **электромеханический**, при котором совмещается обкатка резьбы (наклеп) с термической обработкой тонких поверхностных слоев при нагреве электротоком.

Даже в условиях абразивного изнашивания после электромеханического упрочнения износостойкость ходового винта может увеличиться в 2—5 раз (в зависимости от материала винта).

Сохранение точности передачи ходовой винт — гайка в бóльшей мере зависит от износостойкости резьбы винта, а не гайки. Поэтому гайки рекомендуется изготавливать из бронз или цинкового сплава ЦАМ10-5, так как по сравнению с чугунами они меньше изнашивают винт. Гайки для винтов поперечной подачи токарных станков для чистовых операций могут изготавливаться из текстолита марок ПТ или ПТК.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

---

1. Какие способы изменения механических свойств материалов вы знаете?
2. Для чего применяется обкатывание наружных поверхностей тел вращения?
3. Назовите методы упрочнения пластическим деформированием поверхностных слоев детали.
4. Какие способы повышения износостойкости поверхностей трущихся деталей вы знаете?
5. Назовите химико-термические процессы, используемые для повышения жаропрочности деталей.
6. Какие методы повышения износостойкости ходовых винтов вы знаете?
7. Как можно повысить коррозионную стойкость материала детали?
8. Для какой цели используется хромирование?