

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к лабораторной работе № 3 по курсу «Материаловедение»

**ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ
ПОВЫШЕНИЯ КОНСТРУКТИВНОЙ ПРОЧНОСТИ ДЕТАЛИ**

Новосибирск

2010

Министерство общего и профессионального образования
Российской Федерации

Новосибирский государственный технический университет

Методические указания

к лабораторной работе № 3 по курсу

«Материаловедение»

для студентов II курса МТФ и I курса ФЛА дневного обучения

Новосибирск

2010

В методических указаниях рассмотрен теоретический материал, посвященный методам термической обработки стали, дана последовательность выполнения индивидуального задания – исследования способов термической обработки для повышения конструктивной прочности конкретной детали. Выполнение этой работы предусмотрено учебным планом подготовки студентов I и II курса МТФ и ФЛА (дисциплина «Материаловедение»).

Составители: к.т.н., доц. *А.И. Смирнов*,
к.т.н., доц. *Е.А. Дробяз*,
к.т.н., доц. *А.А. Никулина*

Рецензент канд. техн. наук *А.В. Плохов*

Работа подготовлена кафедрой "Материаловедение
в машиностроении"

Новосибирский государственный
технический университет, 2010 г.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Учебно-исследовательская работа студента предусматривает не только решение поставленных задач, но и приобретение необходимых навыков творческой, исследовательской деятельности. Поэтому стиль выполнения предлагаемой лабораторной работы – это стиль научно-исследовательской работы с применением современных методик исследования.

Цель работы – повысить конструктивную прочность исследуемой детали, выбрав оптимальное содержание углерода в стали и оптимальный способ термической обработки.

1. ВВЕДЕНИЕ

Свойства стали одного и того же химического состава можно варьировать в широком интервале путем изменения её структуры. Одним из самых распространённых методов изменения структуры является термическая обработка. Термической обработкой называется совокупность операций нагрева, выдержки и охлаждения сплава, находящегося в твёрдом состоянии, с целью получения необходимого комплекса механических свойств.

Нагрев необходим для фазовой перекристаллизации стали и ускорения диффузионных процессов. Фазовая перекристаллизация – это превращение объемноцентрированной кубической (ОЦК) решетки α -железа в гранецентрированную кубическую (ГЦК) решетку γ -железа. α -железо является низкотемпературной модификацией железа, γ -железо – высокотемпературной.

Температура нагрева при различных видах термической обработки выбирается с учетом температуры критических точек стали и вида обработки. Для сокращения терминологии общепринято критические точки различных сталей, соответствующие одинаковым структурным превращениям, обозначать следующими символами:

A_{c1} , A_{r1} – линия превращения аустенита перлит (линия PSK);

A_{c3} , A_{r3} – линия начала распада аустенита (линия GS);

A_{cm} , A_{rm} – линия изменения растворимости углерода в аустените (линия ES);

A_c – превращение при нагреве;

A_r – превращение при охлаждении.

На практике температуры критических точек находят в справочниках по термической обработке или по диаграмме состояния Fe – Fe₃C (рис. 1). Температуру нагрева назначают на 30...50 °C выше A_{c1} (A_{c3} , A_{cm}) для ускорения диффузионных процессов.

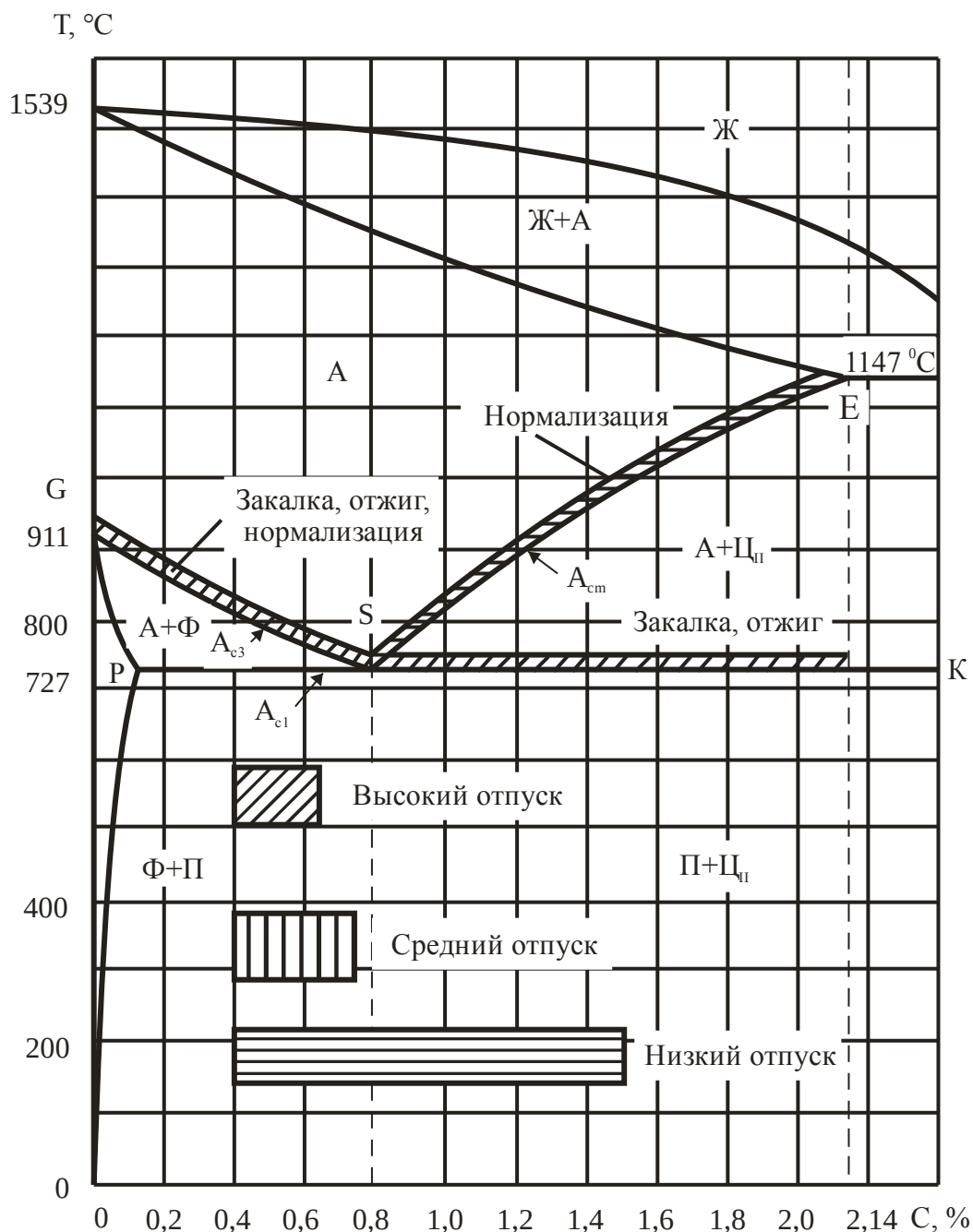


Рис. 1. Температурные режимы термической обработки стали

Нагрев стали выше расчетных температур приводит к браку – перегреву или пережогу. Перегрев ведет к значительному укрупнению зерна, что устраняется повторной термообработкой с правильным нагревом. Пережог получается при нагреве стали до температуры, близкой к температуре плавления (1200...1300 °C), и заключается в окислении границ зерен. Пережог – неустраняемый брак, изделия отправляются на переплав.

Выдержка необходима для выравнивания температуры по сечению детали и для завершения структурных превращений, которые зависят от скорости диффузионных процессов. Длительность нагрева и выдержки определяется размерами детали. Обычно общее время нагрева и выдержки составляет 1...1,5 мин. на миллиметр наибольшего поперечного сечения.

Охлаждение – ответственная операция, формирующая конечную структуру стали, а, следовательно, и ее свойства при эксплуатации. Если нагреть сталь до аустенитного состояния, а затем охладить с какой-либо скоростью, то распад аустенита происходит не сразу после достижения температуры A_1 ($727\text{ }^{\circ}\text{C}$). Возможно переохлаждение аустенита до температур, существенно меньших данной температуры, при которых он сохраняется некоторое время. Чем выше скорость охлаждения, тем ниже температура, при которой происходит распад аустенита. С понижением температуры распада аустенита увеличивается дисперсность структуры, повышается плотность дефектов кристаллического строения: дислокаций, вакансий и внедренных атомов. Поэтому, чем больше скорость охлаждения, тем выше прочность, твердость и износостойкость стали, но ниже пластичность и трещиностойкость.

2. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВИДОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛИ

При различных скоростях охлаждения стали после аустенитизации можно получить различные структуры, которые будут обладать разными свойствами. В производственных условиях чаще всего применяются следующие виды термической обработки стали: отжиг без фазового превращения (рекристаллизационный), отжиг с фазовым превращением (перекристаллизационный), нормализация, закалка, отпуск.

2.1 ОТЖИГ

Отжиг производится с целью максимального снижения прочности, твердости и повышения пластичности стали. Он необходим для улучшения обрабатываемости резанием, а также для улучшения способности стали деформироваться без разрушения при различных видах обработки давлением: прокатке, штамповке, волочении, прессовании.

Существует несколько разновидностей отжига: рекристаллизационный, полный, отжиг на зернистый перлит, диффузионный, изотермический. Для доэвтектоидных сталей чаще применяется полный отжиг, тогда как для заэвтектоидных сталей – сфероидизирующий отжиг.

Температура нагрева стали при отжиге зависит от содержания в ней углерода. Доэвтектоидные стали (углерода $< 0,8\%$) и эвтектоидная сталь (углерода $0,8\%$) нагреваются до аустенитного состояния $A_{c3} + (30...50)\text{ }^{\circ}\text{C}$. Заэвтектоидные стали (углерода $> 0,8\%$) нагреваются до температуры, при которой они имеют структуру аустенита + цементита вторичного, т.е. $A_{c1} + (30...50)\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Охлаждение стали при отжиге очень медленное. Печь, в которой произведены нагрев и выдержка деталей, отключается либо охлаждается по программе. Детали охлаждаются вместе с печью.

В результате отжига получается равновесная структура, соответствующая структуре на диаграмме состояния Fe – Fe₃C.

Структура доэвтектоидной стали состоит из зерен феррита и перлита, эвтектоидной – из зерен перлита, а заэвтектоидной – из перлита и цементита вторичного.

Если заэвтектоидную сталь нагреть до аустенитного состояния (выше $A_{сm}$), то при медленном охлаждении в интервале температур $A_{гm} - A_1$ по границам аустенитных зерен произойдет выделение цементита в виде сплошной сетки. При охлаждении ниже A_1 аустенит превратится в перлит, и конечная структура в этом случае будет представлять собой перлит с сеткой цементита по границам колоний перлита. Сталь с такой структурой чрезмерно хрупка, плохо поддается обработке и поэтому редко применяется.

2.2 НОРМАЛИЗАЦИЯ

Нормализация применяется для улучшения обрабатываемости стали резаньем, в некоторых случаях – как окончательная термическая обработка деталей, а также для исправления брака при ранее проведенной термической обработке.

Температура нагрева при нормализации эвтектоидной и доэвтектоидных сталей – $A_{сз} + (30...50) ^\circ\text{C}$, заэвтектоидных сталей – $A_{сm} + (30...50) ^\circ\text{C}$.

Скорость охлаждения при нормализации выше, чем при отжиге. Детали после нагрева и выдержки выгружаются из печи и охлаждаются на спокойном воздухе. Структура стали зависит от содержания в ней углерода и соответствует равновесной диаграмме состояния сплавов Fe – Fe₃C.

В отличие от отжига нормализация дает более мелкозернистое состояние и, следовательно, обеспечивает более высокую по сравнению с отжигом прочность и твердость стали.

2.3 ЗАКАЛКА

Закалка – термическая операция, заключающаяся в нагреве стали выше критической температуры и ускоренном охлаждении. Сталь после закалки обладает максимальной твердостью и прочностью, однако, становится очень хрупкими, практически не пластичными. В результате последующего отпуска можно понизить твердость, повысить пластичность и трещиностойкость стали.

Структуры, формирующиеся после закалки и отпуска, при одинаковых значениях твердости практически всегда имеют лучшие механические свойства по сравнению со структурами, полученными непосредственно при распаде аустенита.

В зависимости от температуры нагрева закалка бывает полной и неполной. При полной закалке стали нагревают выше температур $A_{сз}$ или

$A_{сm}$ до достижения однофазного аустенитного состояния. При неполной закалке сталь нагревают в межкритическом интервале – между $A_{с1}$ и $A_{с3}$ ($A_{сm}$).

Эвтектоидную и доэвтектоидные стали, как правило, подвергают полной закалке при температуре нагрева $A_{с3} + (30...50) ^\circ C$. Такая температура обеспечивает получение при нагреве мелкозернистого аустенита, а после охлаждения – мелкокристаллического мартенсита. Закалка доэвтектоидной стали в межкритическом интервале температур приводит к сохранению в структуре кристаллов феррита, что при некотором понижении прочности обеспечивает высокую пластичность закаленной стали. Неполную закалку в сочетании с пластическим деформированием и последующим низкотемпературным отпуском часто применяют для низкоуглеродистых сталей (10ГС, 09Г2С), в результате чего формируются структуры с высокими механическими свойствами.

Заэвтектоидные стали, как правило, подвергаются неполной закалке. Температура нагрева при этом берется равной $A_{с1} + (30...50) ^\circ C$. После неполной закалки структура закаленной стали состоит из мартенсита и цементита. Цементит обладает более высокой твердостью по сравнению с мартенситом, поэтому при неполной закалке заэвтектоидные стали тверже, чем после полной закалки. Кроме того, закалка из межкритического интервала позволяет избежать дополнительных энергетических затрат.

Форма частиц избыточного цементита в значительной степени определяет ударную вязкость и пластичность стали. Наилучшей является глобулярная форма цементита. Если заэвтектоидную сталь подвергнуть предварительному сфероидизирующему отжигу либо предварительной полной закалке, избыточные карбиды округлой формы не будут вызывать снижения показателей этих важных механических свойств.

При закалке в качестве охлаждающей среды применяют воду или масло. Иногда применяют воду с добавлением солей, поверхностно-активных веществ. Кроме того, закалку можно производить в расплавах солей, например, в селитре (изотермическая закалка). Скорость охлаждения при закалке составляет несколько сотен градусов в секунду. При такой скорости охлаждения аустенит сохраняется до температуры $200...300 ^\circ C$. Как только достигается температура мартенситного превращения, происходит перестройка кристаллической решетки железа $\gamma \rightarrow \alpha$ без образования цементита. Таким образом, при закалке образуется пересыщенный твердый раствор углерода в α -железе, называемый **мартенситом**.

В равновесном состоянии при комнатной температуре α -железо может растворить в себе лишь 0,006 % углерода. В результате того, что весь углерод, который был растворен в аустените, остается в феррите, твердый раствор будет значительно пересыщен углеродом. Например, в стали У8 его содержание будет превышать равновесное в 130 раз.

Избыточный углерод растягивает решетку железа, она становится не кубической, а тетрагональной, когда два размера сохраняются, а третий

увеличивается. Сталь с мартенситной структурой имеет самые высокие прочность, твердость и износостойкость, что обусловлено:

1) пересыщенностью углеродом твердого раствора в десятки и сотни раз;

2) высокой плотностью дислокаций;

3) мелкозернистостью.

К сожалению, закаленная сталь имеет очень низкую пластичность и трещиностойкость, поэтому детали обязательно подвергают отпуску.

2.4 ОТПУСК ЗАКАЛЕННЫХ СТАЛЕЙ

Нагрев закаленных сталей до температур, не превышающих A_{c1} , называется отпуском. Отпуск производится с целью частичного снятия внутренних напряжений, повышения пластичности и трещиностойкости стали после закалки. Это необходимо для обеспечения надежности и долговечности работы деталей.

При отпуске происходит несколько процессов. Основной – распад мартенсита при выделении углерода в виде карбидов. Кроме того, идет распад остаточного аустенита, имеет место карбидное превращение и сфероидизация карбидов.

Изменения при отпуске разделяют на три превращения в зависимости от изменения удельного объема стали.

Первое превращение (температура 80...200 °C). Из мартенсита выделяется часть углерода в виде метастабильного ϵ -карбида (эпсилон-карбида), который имеет гексагональную решетку и химический состав, близкий к Fe_2C . Кристаллы ϵ -карбида когерентно связаны с решеткой мартенсита, то есть каждый атом на границе раздела принадлежит как мартенситу, так и карбиду. Обоеднение твердого раствора углерода происходит неравномерно: наряду с участками мартенсита, где часть углерода ушла на образование карбидов, сохраняются участки с исходной концентрацией углерода. Первое превращение идет и при комнатной температуре, однако скорость его в этом случае весьма мала.

Второе превращение (200...260 °C). Одновременно идут несколько процессов: дальнейшее обоеднение мартенсита углеродом, распад остаточного аустенита и карбидное превращение. Распад мартенсита распространяется на весь объем, при этом исчезает концентрационная неоднородность. В мартенсите остается 0,2 % углерода. Остаточный аустенит распадается на смесь низкоуглеродистого мартенсита и смесь дисперсных карбидов.

При температуре ~250 °C начинается превращение ϵ -карбида в цементит, при этом нарушается когерентная связь решеток карбида и твердого раствора.

Третье превращение (260...380 °C). Завершается распад мартенсита и карбидное превращение. Из мартенсита выделяется весь избыточный углерод в виде карбидов, тетрагональность решетки твердого раствора устраняется.

После отпуска при температуре 380...400 °С карбиды, присутствующие в структуре стали, имеют состав Fe_3C .

Феррито-карбидная смесь, образовавшаяся в результате третьего превращения, весьма дисперсна и имеет примерно такую же твердость, как и троостит. Структуру стали, образовавшуюся при первом и втором превращениях, называют отпущенным мартенситом.

При дальнейшем повышении температуры отпуска в структуре стали идут изменения, не связанные с фазовыми превращениями: меняется форма и размер карбидов. В структуре феррита также происходят изменения.

В интервале температур третьего превращения цементит имеет форму тонких пластин. С повышением температуры отпуска происходит коагуляция: мелкие кристаллы распадаются, а крупные растут за счет освобожденного углерода. Форма растущих кристаллов цементита постепенно становится сферической. Коагуляция и сфероидизация карбидов идет с заметной скоростью, начиная с температур 350...400 °С.

Начиная с температуры 400 °С обнаруживаются изменения структуры феррита: уменьшается плотность дислокаций, которая очень велика в мартенсите до отпуска, постепенно устраняются границы между пластинчатыми кристаллами феррита, в результате чего зерна феррита укрупняются и становятся равноосными.

Феррито-карбидная смесь, которая образуется после отпуска при температуре 450...650 °С, называют сорбитом отпуска. Структура ее – феррит и глобулярный цементит (зернистый перлит).

Температуру отпуска выбирают в зависимости от требований, предъявляемых к данной детали. Чем больше динамические нагрузки на деталь в процессе работы, тем выше должна быть температура отпуска. С повышением температуры отпуска снижается твердость, растут пластичность и трещиностойкость.

Технологически различают три вида отпуска:

- низкий: нагрев до 100...200 °С;
- средний: нагрев до 300...450 °С;
- высокий: нагрев до 450...600 °С.

При низком отпуске в стали не изменяются твердость и износостойкость, внутренние напряжения при переходе тетрагональной кристаллической решетки $\alpha\text{-Fe}$ в кубическую снижаются. Низкий отпуск применяется для режущего мерительного инструмента (ножей, резцов, сверл и т.д.).

Средний отпуск вызывает распад мартенсита на очень мелкую феррито-цементитную смесь, называемую **трооститом отпуска**. Средний отпуск применяется для пружин, рессор и других деталей, для которых важен высокий предел упругости.

При высоком отпуске феррито-цементитная смесь укрупняется, образуя структуру **сорбита отпуска**. Высокий отпуск применяется для различных деталей машин (шестерен, валов, рычагов и т.д.). Закалка с

последующим высоким отпуском, существенно улучшающая комплекс механическим свойств, является основным видом термической обработки конструкционных сталей и называется **улучшением**.

Таким образом, термическая обработка позволяет создавать в сталях структуры, которые обеспечивают разнообразное сочетание механических свойств. Изменение кристаллического строения стали при различных видах термической обработки показано на рис. 2.

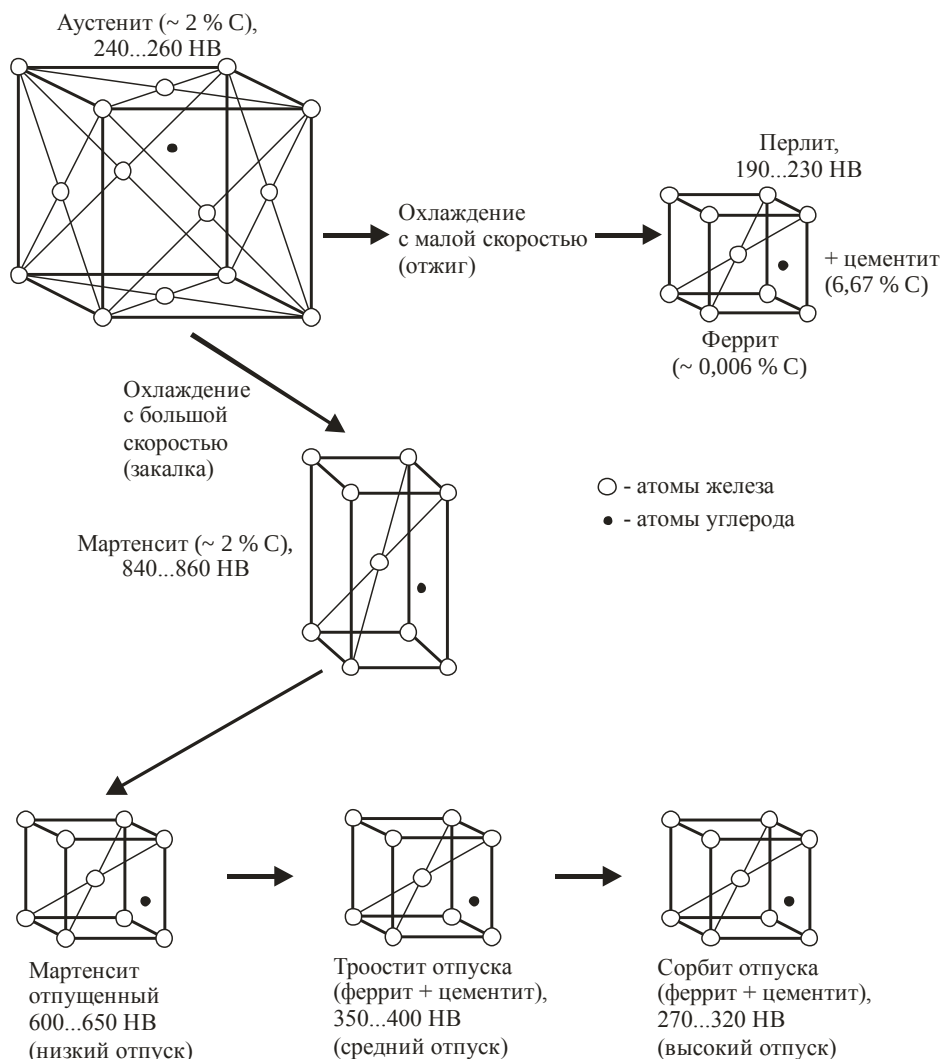


Рис. 2. Схема изменения кристаллической решетки железа при термической обработке

3. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВОЙСТВ СПЛАВОВ

При оценке прочностных свойств материалов различают несколько критериев:

а) независящие от конструктивных особенностей и характера службы изделия. Путем стандартных испытаний образцов определяются твердость (HB, HRC), предел прочности при растяжении (σ_B), предел текучести (σ_T),

относительное удлинение (δ), относительное сужение (ψ), ударная вязкость (α_n);

б) показатели конструктивной прочности материалов, которые характеризуют работоспособность материала в условиях службы;

в) прочность конструкции в целом, определяемая стендовыми, натурными и эксплуатационными испытаниями.

Для решения практических задач материаловедения, в частности определения эффективности упрочняющих обработок, необходимо выделить как традиционные механические свойства, так и характеристики конструктивной прочности, которые можно разделить на две группы:

– определяющие запас надежности материала в изделии (трещиностойкость; вязкость разрушения; работа, затрачиваемая при распространении трещин и т.д.). В основе этих методик лежат статические и динамические испытания образцов с острыми трещинами (например, неметаллические включения, надрезы, микропустоты). Эти микронесплошности и трещины резко меняют поведение металла под нагрузкой, так как являются концентраторами напряжений;

– определяющие долговечность изделий (усталостная прочность, износостойкость).

Наиболее распространенным методом оценки прочностных свойств сплава является определение твердости.

Под **твердостью** металла понимается его сопротивление местной пластической деформации при контактном приложении нагрузки (МПа). Это сопротивление зависит от структуры и химического состава сплава. Твердость определяют методами Бринелля, Роквелла, Виккерса. Выбор метода определяется твердостью испытываемого металла.

3.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОСТИ ПО МЕТОДУ БРИНЕЛЛЯ

Для определения твердости относительно мягких металлов и сплавов используют прибор Бринелля. Испытание на твердость по Бринеллю производится вдавливанием в образец стального шарика, в результате чего на поверхности образца получается отпечаток (рис. 3).

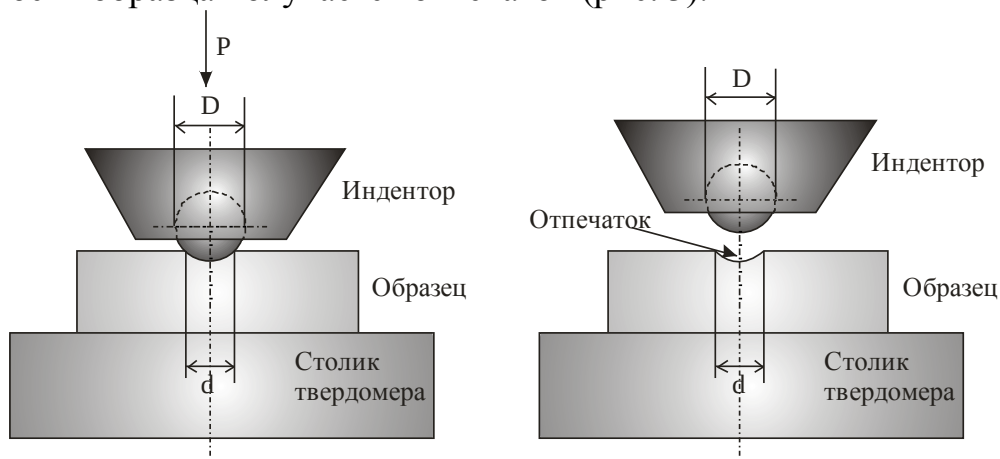


Рис. 3. Схема испытания твердости образца по Бринеллю

Отношение давления P в килограммах к площади поверхности полученного отпечатка (шарового сегмента) в квадратных миллиметрах дает число твердости, обозначаемое НВ.

Процесс измерения твердости состоит из нескольких операций.

1. Подготовка прибора к испытанию заключается в выборе необходимой нагрузки, диаметра шарика и продолжительности вдавливания.

В зависимости от толщины испытываемого материала применяют шарики различного диаметра. При испытании материала толщиной более 6 мм применяют шарик диаметром 10 мм, для материала толщиной от 3 до 6 мм – шарик диаметром 5 мм, для материала толщиной менее 3 мм – шарик диаметром 2,5 мм. Нагрузку P выбирают в зависимости от предполагаемой твердости испытываемого материала и диаметра шарика.

2. Подготовка образца к испытанию заключается в обработке его горизонтальной поверхности до нужной степени чистоты: необходимо, чтобы поверхность испытываемого образца была ровной и гладкой, чтобы на ней не было окалины и других дефектов.

3. Вдавливание шарика в испытываемый образец выполняется автоматически.

4. Измерение диаметра отпечатка производится специальной лупой, имеющей шкалу с делениями, равными 0,05 мм. Лупу нижней опорной частью надо плотно установить на поверхность образца над отпечатком (рис. 4). Поворачивая окуляр, следует добиться, чтобы края отпечатка были резко очерчены. Затем, передвигая лупу, надо один край отпечатка совместить с началом шкалы и прочитать деление шкалы, с которым совпадает противоположный край отпечатка. Данный отсчет и будет соответствовать диаметру отпечатка.

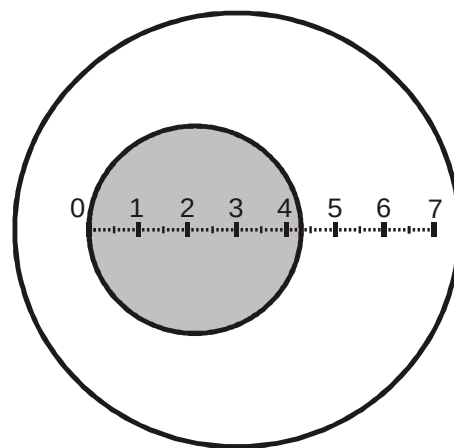


Рис. 4. Измерение отпечатка

3.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОСТИ ПО РОКВЕЛЛУ

Испытание на твердость по Роквеллу (рис. 5) производится вдавливанием в испытываемый образец алмазного конуса с углом 120° или стального закаленного шарика диаметром 1,59 мм.

Число твердости представляет собой разность между глубиной отпечатков, получаемых на испытываемом образце под двумя нагрузками: предварительной – 100 Н и общей - 500, 900, 1400 Н.

Твердость по Роквеллу – число отвлеченное и выражается в условных единицах. В зависимости от того, что используется и при какой нагрузке

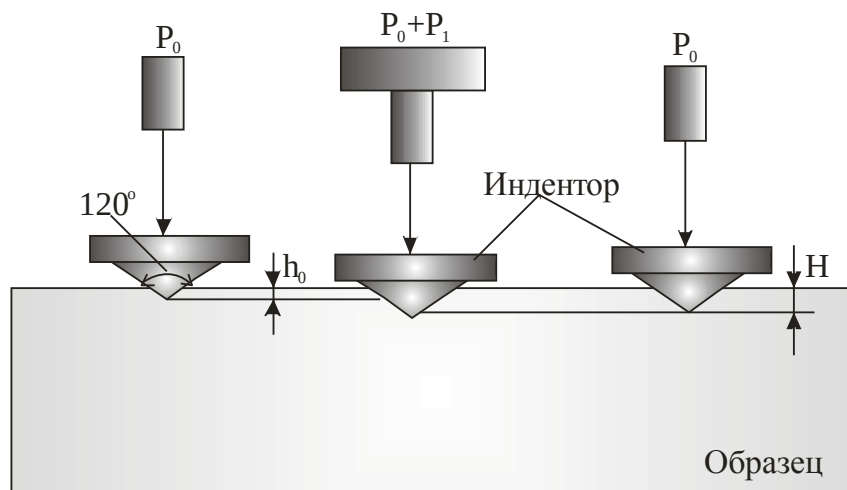


Рис. 5. Схема измерения твердости по Роквеллу:

P_0 – предварительная нагрузка (100 Н);

P_1 – основная нагрузка.

производится испытание, число твердости обозначается HRC, HRB, HRA (табл. 1).

Измерение твердости производится в определенном порядке:

1. Установить испытываемый образец на столик.

Таблица 1

Единицы твердости по Роквеллу

Обозначение твердости	Индентор (наконечник)	Шкала индикатора	Основная нагрузка	Расчетная формула
HRC HRA	Алмазный конус	C A	1400 Н 500 Н	$100 - \frac{H - h_0}{0,002}$
HRB	Стальной шарик	B	900 Н	$130 - \frac{H - h_0}{0,002}$

2. Прижимая шлиф к индентору, создать предварительную нагрузку 10 кг путем установки малой стрелки индикатора у красной точки.

3. Установить цифру “0” на черной шкале напротив большой стрелки индикатора.

4. Нажатием педали сообщить индентору нагрузку 150 кг (100 кг для шарика).

5. Величину твердости указывает большая стрелка на шкале индикатора после снятия нагрузки. Для HRC отсчет берется по черной шкале.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

При различных видах термической обработки сталей можно получать в деталях машин структурные состояния, обеспечивающие различную прочность. Поэтому для проведения данного исследования необходимо изучить условия работы контрольной детали в узле и, варьируя содержание углерода в стали (для исследования предлагаются следующие материалы 6

сталь 20, сталь 45 и сталь У8) и режимы термической обработки, выбрать оптимальные.

ПЛАН ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Эскиз контрольной детали с описанием свойств, отвечающих условиям эксплуатации.
3. Последовательность проведения исследования:
 - а) зарисовать диаграмму железо-углерод режимами термической обработки стали (рис. 1);
 - б) дать краткое описание видов термической обработки и температур нагрева в зависимости от содержания углерода;
 - в) выбрать режимы термической обработки для сталей 20, 45, У8 (табл. 2);
 - г) дать краткое описание методик определения твердости стали (методы Бринелля и Роквелла);
 - д) построить график зависимости твердости сталей 20, 45, У8 от содержания углерода при различных видах термической обработки (по данным табл. 3);
 - е) провести исследование микроструктур сталей после различных видов термической обработки (эскизы в табл. 3);
4. Выбрать сталь и обосновать режим термической обработки ее, удовлетворяющий требованиям чертежа контрольной детали;
5. Сделать общие выводы по результатам исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Солнцев Ю.П. Материаловедение / Ю.П. Солнцев, Е.И. Пряхин. – СПб: Химиздат, 2007.
2. Гуляев А. П. Материаловедение / А.П. Гуляев – М.: Металлургия, 1978.
3. Геллер Ю. А. Материаловедение (методы анализа, лабораторные работы и задачи) / Ю.А. Геллер, А.Г. Рахштадт – М.: Металлургия, 1984.
4. Лахтин Ю.М. Металловедение и термическая обработка металлов / Ю.М. Лахтин. – М.: Машиностроение, 1983.

ПРИМЕРЫ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

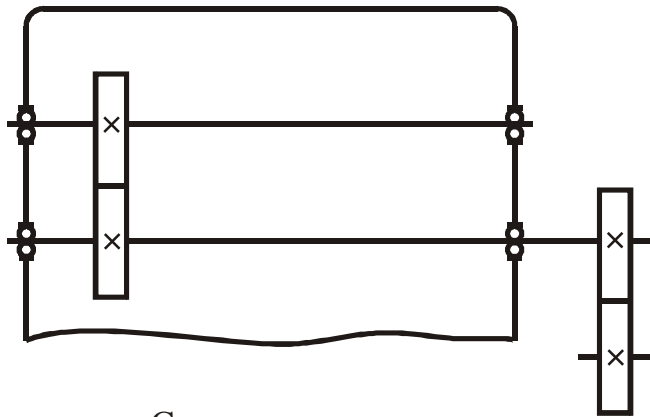
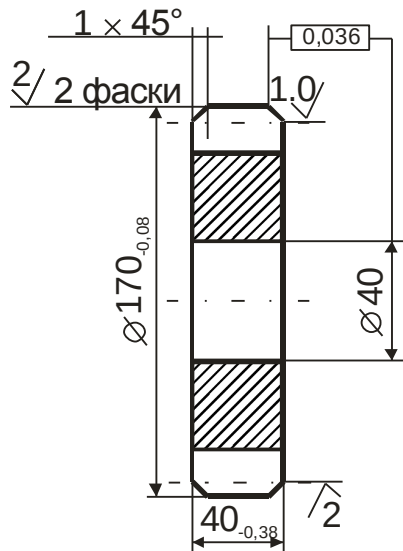


Схема редуктора

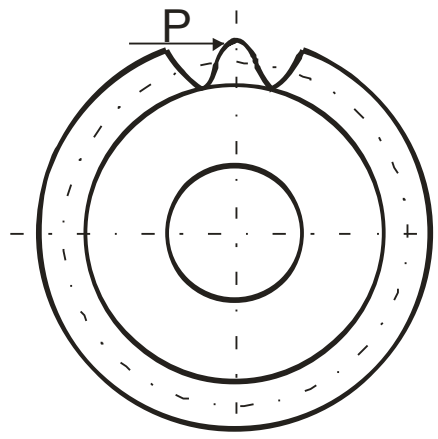
Задание 1

Исследовать влияние микроструктуры стали на конструктивную прочность шестерни редуктора.

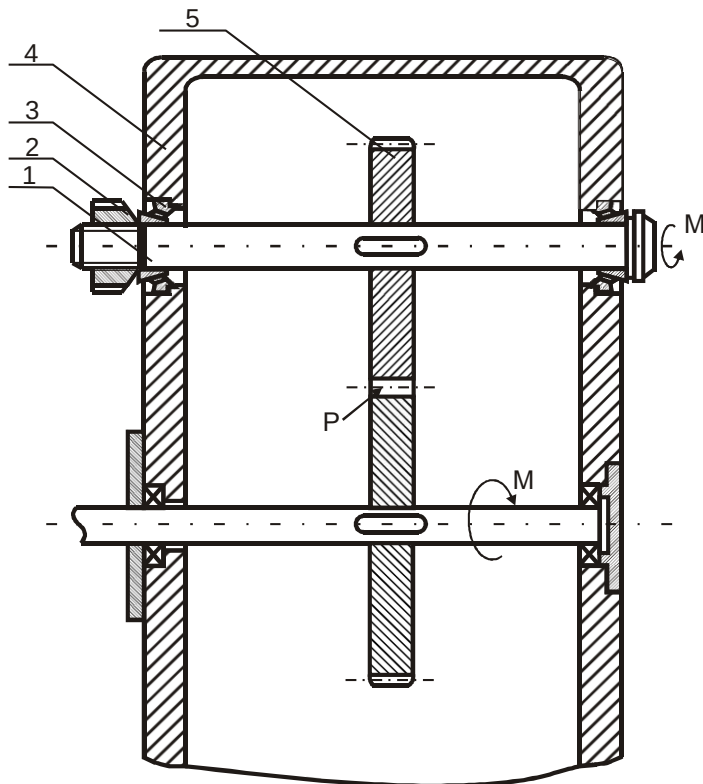
Цель — повысить запас пластичности шестерни методами термической обработки.



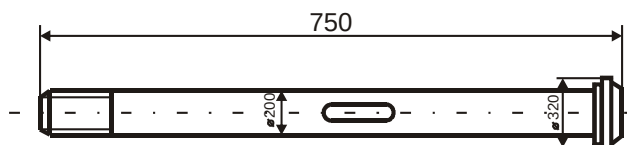
Зубчатое колесо
HRC 40...50



$m = 5$
 $z = 32$



Шпиндельный узел: 1 - шпиндель
2 - гайка
3 - подшипник
4 - шпиндельная бабка
5 - шестерня

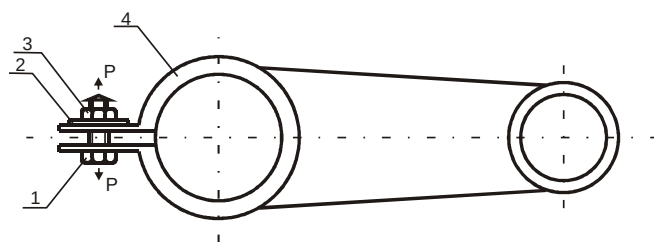


Шпиндель НВ 220...280

Задание 2

Исследовать влияние микроструктуры стали на конструктивную прочность шпинделя станка.

Цель — повысить конструктивную прочность шпинделя токарно-винторезного станка 1К62 термической обработкой.



Клеммовое соединение: 1 - болт
2 - шайба
3 - гайка
4 - рычаг

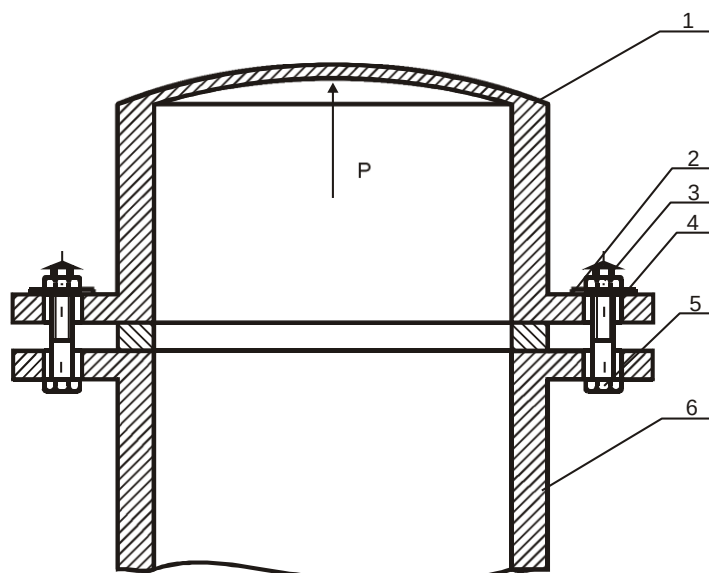


Болт М10х60 6g НВ 240...300
ГОСТ 7798-70

Задание 3

Исследовать влияние микроструктуры стали на прочность болта клеммового соединения.

Цель — выбрать оптимальный режим термической обработки болта для повышения его эксплуатационных свойств.



Крепление крышки цилиндра высокого давления: 1 - крышка 2 - прокладка
3 - гайка 4 - шайба
5 - болт 6 - цилиндр

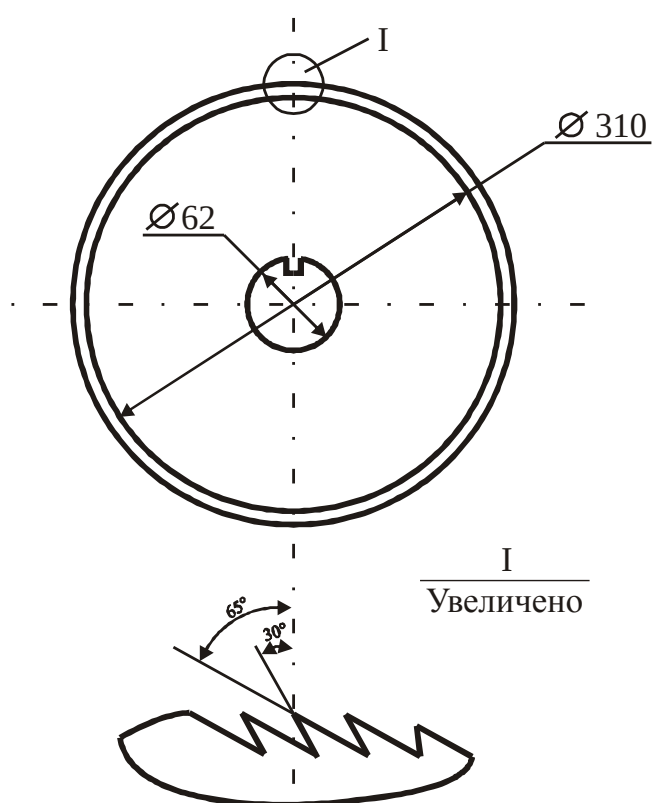


Болт М 30×110 6g
ГОСТ 7798-70 HRC 30...35

Задание 4

Исследовать влияние микроструктуры болта на прочность крепления крышки цилиндра высокого давления.

Цель – выбрать оптимальный режим термической обработки болта, учитывая условия его эксплуатации.

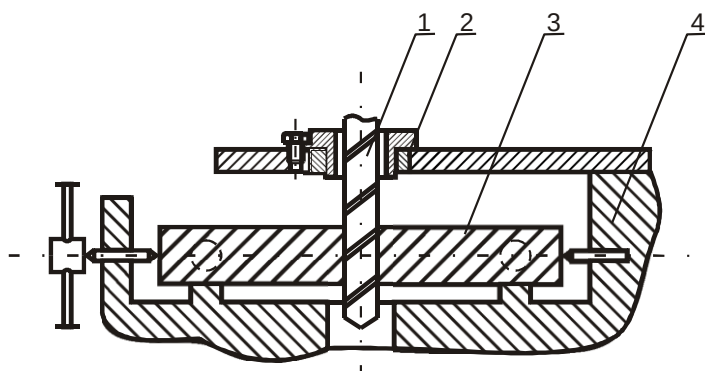


Дисковая пила машин HRC 30...40

Задание 5

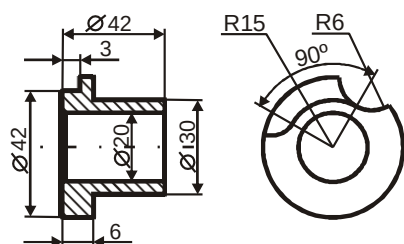
Исследовать влияние микроструктуры на прочность крепления крышки дисковой пилы машины.

Цель – повысить конструктивную прочность дисковой пилы термической обработкой.



Сверление по кондуктору

- 1 - сверло 2 - сменная втулка
3 - деталь 4 - кондуктор



Втулка сменная HRC 52...60

Задание 6

Исследовать влияние микроструктуры на прочность кондукторной втулки.

Цель — повысить конструктивную прочность сменной кондукторной втулки термической обработкой.

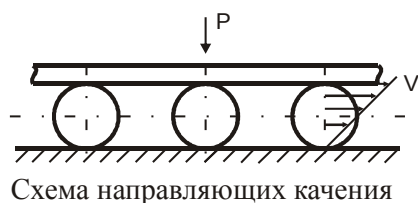
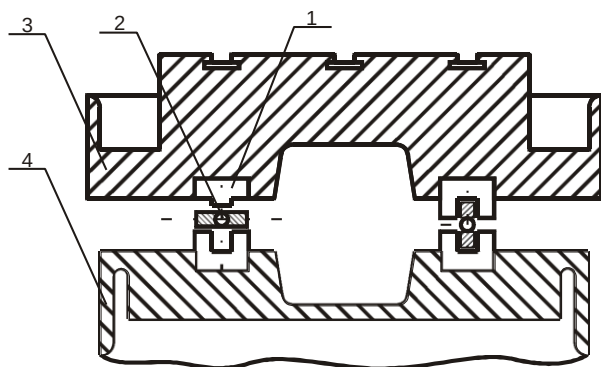
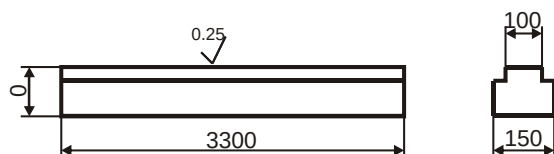


Схема направляющих качения



- 1 - направляющая 2 - шарик
3 - стол 4 - станина



Направляющая HRC 55...60

Задание 7

Исследовать влияние микроструктуры на конструктивную прочность направляющих круглошлифовального станка.

Цель — повысить конструктивную прочность направляющих станка термической обработкой.