

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

Многопрофильный колледж

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ОП.08 ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ**

**для обучающихся специальности
22.02.11 Обработка металлов в металлургическом производстве**

СОДЕРЖАНИЕ

1 Введение	33
2 Методические указания	34
Практическое занятие 1	34
Практическое занятие 2	38
Практическое занятие 3	47
Практическое занятие 4	51
Практическое занятие 5	56
Практическое занятие 6	58
Практическое занятие 7	60
Лабораторное занятие 1	63
Лабораторное занятие 2	67
Лабораторное занятие 3	69

1 ВВЕДЕНИЕ

Важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки обучающихся составляют практические и лабораторные занятия.

Состав и содержание практических и лабораторных занятий направлены на реализацию Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование профессиональных практических умений (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности).

Ведущей дидактической целью лабораторных занятий является экспериментальное подтверждение и проверка существенных теоретических положений (законов, зависимостей).

В соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Основы термической обработки металлов и сплавов» предусмотрено проведение практических и лабораторных занятий.

В результате их выполнения, обучающийся должен уметь:

Уд 1 использовать схемы и карты технологического процесса; обосновать выбор режима обработки металлов давлением для определенного вида металлопродукции

Уд 2 выбирать методы контроля качества выпускаемой продукции.

Содержание практических и лабораторных занятий ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессиональных модулей программы подготовки специалистов среднего звена по специальности и овладению **профессиональными компетенциями:**

ПК 2.2. Выбирать режим обработки металлов давлением в соответствии с технологической инструкцией.

ПК 2.4 Производить оценку качества выпускаемой продукции.

А также формированию общих компетенций:

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.

ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

Практические и лабораторные занятия проводятся в рамках соответствующей темы, после освоения дидактических единиц, которые обеспечивают наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Тема 1.1 Теория термической обработки стали

Практическое занятие № 1

Определение структуры и свойств стали по диаграмме изотермического распада аустенита

Цель: изучение диаграммы изотермического распада переохлажденного аустенита (ДИПА) в условиях изотермического и непрерывного охлаждения; изучение микроструктур сталей в равновесном и неравновесном состоянии.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

- использовать схемы и карты технологического процесса; обосновать выбор режима обработки металлов давлением для определенного вида металлопродукции

Материальное обеспечение:

Оборудование:

Микроскопы металлографические.

Цифровые камеры для микроскопа.

Металлографические шлифы.

Диаграмма изотермического распада переохлажденного аустенита (ДИПА).

Индивидуальный раздаточный материал.

Задание:

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Изучить теоретические положения
3. Научиться определять свойства и микроструктуру стали с помощью диаграммы
4. Полученные результаты записать в тетрадь и предоставить преподавателю для проверки.

Краткие теоретические сведения:

В реальных условиях все процессы термической обработки протекают при разных скоростях охлаждения и требуют различного времени. Для описания кинетики (развитие процесса во времени или скоростной зависимости) превращения переохлажденного аустенита пользуются экспериментально полученными диаграммами – ДИПА(С-кривые), показывающими, как идет распад аустенита с течением времени при различных постоянных температурах.

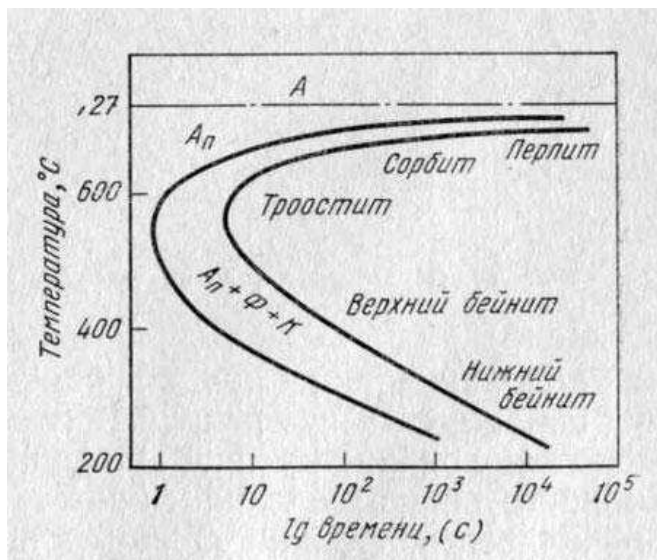
ДИПА – это диаграмма, устанавливающая связь между температурой, временем превращения переохлажденного аустенита и структурой для данной (конкретной) марки стали.

ДИПА строится для каждой марки стали экспериментальным путем на основе серий кривых изотермического превращения аустенита (КИПА).

КИПА – это зависимость превращенного объема от времени выдержки при определенной температуре ($\%P=f(\tau)$ при $t_{из}=const$).

1 Перлитное превращение.

Основное превращение, протекающее во время охлаждения при отжиге стали – это эвтектоидный распад аустенита на смесь феррита с карбидом. Кинетика эвтектоидного превращения изображается С-образными кривыми на диаграмме изотермического превращения аустенита (рисунок 1).



А- устойчивый аустенит, А_п –переохлажденный аустенит, Ф- феррит, К-карбид
Рисунок 2 – Диаграмма изотермического распада аустенита в эвтектоидной части

С-диаграмма строится следующим образом. Тонкие образцы стали, содержащей 0,8% С, нагревают до полной аустенитизации при температуре выше точки А₁ и затем переносят в термостат (соляную ванну) с температурой ниже этой точки. Начало и конец распада аустенита при данной температуре можно определить несколькими методами:

- микроструктурный анализ – образцы после различного времени выдержки в термостате закаливают в воде. Изотермически нераспавшийся аустенит превращается в мартенсит, который хорошо отличается под микроскопом от продуктов распада аустенита.

- магнитометрический метод – позволяет количественно определять степень превращения аустенита в любой момент изотермической выдержки, так как интенсивность намагничивания образца пропорциональна количеству ферромагнитной альфа – фазы.

При температуре 727 °С аустенит находится в термодинамически устойчивом равновесии со смесью феррита и цементита. Чтобы начался распад аустенита, необходимо переохладить его ниже 727 °С. Устойчивость переохлажденного аустенита характеризуется инкубационным периодом, когда обычные методы не фиксируют появления продуктов распада.

В эвтектоидной стали при температуре около 550 °С переохлажденный аустенит наименее устойчив. При этих же температурах происходят максимумы скорости роста эвтектоида (рисунок 2).

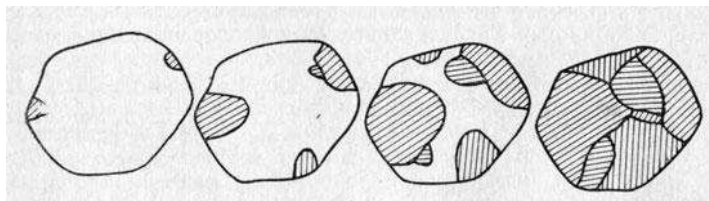


Рисунок 3 – Образование колоний эвтектоида в одном зерне аустенита

В эвтектоидной смеси феррита с цементитом перлит растет из отдельных центров в виде колоний. Зародышем перлитной колонии может быть или цементит, или феррит. При утолщении цементитной пластины вблизи нее аустенит обедняется углеродом и создаются условия для зарождения пластин, примыкающих к цементитной.

При утолщении же ферритной пластины он оттесняется в аустенит, в результате создаются благоприятные условия для появления новых цементитных пластин.

При боковом росте колоний перлита могут зарождаться попеременно пластины феррита и цементита, а также новые пластины от ранее образовавшихся пластин своей фазы (рисунок 3).

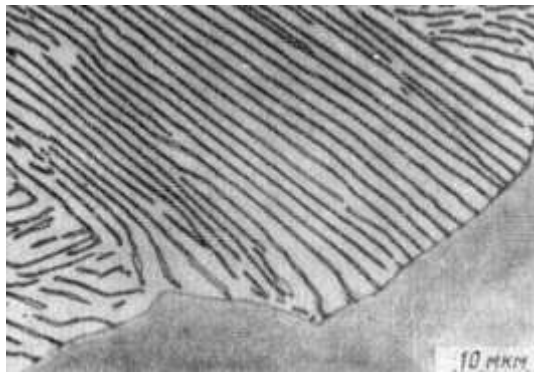


Рисунок 4 – Строение перлита около границы колонии

На шлифе цементит в перлитной колонии выглядит как совокупность изолированных пластин без перемычек, но по такой плоской картине нельзя сделать однозначного вывода об отсутствии каркаса из цементита. Эвтектоидная колония чаще всего является бикристаллом из взаимопереплетающихся дендритов двух фаз. Отсюда следует, что при боковом росте колонии фазы растворяются, а не многократно зарождаются. Если от колонии ответвляется пластина с другой ориентацией, то она служит зародышем для новой перлитной колонии (рисунок 4).

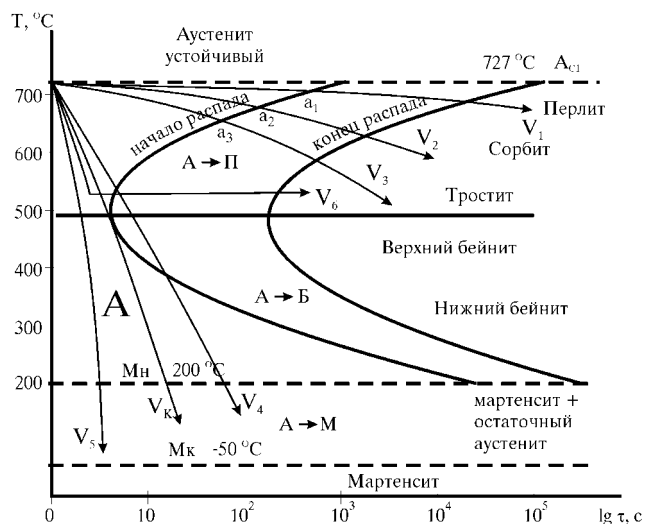


Рисунок 5 – Диаграмма превращения аустенита при охлаждении

Порядок выполнения работы:

1. На основании методических рекомендаций к проведению практической работы и справочного материала изучить диаграммы изотермического распада переохлажденного аустенита (ДИПА) в условиях изотермического и непрерывного охлаждения, а также изучить микроструктуру сталей в равновесном и неравновесном состоянии.
2. Сделать записи расчетов в тетрадь.
3. Подготовить защиту практической работы.

Добавлено примечание ([Ш1]): Каких расчетов? Где задания для расчетов? Где образцы решения?

Форма представления результата: работа должна быть представлена в письменном виде с расчетами.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется - студент обладает системными теоретическими знаниями (знает методику выполнения практических навыков, показания и противопоказания, возможные осложнения, нормативы и проч.), без ошибок самостоятельно демонстрирует выполнение практических умений,

Оценка «хорошо» выставляется - студент обладает теоретическими знаниями (знает методику выполнения практических навыков, показания и противопоказания, возможные осложнения, нормативы и проч.), самостоятельно демонстрирует выполнение практических умений, допуская некоторые неточности (малосущественные ошибки), которые самостоятельно обнаруживает и быстро исправляет,

Оценка «удовлетворительно» выставляется - студент обладает удовлетворительными теоретическими знаниями (знает основные положения методики выполнения практических навыков, показания и противопоказания, возможные осложнения, нормативы и проч.), демонстрирует выполнение практических умений, допуская некоторые ошибки, которые может исправить при коррекции их преподавателем,

Оценка «неудовлетворительно» выставляется - студент не обладает достаточным уровнем теоретических знаний (не знает методики выполнения практических навыков, показаний и противопоказаний, возможных осложнений, нормативы и проч.) и/или не может самостоятельно продемонстрировать практические умения или выполняет их, допуская грубые ошибки.

Тема 1.1 Теория термической обработки стали

Практическое занятие № 2

Определение твердости материала динамическими твердомерами NOVOTEST T-D2, переносным твердомером ТБ-5013 (Бринель), твердомером переносным ТКП-1(Роквелл)

Цел: приобрести практические навыки по выбору метода определения твердости для типовых изделий (круг, пластина, лист, кольцо и т.п.), изготовленных из черных и цветных металлов.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

- использовать схемы и карты технологического процесса; обосновать выбор режима обработки металлов давлением для определенного вида металлопродукции;
- выбирать методы контроля качества выпускаемой продукции.

Материальное обеспечение:

Оборудование:

Переносной твердомер ТБ-5013 (Бринель).

Переносной твердомер ТКП-1 (Роквелл).

Динамический твердомер NOVOTESNT T-D2;

Индивидуальный раздаточный материал.

Задание:

1. Каждый студент выполняет индивидуальное задание, номер задания соответствует порядковому номеру студента в списке группы, согласно которому определяются данные для задания, размеры изделия, его формы, материал и свойства в соответствии с таблицами (табл. 3 – 5).
2. Ответить на контрольные вопросы.

Краткие теоретические сведения:

Одним из методов испытания механических свойств металлов и сплавов является метод определения их твердости. Под твердостью понимается свойство поверхностного слоя материала оказывать сопротивление упругой и пластической деформации при местных контактных воздействиях со стороны другого более твердого тела определенной формы и размера. Испытание на твердость, благодаря своей простоте, простоте, а также возможности производить замеры на готовых изделиях без их разрушения и повреждения получило очень широкое распространение как в лабораторных, так и в заводских условиях. Известные методы определения твердости значительно отличаются друг от друга по форме применяемого индентора, условиям приложения нагрузки и способу расчета чисел твердости.

Твердость можно измерять следующими способами:

- вдавливанием наконечника,
- царапанием поверхности,
- отскокиванием наконечника-шарика (упругая отдача).

Твердость, определенная царапанием, характеризует сопротивление разрушению (для большинства материалов путем среза).

Твёрдость, определенная по отскоку, характеризует упругие свойства металла.

Твердость, определенная вдавливанием в испытываемый материал индентора наконечника, изготовленного из более твёрдого материала (закаленная сталь, алмаз, твердый сплав) показывает сопротивление пластической деформации.

Наиболее распространенным является метод вдавливания, при котором твердость определяют по следующему принципу:

- по величине поверхности отпечатка от вдавливания стального шарика при испытании на прессе типа Бринелля;
- по глубине отпечатка при вдавливании алмазного (твердосплавного) конуса или стального шарика на приборе типа Роквелла;
- по величине поверхности отпечатка от вдавливания алмазной пирамиды при испытании на приборах типа Виккерса.

Во всех методах испытания на твердость очень важно правильно подготовить поверхностный слой образца. Он должен по возможности полно характеризовать тот материал, твердость которого необходимо определить.

Все поверхностные дефекты (окалина, выбоины, грубые риски, вмятины и т.д.) должны быть удалены. Чем меньше глубина вдавливания индентора, тем выше необходимая чистота поверхности.

Нагрузка должна прилагаться по оси вдавливаемого индентора перпендикулярно к испытываемой поверхности, поэтому её плоскость должна быть строго параллельна опорной поверхности. Неплоские образцы крепят на специальных опорных столиках, входящих в комплект твердомеров.

Определение твердости по Бринеллю

Твердость по методу Бринелля (ГОСТ 9012 – 59) измеряют вдавливанием в испытываемый образец стального шарика определенного диаметра D (2,5; 5; 10мм) под действием заданной нагрузки F в течение определенного времени (Рис. 1). В результате вдавливания шарика на поверхности образца получается отпечаток (лунка). Число твердости по Бринеллю, обозначаемое HB (H – начальная буква слова Hardness – твердость; B – начальная буква названия метода определения твердости Brinell), представляет собой отношение нагрузки F к площади поверхности сферического отпечатка S и измеряется в кгс/мм² или МПа: $HB = F/S$.

Для перевода твердости по Бринеллю в единицы СИ необходимо умножить число твердости в кгс/мм² на 9,81, т.е. $HB=9,81*HB$ (МПа).

Твердость, выраженная через диаметр шарика D и диаметр отпечатка d , характеризуется формулой:

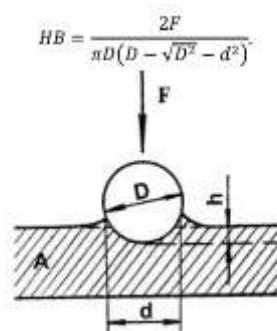


Рис. 1 – Схема испытания на твердость по методу Бринелля (ГОСТ 9012 – 59).

Значения твердости по Бринеллю обычно дают без указания размерности.

Диаметр отпечатка измеряют специальной лупой, на окуляре которой нанесена шкала с делениями, соответствующими десятым долям миллиметра.

Чем меньше диаметр отпечатка, тем выше твердость испытываемого металла. Чтобы не прибегать к длительным и сложным вычислениям твердости по формуле, пользуются специальной таблицей перевода диаметра отпечатка в числа твердости HB .

На приборе Бринелля испытывать можно только те материалы, твердость которых не превышает 450 HB, так как при большей твердости стальной шарик при вдавливании будет деформироваться, и исказить результат. Чтобы при вдавливании шарика не происходило продавливания материала, толщина образца должна быть не менее десятикратной глубины отпечатка. Поэтому способ Бринелля не позволяет измерять твердость тонкого поверхностного слоя менее – 1 мм.

Диаметр шарика, нагрузка и длительность выдержки под нагрузкой устанавливаются в зависимости от испытываемого материала, его твердости, и толщины (таблица 1).

Таблица 1 – Зависимости диаметра шарика, нагрузки и длительности выдержки под нагрузкой от испытываемого материала, его твердости, и толщины

Материал образца	Твердость HB	Величина нагрузки	D, мм	Нагрузка F, кгс	Выдержка под нагрузкой, сек
Стали, чугуны	140 - 250	$P=30D^2$	10	3000	10
			5	750	10
			2,5	187,5	10
Цветные сплавы: медь, латунь, бронза	35 - 150	$P=10D^2$	10	1000	30
			5	250	30
			2,5	62,5	30
Цветные сплавы: алюминий, подшипниковые сплавы	8 - 35	$P=2,5D^2$	10	250	60
			5	62,5	60
			2,5	15,6	60

Согласно ГОСТ 9012 – 59 твердость, обозначенная HB 400, HB 255 и т.д. показывает число твердости при испытании шариком диаметром 10 мм под нагрузкой 3000 кгс с выдержкой 10 сек. В случае отклонения от указанных параметров испытания перед цифровым выражением твердости необходимо указывать их значения, HB_{10}^{3000} , например: $HB_{2,5}^{250}$. Число твердости по Бринеллю – 200 при испытании шариком диаметром 5 мм под нагрузкой: 250 кгс.

Между числом твердости HB и пределом прочности для различных материалов установлена следующая примерная зависимость: для стали – $\sigma_B \approx 0,34...0,35$ HB; для медных отожженных сплавов $\sigma_B \approx 0,55$ HB; для алюминиевых сплавов $\sigma_B \approx 0,35...0,36$ HB.

Определение твердости по Роквеллу

При определении твердости по методу Роквелла (рис. 2) в качестве индентора, вдавливаемого в испытываемый материал, применяют алмазный (твёрдосплавный) конус с углом при вершине 120°С или стальной закаленный шарик диаметром 1,588мм.

В отличие от измерений по методу Бринелля твердость определяют по глубине отпечатка, а не по его площади. Глубина отпечатка измеряется в самом процессе вдавливания, что значительно упрощает испытания. Нагрузка прилагается последовательно в две стадии (ГОСТ 9013 – 59): сначала предварительная F_0 , обычно равная 10 кгс (для устранения влияния упругой деформации и различной степени шероховатости), а затем основная F_1 , что в сумме составит полную F .

Прибор измеряет разность между глубиной отпечатков, полученных под действием полной нагрузки и предварительной, т.е. глубину отпечатка от основной нагрузки. Чем твёрже измеряемый материал и, следовательно, меньше глубина вдавливания, тем больше число твердости по Роквеллу.

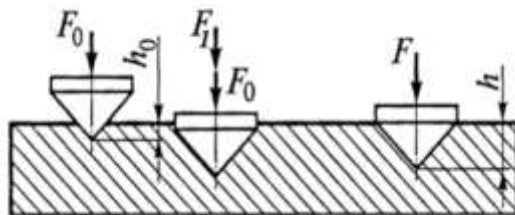


Рис. 2 – Схема определения твердости вдавливанием алмазного конуса на приборе Роквелла.

Единица твердости по Роквеллу – безразмерная величина, соответствующая осевому перемещению индентора в металл на 0,002 мм. Она не имеет той размерности и того физического смысла, который имеет единица твердости по Бринеллю, но может быть пересчитана на числа твердости по Бринеллю с помощью специальных диаграммы и таблицы.

На приборе Роквелла можно измерять твердость:

1) Закаленных и низкоотпущенных сталей и др. сплавов (с твердостью более HB 450) алмазным (твердосплавным) конусом с общей нагрузкой 150 кгс. Значения твердости характеризуются цифрами на черной шкале С циферблата и обозначаются HRC, например, HRC 65.

2) Мягких отожженных сталей, чугунов, цветных сплавов стальным шариком с нагрузкой 100 кгс в деталях или образцах толщиной 0,8 - 2 мм, когда измерения по Бринеллю шариком большего диаметра могут вызвать смятие образца. Значения твердости характеризуются цифрами на красной шкале В и обозначаются HRB.

3) Очень твердых металлов и сплавов, а также тонких (0,3 - 0,5 мм), упрочнённых поверхностных слоёв и пластинок алмазным конусом с нагрузкой 60 кгс, когда вдавливание алмазного (твердосплавного) конуса с большой нагрузкой может вызвать выкрашивание алмаза. Значения твердости здесь характеризуются цифрами, указываемыми большой стрелкой на черной шкале А, и обозначаются HRA.

Условия и пределы измерения твердости по Роквеллу установленные ГОСТ приведены в таблице 2. Твердость по методу Роквелла рекомендуется измерять не менее трех раз на одном образце. В расчет принимается среднее значение результатов замеров. Расстояние между отпечатками, а также между отпечатком и краем должно быть соответственно не менее 1,5 и 4 мм при измерении конусом и шариком.

Преимущество метода Роквелла по сравнению с методами Бринелля и Виккерса заключается в том, что значение твердости по методу Роквелла фиксируется непосредственно стрелкой индикатора, при этом отпадает необходимость в оптическом измерении размеров отпечатка.

Таблица 2 – Условия и пределы измерения твердости по методу Роквелла

Шкала	Тип индентора	Нагрузка, F, кгс	Обозначение чисел твердости	Пределы измерения твердости
A	Алмазный (твердоспл.) конус	60	HRA	70-95
B	Стальной шарик диам. 1,58 мм	100	HRB	25-100
C	Алмазный (твердоспл.) конус	150	HRC	20-67

Определение твердости по Виккерсу

При стандартном измерении твердости по Виккерсу (рис. 3) (ГОСТ 2999 – 75) в поверхность образца вдавливается индентор в форме четырехгранной алмазной пирамиды с углом при вершине 136°. Твердость характеризуется площадью полученного отпечатка. Индентор вдавливается при нагрузках 1, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 100 или 120 кгс. Чем больше нагрузка, тем глубже он проникает в испытываемый материал. Поэтому для определения твердости тонких слоёв применяют меньшие нагрузки.

После снятия нагрузки, действующей определенное время (10-15 сек для черных и 30 сек для цветных металлов и сплавов), при помощи микроскопа, установленного на твердомере, измеряют диагонали d_1 и d_2 отпечатка, оставшегося на поверхности образца, с точностью до 0,001 мм, затем определяют среднее арифметическое d .

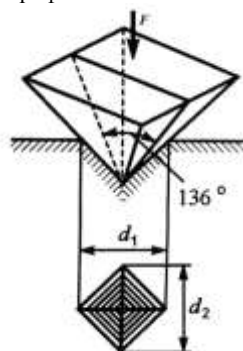


Рис. 3 – Схема испытания на твердость по методу Виккерса (ГОСТ 2999 – 75).

Твёрдость по Виккерсу HV, также, как и по Бринеллю, определяют, как усилие F , приходящееся на площадь боковой поверхности полученного пирамидального отпечатка S и измеряется в кгс/мм² или МПа

$$HV = \frac{F}{S}$$

Зная нагрузку F , по значению d можно определить твердость по специальным таблицам, составленным с использованием формулы. Обозначение, например, HV 500 – число твердости 500, полученное при нагрузке 30 кгс и выдержке 10-15 сек. В случаях отклонений от указанных параметров испытания вводятся дополнительные обозначения: HV 30/20 - 420 – число

твердости 420, полученное при нагрузке 30 кгс и выдержке 20 сек; HV 10/40 - 220 - число твердости 220, полученное при нагрузке 10 кгс и времени выдержки 40 сек. Числа твердости по Виккерсу и по Бринеллю имеют одинаковую размерность и для материалов твердостью до HB 450 практически совпадают. Алмазная пирамида повышает точность измерения даже при проникновении её на небольшую глубину и делает этот способ особенно пригодным для определения твердости тонких или твердых сплавов.

Порядок выполнения работы:

1. Каждый студент выполняет индивидуальное задание, номер задания соответствует порядковому номеру студента в списке группы, согласно которому определяются данные для задания, размеры изделия, его формы, материал и свойства в соответствии с таблицами (табл. 3 – 5).
2. .Сделать записи расчетов в тетрадь.
3. Подготовить защиту практической работы.

Таблица 3 – Вид изделия и его размеры, марка материала № варианта

№ варианта	Вид изделия и его размеры	Марка материала
1	К 15 х 120	40Х
2	К 30 х 40	ВЧ 50
3	К 70 х 400	СЧ 28
4	П 70 х 30 х 10	КЧ 30-6
5	Л 0,5	ЛС 59 - 1
6	В 50 х 150 х 10	М 1
7	К 100 х 120	АЛ 4
8	В 45 х 40 х 7	сталь 80
9	Ц 120 х 60 х 3	12Х18Н10Т
10	П 40 х 40 х 3	Бр. Б 2
11	Ц 100 х 80 х 2	Бр. АЖ 9 - 4
12	К 25 х 70	ЛК 60 - 2
13	Л 30	СЧ 15
14	К 10 х 10	ВЧ 60
15	Ц 70 х 30 х 7	КЧ 45-7
16	Ф 0,1	А 99
17	П 100 х 60 х 3	38ХМЮА
18	К 35 х 70	У 10
19	В 90 х 70 х 15	15 ГЮТ
20	Ц 40 х 10 х 5	Р18
21	П 80 х 20 х 5	ШХ 4
22	Ф 0,4	40Х13
23	К 60 х 60	18ХГТ
24	К 120 х 300	Л80
25	В 60 х 40 х 20	АЛ 21
26	П 80 х 30 х 20	50ХФ
27	Ц 60 х 30 х 6	У13А
28	Л 1,8	Бр. ОЦ 9 - 1
29	К 20 х 100	Р6М5К5
30	К 10 х 30	сталь 45

Условные обозначения:

К – круг (Диаметр × Длина),

П – пластина, полоса (Длина × Ширина × Толщина),

Л – лист (Толщина)

Ц – кольцо (Диаметр внутренний × Диаметр наружный × Толщина)

Ф – фольга (Толщина)

В – квадрат, прямоугольник (Длина × Ширина × Толщина)

Таблица 4 – Прочность материалов, σ_B , МПа

№ варианта	Прочность материала, σ_B , МПа
1	240
2	20
3	220
4	160
5	180
6	70
7	42
8	96
9	700
10	200
11	86
12	94
13	60
14	128
15	260
16	194
17	34
18	395
19	750
20	410
21	440
22	980
23	100
24	700
25	58
26	92
27	650
28	100
29	64
30	380

Таблица 5 – Таблица перевода значений твердости

Роквелл		Бринелль						Виккерс, HV	Шор, HS ₀	Роквелл, HRB	Бринелль						Виккерс, HV	Шор, HS ₀		
HRC	HRA	Диаметр отсчета, d, мм	НВ при нагрузке F, кгс								Диаметр отсчета, d, мм	НВ при нагрузке F, кгс								
			3000(30D ²)	1000(10D ²)	250(25D ²)							3000(30D ²)	1000(10D ²)	250(25D ²)						
66	84,5	-	-	-	-	-	-	854	-	100	3,91	240	80,0	20,0	246	35	-	-		
65	84,0	2,35	683	227	56,9	-	-	820	92	99	3,96	234	77,9	19,5	235	34	-	-		
64	83,5	-	-	-	-	-	-	789	-	98	4,01	228	75,9	19,0	226	33	-	-		
63	83,0	2,40	652	218	54,3	-	-	763	88	97	4,06	222	73,9	18,5	221	33	-	-		
62	82,5	-	-	-	-	-	-	739	-	95	4,11	216	72,0	18,0	217	32	-	-		
61	81,5	2,45	627	210	52,2	-	-	715	85	95	4,17	210	70,9	17,5	213	31	-	-		
60	81,0	-	-	-	-	-	-	695	-	94	4,21	205	68,5	17,1	209	30	-	-		
59	80,5	2,50	600	200	50,0	-	-	675	81	93	4,26	200	66,8	16,7	201	30	-	-		
58	80,0	2,55	578	193	48,8	-	-	655	78	92	4,32	195	64,9	16,2	197	29	-	-		
57	79,5	-	-	-	-	-	-	636	-	91	4,37	190	63,3	15,8	190	29	-	-		
56	79,0	2,60	555	185	46,2	-	-	617	75	90	4,42	185	61,8	15,5	186	28	-	-		
55	78,5	-	-	-	-	-	-	598	-	-	4,43	-	61,5	15,4	-	-	-	-		
54	78,0	2,62	532	178	44,0	-	-	580	72	89	4,48	180	60,1	15,0	183	28	-	-		
53	77,5	-	-	-	-	-	-	562	-	88	4,53	176	58,7	14,7	177	27	-	-		
52	77,0	2,70	512	171	42,7	-	-	545	70	87	4,58	172	57,3	14,3	174	27	-	-		
51	76,5	2,75	595	166	41,3	-	-	528	68	86	4,62	169	56,3	14,1	170	26	-	-		
50	76,0	-	-	-	-	-	-	513	-	85	4,67	165	55,0	13,8	166	26	-	-		
49	75,5	2,80	477	159	39,7	-	-	498	66	84	4,71	162	54,0	13,5	163	25	-	-		
48	74,5	2,85	460	153	38,3	-	-	485	64	83	4,75	159	53,0	13,3	159	25	-	-		
47	74,0	2,89	448	149	37,3	-	-	471	61	82	4,79	156	52,1	13,0	156	24	-	-		
46	73,5	2,92	437	146	36,4	-	-	458	60	-	4,80	-	51,9	-	-	-	-	-		
45	73,0	2,96	426	142	35,5	-	-	446	59	81	4,84	153	51,0	12,8	153	24	-	-		
44	72,5	3,00	415	138	34,6	-	-	435	57	80	4,88	150	50,1	12,5	149	23	-	-		
42	71,5	3,08	393	131	32,7	-	-	413	55	-	4,89	-	49,8	-	-	-	-	-		
40	70,5	3,16	372	124	31,0	-	-	393	52	79	4,93	147	49,0	12,3	146	23	-	-		
38	-	3,25	352	117	29,3	-	-	373	49	78	4,97	144	48,1	12,0	143	22	-	-		
36	-	3,34	332	111	27,7	-	-	353	46	-	4,98	-	47,9	-	-	-	-	-		
34	-	3,44	313	104	26,1	-	-	334	44	77	5,02	141	47,1	11,8	140	21	-	-		
32	-	3,53	297	98,9	24,6	-	-	317	42	-	5,03	-	46,9	11,7	-	-	-	-		
30	-	3,61	283	94,4	23,6	-	-	301	40	76	5,06	139	46,3	11,6	139	21	-	-		
28	-	3,69	270	90,2	22,5	-	-	285	38	75	5,09	137	45,7	11,4	137	21	-	-		
26	-	3,76	260	86,8	21,7	-	-	271	36	-	5,10	-	45,5	-	-	-	-	-		
24	-	3,83	250	83,5	20,9	-	-	257	35	74	5,12	135	45,1	11,3	135	19	-	-		
22	-	3,91	240	80,0	20,0	-	-	246	35	-	5,13	-	45,0	-	-	-	-	-		
20	-	3,99	230	76,7	19,2	-	-	236	32	72	5,21	130	43,5	10,9	130	19	-	-		

Контрольные вопросы

1. Понятие о твердости металлов и сплавов.
2. Какие существуют способы измерения твердости?
3. Чем объясняется широкое применение способа измерения твердости?
4. Как определить твердость по методу Бринелля?
5. Как определить твердость по методу Роквелла?
6. Как определяется индентор (наконечник) для испытания при использовании метода Роквелла?
7. Как определить твердость по методу Виккерса?
8. Обозначение и единицы измерения твердости.
9. Что является вдавливаемым элементом при измерении твердости по Роквеллу, Бринеллю, Виккерсу?
10. Чем объяснить отсутствие универсального метода определения твердости?

Форма представления результата: работа должна быть представлена в виде таблицы, письменных ответов на контрольные вопросы.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется - студент обладает системными теоретическими знаниями (знает методику выполнения практических навыков, показания и противопоказания, возможные осложнения, нормативы и проч.), без ошибок самостоятельно демонстрирует выполнение практических умений,

Оценка «хорошо» выставляется - студент обладает теоретическими знаниями (знает методику выполнения практических навыков, показания и противопоказания, возможные осложнения, нормативы и проч.), самостоятельно демонстрирует выполнение практических умений, допуская некоторые неточности (малосущественные ошибки), которые самостоятельно обнаруживает и быстро исправляет,

Оценка «удовлетворительно» выставляется - студент обладает удовлетворительными теоретическими знаниями (знает основные положения методики выполнения практических навыков, показания и противопоказания, возможные осложнения, нормативы и проч.), демонстрирует выполнение практических умений, допуская некоторые ошибки, которые может исправить при коррекции их преподавателем,

Оценка «неудовлетворительно» выставляется - студент не обладает достаточным уровнем теоретических знаний (не знает методики выполнения практических навыков, показаний и противопоказаний, возможных осложнений, нормативы и проч.) и/или не может самостоятельно продемонстрировать практические умения или выполняет их, допуская грубые ошибки.

Тема 1.3 Основные виды термической и химико - термической обработки стали

Практическое занятие № 3

Выбор марки материала и режима термической обработки для конкретных деталей

Цель: приобрести навыки в выборе марки сплава, режима термической и химико-термической обработки металлов в зависимости от назначения изделий.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

- использовать схемы и карты технологического процесса; обосновать выбор режима обработки металлов давлением для определенного вида металлопродукции.

Материальное обеспечение:

Оборудование не используется.

Марочник сталей и сплавов.

Индивидуальный раздаточный материал.

Задание:

Согласно задания своего варианта:

- 1) изучить условия работы заданной детали и требования, предъявляемые к ней;
- 2) выбрать марку стали для изготовления заданной детали, изучить ее химический состав и механические свойства;
- 3) разработать в зависимости от условий работы детали, необходимый вид и режим термической или химико-термической обработки;
- 4) дать обоснование выбранного вида и режима обработки детали.

№ варианта	№ задачи	№ варианта	№ задачи
1	1,6,15	16	7,14,5
2	2,7,14	17	8,10,3
3	3,8,13	18	9,11,7
4	4,9,12	19	10,5,13
5	5,10,15	20	11,9,1
6	6,12,2	21	12,6,4
7	7,14,5	22	13,10,5
8	8,10,3	23	14,6,9
9	9,11,7	24	15,4,10
10	10,5,13	25	1,6,15
11	11,9,1	26	2,7,14
12	12,6,4	27	3,8,13
13	13,10,5	28	4,9,12
14	14,6,9	29	5,10,15

Краткие теоретические сведения

Практическое занятие предусматривает обосновать выбор металла для изготовления заданной детали и выбор вида и режима термической и химико-термической обработки, которая обеспечит надежность детали в условиях эксплуатации, указанных в каждой задаче.

Для решения задачи необходимо прежде всего определить материал, обладающий свойствами, близкими к требуемым. Для этой цели рекомендуется ознакомиться с классификацией, составом и назначением основных материалов, используемых в технике.

Если для улучшения свойств выбранного материала нужны термическая или химико-термическая обработка, то необходимо указать их режимы, получаемую структуру и свойства. При рекомендации режимов обработки необходимо также указать наиболее экономичные и производительные способы. Например, для деталей, изготавливаемых в больших количествах, — обработку с индукционным нагревом, газовую цементацию и др.; для деталей, работающих в условиях переменных нагрузок, например для валов, зубчатых колес многих типов, необходимо рекомендовать обработку, повышающую предел выносливости (в зависимости от рекомендуемой стали к ним относятся цементация, цианирование, азотирование, закалка с индукционным нагревом, обработка дробью).

1) Завод изготавливает коленчатые валы диаметром 35 мм; сталь в готовом изделии должна иметь предел прочности не ниже 750 МПа и ударную вязкость не ниже 50 МПа. Кроме того, вал должен обладать повышенной износостойкостью не по всей поверхности, а только в шейках, т. е. в участках, сопряженных с подшипниками и работающих на истирание.

Подберите марку стали, рекомендуйте режим термической обработки всего вала для получения заданных свойств и режим последующей термической обработки, повышающей твердость только в отдельных участках поверхности вала.

Приведите структуру и твердость стали в поверхностном слое шейки вала и структуру и механические свойства в остальных участках.

Порядок выполнения работы:

1. На основании методических рекомендаций к проведению практической работы произвести подбор термической обработки стали, основываясь на полученных от преподавателя данных.

2. Сделать записи расчетов в тетрадь.

3. Подготовить защиту практической работы.

Задачи:

1. Стаканы цилиндров мощных двигателей внутреннего сгорания должны обладать высоким сопротивлением износу на поверхности. Для повышения износостойкости применяют азотирование.

Подберите сталь, пригодную для азотирования, приведите химический состав, рекомендуйте режим термической обработки и режим азотирования. Укажите твердость поверхностного слоя и механические свойства низлежащих слоев в готовом изделии.

2. Станкостроительный завод изготавливает шпиндели токарных станков. Шпиндели работают с большой скоростью в условиях повышенного износа, поэтому твердость в поверхностном слое должна быть HRC 58—62.

Подберите сталь для изготовления шпинделя, рекомендуйте режим термообработки, обеспечивающий получение заданной твердости в поверхностном слое. Укажите структуру стали в поверхностных слоях и в сердцевине шпинделя, механические свойства сердцевины после окончательной термической обработки.

3. Червяк редукторов диаметром 35 мм можно изготовить из цементируемой и нецементируемой стали. Предел прочности в сердцевине детали должен быть 580—686 МПа.

Выберите марку цементируемой и нецементируемой углеродистой качественной стали. Обоснуйте, в каких случаях целесообразно применять цементируемую и в каких случаях — нецементируемую сталь.

Укажите химический состав, рекомендуемый режим химико-термической и термической обработки и сопоставьте механические свойства стали обоих типов в готовом изделии.

4. Палец шарнира диаметром 30 мм работает на изгиб и срез и должен обладать высокой износостойкостью на поверхности и высокой вязкостью в сердцевине.

Подберите углеродистую сталь, укажите ее состав и марку, рекомендуйте режим химико-термической и термической обработки, укажите структуру, механические свойства в сердцевине и твердость на поверхности после окончательной обработки. Укажите желаемую толщину твердого поверхностного слоя.

5. Выберите марку стали для изготовления топоров. Лезвие топора не должно сминаться или выкрашиваться в процессе работы; поэтому оно должно иметь твердость в пределах HRC 50—55 на высоту не более 30—40 мм; остальная часть топора не подвергается закалке и имеет более низкую твердость.

Укажите химический состав стали, режим термической обработки, обеспечивающий указанную твердость, а также способ закалки, позволяющий получить эту твердость только на лезвии топора.

6. Выберите марку стали для изготовления продольных пил по дереву и укажите режим термической обработки, микроструктуру и твердость готовой пилы.

Режимы термической обработки выберите таким образом, чтобы предупредить деформацию пилы при закалке и отпуске, а также обеспечить получение в стали высоких упругих свойств после отпуска (пила должна спружинить»).

7. Автосцепки вагонов на железнодорожном транспорте изготавливаются литыми. Для повышения механических свойств отливки подвергают термической обработке.

Выберите марку стали и обоснуйте термическую обработку, если предел прочности должен быть не ниже 343 МПа.

Укажите структуру и механические свойства стали после литья и после термической обработки.

8. Завод изготавливает зубчатые колеса диаметром 60 мм и высотой 80 мм. Предел текучести должен быть не ниже 530—540 МПа.

Выберите сталь для изготовления зубчатых колес и приведите состав и марку, учитывая технологические особенности термической обработки и необходимость предотвратить деформацию и образование трещин при закалке.

Рекомендуйте режим термической обработки и укажите механические свойства в готовом состоянии.

9. Многие измерительные инструменты плоской формы (шаблоны, линейки, штангенциркули) изготавливают из листовой стали; они должны обладать высокой износостойкостью в рабочих кромках. Приведите режимы обработки, обеспечивающей получение этих свойств, если инструменты изготавливают большими партиями из Сталей 15 и 20.

Выберите марку стали для изготовления рабочих колес центробежного насоса. Рабочие колеса должны обладать высокой коррозионной стойкостью. Укажите режим Т. О. и механические свойства колес в готовом состоянии.

10. Выберите марку стали для изготовления гаечного ключа и укажите режим термообработки и твердость готового ключа. Ключ не должен сминаться или выклевываться в процессе работы, а это возможно если твердость ключа будет HRC 40/50.

11. Выберите марку сплава из цветных металлов для изготовления поршней авиационных двигателей.

Укажите механические свойства, химический состав данного сплава, учитывая требования к условиям работы (высокая вязкость и прочность). Обоснуйте свой выбор.

12. Выберите марку стали для изготовления рессор железнодорожного вагона и укажите режим Т. О. и твердость готовых рессор.

Режимы Т. О. выберите таким образом, чтобы предупредить деформацию рессор, а также обеспечить получение в стали упругих свойств.

Форма представления результата: работа должна быть представлена в письменном виде с решением задач.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется - студент обладает системными теоретическими знаниями (знает методику выполнения практических навыков, показания и противопоказания, возможные осложнения, нормативы и проч.), без ошибок самостоятельно демонстрирует выполнение практических умений,

Оценка «хорошо» выставляется - студент обладает теоретическими знаниями (знает методику выполнения практических навыков, показания и противопоказания, возможные осложнения, нормативы и проч.), самостоятельно демонстрирует выполнение практических умений, допуская некоторые неточности (малосущественные ошибки), которые самостоятельно обнаруживает и быстро исправляет,

Оценка «удовлетворительно» выставляется - студент обладает удовлетворительными теоретическими знаниями (знает основные положения методики выполнения практических навыков, показания и противопоказания, возможные осложнения, нормативы и проч.), демонстрирует выполнение практических умений, допуская некоторые ошибки, которые может исправить при коррекции их преподавателем,

Оценка «неудовлетворительно» выставляется - студент не обладает достаточным уровнем теоретических знаний (не знает методики выполнения практических навыков, показаний и противопоказаний, возможных осложнений, нормативы и проч.) и/или не может самостоятельно продемонстрировать практические умения или выполняет их, допуская грубые ошибки.

Тема 1.3 Основные виды термической и химико - термической обработки стали

Практическое занятие № 4

Выбор марки легированной стали для деталей в зависимости от условий их работы

Цель: работа со справочной литературой по выбору легированной стали для деталей в зависимости от условий работы.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

- использовать схемы и карты технологического процесса; обосновать выбор режима обработки металлов давлением для определенного вида металлопродукции.

Материальное обеспечение:

Оборудование не используется.

Марочник сталей и сплавов.

Индивидуальный раздаточный материал.

Задание:

Согласно задания своего варианта:

- 1) изучить условия работы по заданной детали или инструмента и требования, предъявляемые к ней;
- 2) выбрать марку легированной стали для изготовления детали или инструмента, изучить ее химический состав и механические свойства;
- 3) дать обоснование выбора материала для заданной детали или инструмента;
- 4) составить отчет о практическом занятии.

№ варианта	№ задачи
1	1,6,15
2	2,7,14
3	3,8,13
4	4,9,12
5	5,10,15
6	6,12,2
7	7,14,5
8	8,10,3
9	9,11,7
10	10,5,13
11	11,9,1
12	12,6,4
13	13,10,5
14	14,6,9
15	15,4,10

Порядок выполнения работы:

1. На основании методических рекомендаций к проведению практической работы произвести подбор термической обработки легированной стали, основываясь на полученных от преподавателя данных.
2. Сделать записи расчетов в тетрадь.
3. Подготовить защиту практической работы.

Добавлено примечание (ГШ2): Приведите пример расчетов

Задачи по выбору марки легированной стали в зависимости от условий их работы

1. Щеки и шары машин для дробления руды и камней работают в условиях повышенного износа, сопровождаемого ударами.

Подберите сталь для изготовления щек и шаров, укажите ее химический состав и свойства.

2. Лопатки реактивных и турбореактивных двигателей работают в окислительной среде при высоких температурах (800—900°C). Металл должен обладать повышенной коррозионной стойкостью и прочностью при указанной температуре.

Подберите металл и сплав, укажите его состав и свойства.

3. Рессоры грузового автомобиля изготавливают из качественной легированной стали; толщина рессоры до 10 мм. Сталь должна обладать высокими пределами прочности, выносливости и упругости.

Подберите сталь, укажите ее состав и свойства в зависимости от термической обработки.

4. Сталь, применяемая для пароперегревателей котлов высокого давления, должна сохранять повышенные механические свойства при длительных нагрузках при температурах 500°C и иметь достаточно высокую пластичность для возможности выполнения холодной деформации (гибки, завальцовки и т.п.) при сборке котла.

Подберите сталь, укажите ее состав и механические свойства при комнатной и повышенной температурах.

5. Детали приборов и оборудования, которые устанавливают на морских судах, должны быть устойчивыми не только против действия воды, водяных паров и атмосферы воздуха, но и более сильного корродирующего действия морской воды.

Подберите сталь, укажите химический состав и механические свойства.

6. Крупные пневматические долота, применяемые при разработке горных пород, обладают относительно высокой твердостью и износостойкостью, но вместе с тем должны иметь достаточную вязкость, так как они испытывают в работе ударные нагрузки.

Подберите легированную сталь, укажите химический состав и режим термической обработки.

7. Завод выполняет токарную обработку чугунных и стальных деталей с большой скоростью резания.

Выберите сплавы для резцов, обеспечивающие высокую производительность обработки стали и чугуна.

Приведите химический состав, структуру, твердость, прочность и теплостойкость и способ изготовления этих сплавов и сравните их с аналогичными характеристиками быстрорежущей стали.

8. Подберите сталь для червячных фрез, обрабатывающих конструкционные стали твердостью HB 230.

Объясните причины, по которым для этого назначения нецелесообразно использовать углеродистую инструментальную сталь У12 с высокой твердостью (HRC 63-64)

Укажите режимы термической обработки фрез из выбранной легированной стали.

9. Получение заготовок горячей деформации является производительным способом обработки.

Выберите марку стали для изготовления крупного молотового штампа; рекомендуйте режим термической обработки штампа, укажите микроструктуру и механические свойства после отпуска.

Объясните, почему подобные штампы не следует изготавливать из углеродистой стали.

10. Пружины приборов при нагреве даже в области критических температур могут изменять свои характеристики в связи с изменением модуля упругости. Это снижает точность работы приборов.

Подберите сталь для изготовления пружин, модуль упругости которого не изменяется при температурах до -220°C.

Укажите режим упрочнения стали.

11. Выберите марку стали для изготовления насосно-компрессорных труб. Металл должен обладать коррозионной стойкостью, прочностью.

Укажите его состав и механические свойства.

12. Выберите сталь для изготовления рабочих колес центробежного насоса.

Указать механические свойства и обосновать выбор.

13. Выберите сталь для изготовления пружин, работающих в агрессивной среде.

Указать механические свойства, обосновать выбор данной марки.

14. Выберите сталь для изготовления хирургического скальпеля.

Указать механические свойства, химический состав и обосновать выбор.

15. Выберите марку стали для изготовления кулачковой муфты. Кулачки, муфты должны обладать высокой твердостью, износостойкостью поверхностей и общей прочностью.

Указать механические свойства, химический состав выбранной марки, дать обоснование.

Краткие теоретические сведения

Легированные стали после термической обработки (заковки и отпуска) обладают лучшими механическими свойствами, которые сравнительно мало отличаются от механических свойств углеродистой стали в изделиях малых сечений, а в изделиях крупных сечений (Диаметром свыше 15—20 мм) механические свойства легированных сталей значительно выше, чем углеродистых. Особенно сильно повышаются предел текучести, относительное сужение и удельная вязкость. Это объясняется тем, что легированные стали обладают меньшей критической скоростью заковки, а следовательно, лучшей прокаливаемостью. Из-за большей прокаливаемости и меньшей критической скорости заковки замена углеродистой стали легированной позволяет производить заковку деталей в менее резких охладителях (масло, воздух), что уменьшает деформации изделий и опасность образования трещин. Поэтому легированные стали применяют не только для крупных изделий, но и для изделий небольшого сечения, имеющих сложную форму. Чем выше в стали концентрация легирующих элементов, тем выше ее прокаливаемость.

Инструментальные стали, как имеющие высокие твердость, износостойкость и прочность, используются для режущих инструментов, штампов холодного и горячего деформирования, измерительных инструментов, различных размеров и форм.

Для характеристики и выбора инструментальных сталей следует учитывать прежде всего главное свойство этих сталей — теплостойкость, поскольку рабочая кромка инструментов в зависимости от условий эксплуатации может нагреваться до температуры 500—700°C у режущих инструментов и до 800°C — у штампов.

Стали для резания или горячего деформирования должны сохранять при нагреве высокие твердость, прочность и износостойкость, т. е. обладать теплостойкостью (красностойкостью). Это свойство создается легированием и термической обработкой. В связи с этим стали различают:

нетеплостойкие, сохраняющие высокую твердость (HRC 60) при нагреве не выше 190—225°C и используемые для резания мягких металлов с небольшой скоростью, а также для деформирования в холодном состоянии. Это углеродистые и легированные стали (с относительно невысоким содержанием легирующих элементов). Карбидная фаза их — цемент;

полутеплостойкие, преимущественно штамповые, рабочая кромка которых нагревается до 400—500°C. Это стали, легированные хромом и дополнительно вольфрамом, молибденом и ванадием. Карбидные фазы — легированный цементит и карбид хрома;

теплостойкие для резания с повышенной скоростью. Нагрев рабочей кромки до 500—650°C (быстрорежущие стали); штамповка стали при повышенном нагреве до 600—800°C. Основная карбидная фаза — карбид вольфрама (молибдена). Твердость HRC 60—62 у быстрорежущих сталей после нагрева до 600—680°C и HRC 45—52 у штамповых — 650—700°C.

При решении задач рекомендуется использовать учебные пособия, ГОСТы, справочники.

Для получения навыков в выборе легированной стали в зависимости от условий их работы приводится примерное решение задачи.

Задача. Подберите легированную инструментальную сталь повышенной теплостойкости, пригодную для решения жаропрочных сталей, уважите ее марку и химический состав, термическую обработку и микро- структуру в готовом инструменте.

Сопоставьте теплостойкость стали P12 и выбранной стали.

Решение.

При резании сталей и сплавов с аустенитной структурой (нержавеющих, жаропрочных и др.), получающих все более широкое применение в промышленности, стойкость инструментов и предельная скорость резания могут сильно снижаться по сравнению с получаемыми при резании обычных конструкционных сталей и чугунов с относительно невысокой твердостью (до HB 220—250). Это связано главным образом с тем, что теплопроводность аустенитных сплавов пониженная.

Вследствие этого теплота, выделяющаяся при резании, лишь в небольшой степени поглощается сходящей стружкой и деталью и в основном воспринимается режущей кромкой. Кроме того, эти сплавы сильно упрочняются под режущей кромкой в процессе резания, из-за чего заметно возрастают усилия резания.

Для резания подобных материалов, называемых труднообрабатываемые, малопригодны быстрорежущие стали умеренной теплостойкости типа P12, сохраняющие высокую твердость (HRC 60) и мартенситную структуру после нагрева не выше 615—620 °C.

Химический состав сталей, %

Марка стали	C	Mn	Si	Cr	W	Mo	V	Co
P18	0,85	0,3	0,3	3,6	12,5	1	1,7	-
P12Ф4К5	1,3	0,3	0,3	3,8	12,5	1	3,5	5,5
P8МЗК6С	1,1	0,9	0,3	3,8	8	3,6	1,7	6

Для обработки аустенитных сплавов необходимо выбирать быстрорежущие стали повышенной теплостойкости, а именно кобальтовые стали сохраняют твердость HRC 60 после более высокого нагрева до 640—645°C.

Кроме того, кобальт заметно повышает теплостойкость быстрорежущей стали, а следовательно, снижает температуру режущей кромки из-за лучшего отвода тепла в тело инструмента. Сталь с кобальтом имеет высокую твердость — до 68.

Для сверл и фрез, применяемых для резания аустенитных сплавов, рекомендуются кобальтовые сплавы марок P12Ф4К5 или P8МЗК6С.

Термическая обработка кобальтовых сталей принципиально не отличается от обработки других быстрорежущих сталей.

Закалка до 1240-1250°C (P13Ф4К5) и 1210-1220°C (P8МЗК6С), что необходимо для растворения большого количества карбидов и насыщения аустенита (мартенсита) легирующими элементами.

Более высокий нагрев недопустим: он вызывает рост зерна, что снижает прочность и вязкость. Структура после закалки: мартенсит, остаточный аустенит (15-30%) и избыточные карбиды, не растворяющиеся при нагреве и задерживающие рост зерна. Твердость HRC 60-62.

Затем инструменты отпускают при 550-560°C (3 раза по 60 минут). Отпуск:

а) вызывает выделение дисперсных карбидов мартенсита, что повышает твердость до HRC66-69

б) превращает мягкую составляющую- остаточный аустенит в мартенсит

в) снимает напряжения, вызываемые мартенситным превращением.

После отпуска инструмент шлифуют, а затем подвергают цианированию, чаще всего жидкому с выдержкой 15-30 минут в зависимости от сечения инструмента.

Твердость цианирования слоя на глубину 0,02-0,03мм достигает HRC69-70. Цианирование повышает стойкость инструмента на 50-80%.

После цианирования возможен кратковременный нагрев при 450-500°C с охлаждением в масле, поверхность инструмента приобретает синий цвет и несколько улучшает стойкость против воздушной коррозии.

Форма представления результата: работа должна быть представлена в письменной форме с решением задач.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется - студент обладает системными теоретическими знаниями (знает методику выполнения практических навыков, показания и противопоказания, возможные осложнения, нормативы и проч.), без ошибок самостоятельно демонстрирует выполнение практических умений,

Оценка «хорошо» выставляется - студент обладает теоретическими знаниями (знает методику выполнения практических навыков, показания и противопоказания, возможные осложнения, нормативы и проч.), самостоятельно демонстрирует выполнение практических умений, допуская некоторые неточности (малосущественные ошибки), которые самостоятельно обнаруживает и быстро исправляет,

Оценка «удовлетворительно» выставляется - студент обладает удовлетворительными теоретическими знаниями (знает основные положения методики выполнения практических навыков, показания и противопоказания, возможные осложнения, нормативы и проч.), демонстрирует выполнение практических умений, допуская некоторые ошибки, которые может исправить при коррекции их преподавателем,

Оценка «неудовлетворительно» выставляется - студент не обладает достаточным уровнем теоретических знаний (не знает методики выполнения практических навыков, показаний и противопоказаний, возможных осложнений, нормативы и проч.) и/или не может самостоятельно продемонстрировать практические умения или выполняет их, допуская грубые ошибки.

Тема 1.3 Основные виды термической и химико - термической обработки стали

Практическое занятие № 5

Выбор режима ХТО для конкретных деталей

Цель: выбрать вид химико – термической обработки для заданной детали.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

- использовать схемы и карты технологического процесса; обосновать выбор режима обработки металлов давлением для определенного вида металлопродукции.

Материальное обеспечение:

Оборудование не используется.

Индивидуальный раздаточный материал.

Задание:

1. Ознакомиться с методическим указанием к данной практической работе.
2. Назначить вид ХТО для конкретной детали.
3. Полученные результаты записать в тетрадь и предоставить преподавателю для проверки.

Краткие теоретические сведения:

ХТО называется поверхностное насыщение стали тем или иным элементом (углеродом, азотом, алюминием, хромом) путем его диффузии из внешней среды при высокой температуре. Концентрация диффундирующего элемента на поверхности зависит от активности окружающей среды, обеспечивающей приток атомов этого элемента к поверхности, и скорости диффузионных процессов, приводящих к отводу этих атомов в глубь металла. Толщина диффузионного слоя зависит от продолжительности процесса.

К ХТО относятся цементация стали, азотирование, цианирование и диффузионная металлизация.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с методическим указанием для проведения практической работы.
2. Получить задание у преподавателя.
3. Назначить вид ХТО для конкретной детали исходя из условий ее эксплуатации.
4. Подготовить защиту практической работы.

Добавлено примечание (ШЗ): Приведите здесь задачи

Добавлено примечание (Ш4): Приведите образец решения задания

Форма представления результата: работа должна быть представлена в виде таблицы.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется - студент обладает системными теоретическими знаниями (знает методику выполнения практических навыков, показания и противопоказания, возможные осложнения, нормативы и проч.), без ошибок самостоятельно демонстрирует выполнение практических умений,

Оценка «хорошо» выставляется - студент обладает теоретическими знаниями (знает методику выполнения практических навыков, показания и противопоказания, возможные осложнения, нормативы и проч.), самостоятельно демонстрирует выполнение практических умений, допуская некоторые неточности (малосущественные ошибки), которые самостоятельно обнаруживает и быстро исправляет,

Оценка «удовлетворительно» выставляется - студент обладает удовлетворительными теоретическими знаниями (знает основные положения методики выполнения практических навыков, показания и противопоказания, возможные осложнения, нормативы и проч.), демонстрирует выполнение практических умений, допуская некоторые ошибки, которые может исправить при коррекции их преподавателем,

Оценка «неудовлетворительно» выставляется- студент не обладает достаточным уровнем теоретических знаний (не знает методики выполнения практических навыков, показаний и противопоказаний, возможных осложнений, нормативы и проч.) и/или не может самостоятельно продемонстрировать практические умения или выполняет их, допуская грубые ошибки.

Тема 1.3 Основные виды термической и химико - термической обработки стали

Практическое занятие № 6 Дефекты микроструктуры закаленной стали

Цель: изучить дефекты закаленной стали, а также выявить причины появления дефектов закаленной стали.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

- использовать схемы и карты технологического процесса; обосновать выбор режима обработки металлов давлением для определенного вида металлопродукции;
- выбирать методы контроля качества выпускаемой продукции.

Материальное обеспечение:

Оборудование не используется.
Индивидуальный раздаточный материал.
Атлас дефектов.

Задание:

1. Ознакомиться с методическим указанием к данной практической работе.
2. Изучить дефекты микроструктуры закаленной стали и причины их появления.
3. Дать характеристику дефектам, возникающим в результате закалки.
4. Полученные результаты записать в тетрадь и предоставить преподавателю для проверки.

Краткие теоретические сведения:

Дефекты стали при закалке:

1) **Недостаточная твердость** - возникает если была низкая температура нагрева, малая выдержка при рабочей температуре или имело место недостаточная скорость охлаждения. Можно исправить: применить более энергичную среду; сделать отжиг, а затем закалить.

2) **Перегрев** - происходит если стальная деталь нагревается до температуры, превышающей допустимую. При перегреве образуется крупнозернистая структура, что приводит к хрупкости детали. Можно исправить: с помощью отжига и закалки при нужной температуре.

3) **Пережог** - при нагреве стальной детали до высокой температуры, близкой к температуре плавления (1200–1300 градусов) в окислительной атмосфере. Внутри стальных изделий проникает кислород, по границам зерен формируются окислы. Такая сталь не исправляется.

4) **Окисление и обезуглероживание** - в этом случае на поверхности стальных деталей образуются окислы (окислы), а в поверхностных слоях стали выгорает углерод. Этот брак исправить невозможно. Для предупреждения брака следует пользоваться печами с защитной атмосферой.

5) **Коробление и трещины** - возникают из-за внутренних напряжений. Трещины — это неисправимый брак. Коробление можно удалить при помощи рихтовки или правки.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с методическим указанием для проведения практической работы.
2. Получить задание у преподавателя.
3. Составить классификацию дефектов закалки.
4. Сделать записи в тетрадь.

Добавлено примечание (Ш5): Дайте задания здесь

Вид дефекта закалки	Описание дефекта	Причины появления	Методы устранения

--	--	--	--	--

Форма представления результата: работа должна быть представлена в виде таблицы.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется - студент обладает системными теоретическими знаниями (знает методику выполнения практических навыков, показания и противопоказания, возможные осложнения, нормативы и проч.), без ошибок самостоятельно демонстрирует выполнение практических умений,

Оценка «хорошо» выставляется - студент обладает теоретическими знаниями (знает методику выполнения практических навыков, показания и противопоказания, возможные осложнения, нормативы и проч.), самостоятельно демонстрирует выполнение практических умений, допуская некоторые неточности (малозначительные ошибки), которые самостоятельно обнаруживает и быстро исправляет,

Оценка «удовлетворительно» выставляется - студент обладает удовлетворительными теоретическими знаниями (знает основные положения методики выполнения практических навыков, показания и противопоказания, возможные осложнения, нормативы и проч.), демонстрирует выполнение практических умений, допуская некоторые ошибки, которые может исправить при коррекции их преподавателем,

Оценка «неудовлетворительно» выставляется - студент не обладает достаточным уровнем теоретических знаний (не знает методики выполнения практических навыков, показаний и противопоказаний, возможных осложнений, нормативы и проч.) и/или не может самостоятельно продемонстрировать практические умения или выполняет их, допуская грубые ошибки.

Тема 1.3 Основные виды термической и химико - термической обработки стали

Практическое занятие № 7

Влияние температуры отпуска на структуру и свойства стали

Добавлено примечание ([ШБ]): Может лучше в лабораторное перевести?

Цель: изучить влияние температуры отпуска на структуру стали.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

- использовать схемы и карты технологического процесса; обосновать выбор режима обработки металлов давлением для определенного вида металлопродукции.

Материальное обеспечение:

Оборудование:

Микроскопы металлографические.

Цифровые камеры для микроскопа.

Отрезной станок.

Шлифовально-полировальный станок двухдисковый с прижимными кольцами.

Пресс для горячей запрессовки образцов.

Вытяжной шкаф.

Печь муфельная.

Индивидуальный раздаточный материал.

Задание:

1. Ознакомиться с методическим указанием к данной практической работе.
2. Изучить влияние скорости охлаждения на структуру стали
3. Полученные результаты записать в тетрадь и предоставить преподавателю для проверки.

Краткие теоретические сведения

Отпуском металла называется технологический процесс термообработки закалённого стального сплава. Он даёт возможность завершить фазовые превращения в микроструктуре (мартенсите), которая приобретает наиболее устойчивое состояние. Дело в том, что в процессе закалки в металле возникают внутренние напряжения — осевые, радиальные, тангенциальные. Чтобы устранить их негативные последствия такие как хрупкость и низкая пластичность, изделия нагревают в печах при различных температурах (от 250 °С до 650 °С), выдерживают заданное время (от 15 минут до 1,5 часа), а потом медленно охлаждают.

Комплекс этих мероприятий приводит к выделению лишнего углерода, перестройке и упорядочиванию структуры металла, устранению дефектов его кристаллического строения. Обработанные материалы приобретают заданный комплекс механических свойств, среди которых основные — **увеличение пластичности и снижение хрупкости** при сохранении достаточного уровня прочности.

Существуют следующие виды отпуска стали:

1) низкий - для снижения внутренних напряжений низкий отпуск стали обычно проводят нагреванием до 250 °С в течение от 1 до 2,5 часа. Из металла в процессе диффузии выделяется часть излишков углерода, из них образуются карбидные частицы в виде пластин и стержней. Неравновесная структура мартенсита закалки превращается в равновесный отпущенный мартенсит. **Этим достигается стабилизация размеров изделий**, повышаются вязкость и прочность, а показатели твёрдости практически не изменяются.

Низкотемпературному отпуску подвергают железоуглеродистые и низколегированные стали для производства режущего и измерительного инструмента, который не испытывает динамических нагрузок. В основном его выполняют для сталей, закалённых токами высокой частоты, а также для сплавов, поверхность которых ранее насыщалась углеродом и азотом.

2) средний - проводится при температурах от 350 °С до 500 °С и обеспечивает высокую упругость и релаксационную стойкость. Из стали выделяется весь избыточный углерод, а карбид переходит в цементит. Мартенсит уже полностью разложился, а перестройка структуры металла (полигонизация) и её совершенствование (рекристаллизация) ещё не начались. Новая комбинация называется троостомартенсит и характеризуется ускорением процессов диффузии. Кристаллическая решётка сплава при этом превращается в кубическую, а внутренние напряжения ещё больше уменьшаются.

Охлаждение металла осуществляют в воде, что тоже увеличивает предел выносливости. Среднетемпературный отпуск **необходим при производстве** упругих деталей: рессор, ударного инструмента и пружин.

3) высокий - при температурах свыше 500 °С в углеродистых сплавах происходят структурные преобразования, которые уже не относятся к фазовым превращениям. Претерпевают изменения конфигурация и габариты частиц кристаллов, их зёрна укрупняются, а форма стремится к равноосной. Комплексная термообработка, включающая закалку и высокий отпуск стали, в материаловедении называется улучшением, а кристаллическая структура металла после этого — сорбитом отпуска. Она считается наиболее эффективной, так как достигается идеальное сочетание вязкости, пластичности и прочности сплава.

Продолжительность высокого отпуска варьируется в пределах от 1 до 6 часов и зависит от размеров зубчатых передач, опор, коленчатых валов, втулок, болтов и винтов, изготовленных из конструкционных и среднеуглеродистых сталей. Эти изделия в процессе эксплуатации воспринимают ударные нагрузки и работают на сжатие, растяжение и изгиб, а к их прочности, выносливости, текучести и ударной вязкости предъявляются особые требования.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с методическим указанием для проведения практической работы.
2. Получить задание у преподавателя.
3. Заполнить таблицу.
4. Подготовить защиту практической работы.

Добавлено примечание ([Ш7]): Дайте задания здесь

Виды отпуска	Виды изделий, подвергающиеся отпуску
низкий	
средний	
высокий	

Добавлено примечание ([Ш8]): Не поняла, где тут используется то оборудование, которое вы указали. По ходу работы вообще не понятно, для чего оно, и как используется

Форма представления результата: работа должна быть представлена в виде таблицы.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется - студент обладает системными теоретическими знаниями (знает методику выполнения практических навыков, показания и противопоказания, возможные осложнения, нормативы и проч.), без ошибок самостоятельно демонстрирует выполнение практических умений,

Оценка «хорошо» выставляется - студент обладает теоретическими знаниями (знает методику выполнения практических навыков, показания и противопоказания, возможные осложнения, нормативы и проч.), самостоятельно демонстрирует выполнение практических умений, допуская некоторые неточности (малосущественные ошибки), которые самостоятельно обнаруживает и быстро исправляет,

Оценка «удовлетворительно» выставляется - студент обладает удовлетворительными теоретическими знаниями (знает основные положения методики выполнения практических навыков, показания и противопоказания, возможные осложнения, нормативы и проч.), демонстрирует выполнение практических умений, допуская некоторые ошибки, которые может исправить при коррекции их преподавателем,

Оценка «неудовлетворительно» выставляется- студент не обладает достаточным уровнем теоретических знаний (не знает методики выполнения практических навыков, показаний и противопоказаний, возможных осложнений, нормативы и проч.) и/или не может самостоятельно продемонстрировать практические умения или выполняет их, допуская грубые ошибки.

Тема 1.3 Основные виды термической и химико - термической обработки стали

Лабораторное занятие № 1

Микроанализ термообработанной стали (отожженной и нормализованной).

Цель: изучить микроанализ нормализованной и отожженной стали. Выявить причины появления дефектов при отжиге и нормализации.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

- использовать схемы и карты технологического процесса; обосновать выбор режима обработки металлов давлением для определенного вида металлопродукции.

Материальное обеспечение:

Оборудование:

Микроскопы металлографические.

Цифровые камеры для микроскопа.

Отрезной станок.

Шлифовально-полировальный станок двухдисковый с прижимными кольцами.

Пресс для горячей запрессовки образцов.

Вытяжной шкаф.

Печь муфельная.

Индивидуальный раздаточный материал.

Задание:

1. Ознакомиться с методическим указанием к данной практической работе.
2. Произвести микроанализ термически обработанной стали.
3. Дать характеристику дефектам, возникающим в результате отжига и нормализации
4. Полученные результаты записать в тетрадь и предоставить преподавателю для проверки.

Краткие теоретические сведения:

Отжиг стали — это один из видов термообработки, применяемый в качестве подготовительной или заключительной операции при закалке, сварке, обработке резанием или давлением. Основное назначение отжига заключается в изменении структуры стали для снижения ее твердости и придания ей пластичности и ударной вязкости, а также устранения внутренних напряжений. Для этого стальные изделия нагревают выше критической температуры, а затем подвергают медленному охлаждению. После такой обработки изменяется структура металла, его зернистость и равномерность кристаллической решетки.

Отжиг металла применяется для получения равновесной и однородной структуры при подготовке изделия к последующей термической или механической обработке, а также для улучшения его физических характеристик после операций резания, сварки, штамповки, прокатки или закалки.

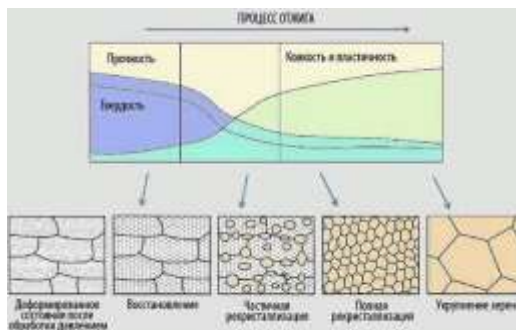


Рисунок 6 – Фазовые составляющие при отжиге

Существуют следующие виды отжигов:

1) полный - применяют для уменьшения их зернистости, вследствие чего повышается пластичность и ударная вязкость, а также снижаются внутренние напряжения. Температура нагрева при этом методе не должна превышать критическую точку A_{c3} более чем на $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, а охлаждение проводится постепенно, вместе с остыванием печи. Этот метод применим только к сталям с содержанием углерода до 0.8% , т. к. при большем значении этого параметра резко возрастает зернистость.

2) неполный – применяют для получения при термообработке высокоуглеродистых сталей (с содержанием углерода более 0.8%), при котором изделие нагревают на $30\div 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ выше температуры A_{c1} , а затем также медленно охлаждают.

3) изотермический - предназначен для сталей с содержанием углерода менее 0.8% и чаще всего используется для улучшения структурных свойств легированных сталей.

4) нормализационный - сталь также нагревается до критической температуры и переходит в состояние аустенита, но после этого она охлаждается не в печи, а на открытом воздухе. В результате нормализации низкоуглеродистых сталей у них формируется более тонкая структура, поэтому этот вид термообработки иногда носит название стабилизирующий отжиг.

5) маятниковый- применяется для получения структуры зернистого перлита, который имеет меньшую хрупкость и твердость, но при этом обладает хорошей пластичностью и вязкостью, сталь подвергают нескольким циклам нагрева выше температуры образования аустенита с последующим остужением до $670\div 700\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Нормализация - это термообработка, при которой материал прогревается до температуры на $30\text{--}50$ градусов выше A_{c1} или A_{c3} , а затем его охлаждают на спокойном воздухе.

Нормализация может быть как промежуточной, так и окончательной операцией по улучшению структуры стали. Чаще всего она используется в качестве окончательной процедуры, преимущественно при производстве сортового проката вроде рельс, швеллеров и не только.

Главная особенность нормализации заключается в том, что сталь нагревается до температуры, которая на $30\text{--}50$ градусов превышает верхние критические показатели, а также производят выдержку и охлаждение материала.

Температура выбирается в зависимости от типа материала. Заэвтектоидные материалы нормализуются при температуре между точками A_{c1} и A_{c3} , а вот доэвтектоидные — при температуре выше A_{c3} . В итоге материалы первого типа получают одинаковую твердость, поскольку в раствор переходит углерод в одинаковом количестве, также в одинаковом количестве фиксирует аустенит. Структура включает в себя цемент и мартенсит.

Благодаря такому составу увеличивается износостойкость и твердость заэвтектоидного материала. Если высокоуглеродистая сталь нагреется больше A_{c3} , то увеличится рост зерен аустенита и, соответственно, повысятся внутренние напряжения. Также увеличится

концентрация углерода, в итоге температура мартенситного превращения снизится. В итоге материал становится менее прочным и твердым и поддается изменению.

А доэвтектоидная сталь при нагреве свыше критического показателя становится очень вязкой. Это объясняется тем, что в низкоуглеродистой стали образуется мелкозернистый аустенит. Этот компонент после охлаждения преобразуется в мелкокристаллический мартенсит. Температурные показатели в промежутке между Ас 1 и Ас 3 нельзя применять для обработки, поскольку в таком случае структура доэвтектоидной стали получает феррит, что снижает после нормализации ее твердость, а после отпуска — и механические свойства.

От степени гомогенизации структуры материала зависит время выдержки. Нормативным показателем является час выдержки из расчета на 25 мм толщины. Интенсивность охлаждения в той или иной мере определяет

Если обрабатываются предметы с большими перепадами сечения, то нужно снижать термическое напряжение, чтобы не допустить коробления во время нагрева или охлаждения. Также перед началом работы их следует нагреть в соляной ванне.

Во время снижения температуры изделия до нижней критической точки можно охлаждение ускорять посредством помещения его в воду или масло.

Цели нормализации могут быть совершенно разные. С помощью такого процесса твердость стали можно повысить или снизить, это же касается прочности материала и его ударной вязкости. Все зависит от механических и термических характеристик стали. С помощью данной технологии можно как сократить остаточные напряжения, так и улучшить степень обрабатываемости стали с помощью того или иного метода.

Изделия, полученные посредством обработки давлением, подвергают нормализации послековки и прокатки, чтобы сократить разнострунность структуры и ее полосчатость.

Нормализация вместе с отпуском нужна для замены закалки изделий сложной формы или же с резкими перепадами по сечению. Она позволит не допустить дефектов.

Еще эта технология применяется, чтобы улучшить структуру изделия перед закалкой, повысить его обрабатываемость посредством резки, устранить в заэвтектоидной стали сетку вторичного цемента, а также подготовить сталь к завершающей термической обработке.

Порядок выполнения работы:

- 1. Ознакомиться с методическим указанием для проведения практической работы.
- 2. Получить задание у преподавателя.
- 3. Выполнить работу.
- 4. Заполнить таблицу.
- 5. Сделать записи расчетов в тетрадь.

Добавлено примечание ([Ш9]): Дайте задание здесь

Добавлено примечание ([Ш10]): А как ее выполнять? Приведите порядок выполнения, примеры расчетов, если нужно, и прочее

№	Вид дефекта	Описание дефекта	Причины появления	Методы устранения

Форма представления результата: работа должна быть представлена в виде таблицы.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется - студент обладает системными теоретическими знаниями (знает методику выполнения практических навыков, показания и противопоказания, возможные осложнения, нормативы и проч.), без ошибок самостоятельно демонстрирует выполнение практических умений,

Оценка «хорошо» выставляется - студент обладает теоретическими знаниями (знает методику выполнения практических навыков, показания и противопоказания, возможные осложнения, нормативы и проч.), самостоятельно демонстрирует выполнение практических

умений, допуская некоторые неточности (малосущественные ошибки), которые самостоятельно обнаруживает и быстро исправляет,

Оценка «удовлетворительно» выставляется - студент обладает удовлетворительными теоретическими знаниями (знает основные положения методики выполнения практических навыков, показания и противопоказания, возможные осложнения, нормативы и проч.), демонстрирует выполнение практических умений, допуская некоторые ошибки, которые может исправить при коррекции их преподавателем,

Оценка «неудовлетворительно» выставляется - студент не обладает достаточным уровнем теоретических знаний (не знает методики выполнения практических навыков, показаний и противопоказаний, возможных осложнений, нормативы и проч.) и/или не может самостоятельно продемонстрировать практические умения или выполняет их, допуская грубые ошибки.

Тема 1.3 Основные виды термической и химико - термической обработки стали

Лабораторное занятие № 2

Микроанализ термообработанной стали (закалённой)

Цель: изучить микроанализ закаленной стали.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

использовать схемы и карты технологического процесса; обосновать выбор режима обработки металлов давлением для определенного вида металлопродукции.

Материальное обеспечение:

Оборудование:

Микроскопы металлографические.

Цифровые камеры для микроскопа.

Отрезной станок.

Шлифовально-полировальный станок двухдисковый с прижимными кольцами.

Пресс для горячей запрессовки образцов.

Вытяжной шкаф.

Печь муфельная.

Закалочный бак.

Индивидуальный раздаточный материал.

Задание:

1. Ознакомится с методическим указанием к данной практической работе.
2. Произвести микроанализ термически обработанной стали.
3. Дать характеристику дефектам, возникающим в результате закалки.
4. Полученные результаты записать в тетрадь и предоставить преподавателю для проверки.

Краткие теоретические сведения:

Закалкой называют вид термической обработки металлов, который заключается в нагреве выше критической температуры с последующим резким охлаждением (обычно) в жидких средах. Критической называют температуру, при которой происходит изменение типа кристаллической решетки, то есть осуществляется полиморфное превращение. Она определяется она по диаграмме «железо-углерод».

После закалки увеличивается твердость и прочность стали, но при этом повышаются внутренние напряжения и возрастает хрупкость, провоцирующие разрушение материала при резких механических воздействиях. На поверхности изделия появляется толстый слой окалины, который необходимо учитывать при определении припусков на обработку.

Способы закалки стали:

1) в одном охладителе – применяется при работе с деталями несложной конфигурации из углеродистых и легированных сталей;

2) прерывистый в двух средах – востребован для обработки высокоуглеродистых марок, которые сначала остужают в быстро охлаждающей среде (воде), а затем в медленно охлаждающей (масле);

3) струйчатый – обычно востребован при частичной закалке изделия, осуществляется в установках ТВЧ и индукторах обрызгиванием детали мощной струей воды;

4) ступенчатый – процесс, при котором деталь остывает в закалочной среде, приобретая во всех точках сечения температуру закалочной ванны, окончательное охлаждение осуществляют медленно;

5) изотермический – похож на предыдущий вид закалки стали, отличается от него временем пребывания в закалочной среде.

От правильного выбора охлаждающей среды во многом зависит конечный результат процесса.

1) Для поверхностной закалки и работы с изделиями простой конфигурации, предназначенными для дальнейшей обработки, применяется в основном вода. Она не должна содержать соли и примеси моющих средств, оптимальная температура $+30^{\circ}\text{C}$.

2) Для изделий сложной формы применяют 50% раствор каустической соды, который нагревают до $+60^{\circ}\text{C}$. При использовании такого состава для охлаждения сталь приобретает светлый оттенок. Пары каустической соды вредны для здоровья человека.

3) Для тонкостенных деталей, изготовленных из углеродистых и легированных сталей, применяются минеральные масла, обеспечивающие постоянную температуру охлаждения, не зависящую от температуры окружающей среды. Главное условие, которое необходимо соблюдать при охлаждении сталей после закалки, – отсутствие воды в минеральных маслах.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с методическим указанием для проведения практической работы.
2. Получить задание у преподавателя.
3. Составить классификацию видов закалки.
4. Сделать записи расчетов в тетрадь.

Форма представления результата: работа должна быть представлена в письменном виде с расчетами.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется - студент обладает системными теоретическими знаниями (знает методику выполнения практических навыков, показания и противопоказания, возможные осложнения, нормативы и проч.), без ошибок самостоятельно демонстрирует выполнение практических умений,

Оценка «хорошо» выставляется - студент обладает теоретическими знаниями (знает методику выполнения практических навыков, показания и противопоказания, возможные осложнения, нормативы и проч.), самостоятельно демонстрирует выполнение практических умений, допуская некоторые неточности (малозначительные ошибки), которые самостоятельно обнаруживает и быстро исправляет,

Оценка «удовлетворительно» выставляется - студент обладает удовлетворительными теоретическими знаниями (знает основные положения методики выполнения практических навыков, показания и противопоказания, возможные осложнения, нормативы и проч.), демонстрирует выполнение практических умений, допуская некоторые ошибки, которые может исправить при коррекции их преподавателем,

Оценка «неудовлетворительно» выставляется - студент не обладает достаточным уровнем теоретических знаний (не знает методики выполнения практических навыков, показаний и противопоказаний, возможных осложнений, нормативы и проч.) и/или не может самостоятельно продемонстрировать практические умения или выполняет их, допуская грубые ошибки.

Добавлено примечание ([Ш11]): Дайте задание здесь

Добавлено примечание ([Ш12]): Как тут используется оборудование?

Добавлено примечание ([Ш13]): А где примеры этих расчетов?

Тема 1.3 Основные виды термической и химико - термической обработки стали

Лабораторное занятие №3

Микроструктура стали после термической обработки

Цель: изучить влияние различных видов термической и химико-термической обработки на микроструктуру и свойства сталей.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

- использовать схемы и карты технологического процесса; обосновать выбор режима обработки металлов давлением для определенного вида металлопродукции;
- выбирать методы контроля качества выпускаемой продукции.

Материальное обеспечение:

Оборудование:

металлографические микроскопы.

телевизионная установка для демонстрации микроструктур

микрошлифы

ГОСТ 8233 "Сталь. Эталоны микроструктуры".

Задание:

1. Изучить микроструктуры после различных видов отжига, заковки, отпуска закаленной стали, поверхностной заковки и лазерного термоупрочнения, цементации, цементации и нитроцементации с последующей заковкой и низким отпуском, азотирования и борирования.

Краткое теоретическое обоснование

В машиностроении при изготовлении деталей машин термическая обработка проводится обычно два раза. Первая предварительная термическая обработка ведется для заготовок с целью улучшения технологических свойств, а после механической обработки резанием на металлорежущих станках выполняется окончательная упрочняющая термическая обработка деталей машин для обеспечения требуемых по условиям работы деталей в машине механических, эксплуатационных и других свойств.

В основу термической обработки изделий машиностроения положены фазовые превращения первого рода, происходящие в твердом состоянии на этапах нагрева и охлаждения у железоуглеродистых сплавов (рис. 1).

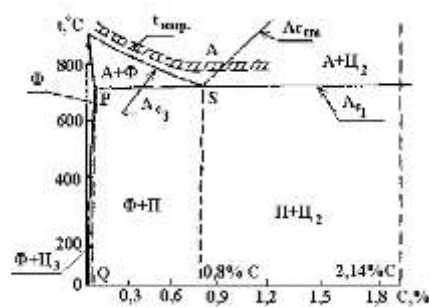


Рисунок 1 - Интервал температур нагрева на диаграмме состояния железо - углерод при отжиге и заковке изделий

В процессе медленного нагрева в печах при проведении заковки или отжига по достижении температуры, обозначенной t_{Ac1} (для углеродистых сталей $727\text{ }^{\circ}\text{C}$) происходит фазовое превращение перлита в аустенит: $\text{П} (\text{Ф}+\text{Ц}) \rightarrow \text{А}$. В доэвтектоидных сталях ($C_p < C < C_s$) при последующем нагреве в интервале температур $t_{Ac1} \dots t_{Ac3}$ происходит после завершения превращения $\text{П} \rightarrow \text{А}$ еще фазовое превращение феррита в аустенит: $\text{Ф} \rightarrow \text{А}$.

Важнейшую роль при термической обработке играет этап охлаждения, на котором формируется из аустенита окончательная микроструктура. В зависимости от степени переохлаждения аустенита ниже температуры t_{A1} ($727\text{ }^{\circ}\text{C}$) происходит одно из трех фазовых превращений:

перлитное: $\text{А} \rightarrow \text{Ф} + \text{Ц}$;

бейнитное: $\text{А} \rightarrow \text{Б}$;

мартенситное: $\text{А} \rightarrow \text{М}$.

Интервалы температур указанных фазовых превращений для одной из доэвтектоидных углеродистых сталей показаны на диаграмме изотермического превращения переохлажденного аустенита. (рис. 2). На этой диаграмме горизонтальными пунктирными линиями нанесены температуры фазовых превращений A_{c1} и A_{c3} в равновесном состоянии, а сплошные линии разделяют диаграмму на области с различными фазами (границу между перлитным и бейнитным превращениями в виде линии диаграмма не показывает). Приведены также нанесенные на диаграмму кривые охлаждения: V_1 - с печью (полный отжиг); V_2 - на спокойном воздухе (нормализационный отжиг); V_3 - в масле (частичная закалка); $V_4 > V_{кр. \text{ закл.}}$ - в воде (полная закалка).

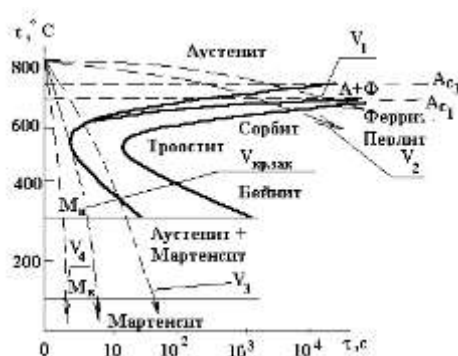


Рисунок 2 - Диаграмма изотермического превращения переохлажденного аустенита доэвтектоидной углеродистой стали

При перлитном превращении $\text{А} \rightarrow \text{Ф} + \text{Ц}$ с понижением его температуры уменьшаются толщины пластин феррита $\delta_{\text{ф}}$ и одной цементита $\delta_{\text{ц}}$ ($\delta = \delta_{\text{ф}} + \delta_{\text{ц}}$), а твердость смеси $\text{Ф} + \text{Ц}$ возрастает. Структуры, отличающиеся по величинам δ и твердости, получили разное наименование: *перлит* ($\delta = 0,6 \dots 1,0 \text{ мкм}$), *сорбит* ($\delta = 0,25 \dots 0,30 \text{ мкм}$), *троостит* ($\delta = 0,10 \dots 0,15 \text{ мкм}$).

Бейнит представляет собой двухфазную структуру из несколько перенасыщенного твердого раствора углерода в α -железе с искаженной кристаллической решеткой ОЦК и дисперсных кристаллов карбидов. Он характеризуется высокой твердостью HRC 38...46 и прочностью.

Мартенсит является перенасыщенным твердым раствором внедрения углерода в искаженной кристаллической решетке железа ОЦК (тетрагональная решетка с отношением $c/a > 1$). В конструкционных среднеуглеродистых сталях микроструктура представляет собой

пакетный мартенсит из параллельных тонких пластин толщиной 0,1...0,2 мкм с большой твердостью HRC > 45.

На перлитном превращении основано проведение полного и нормализационного отжига, а на мартенситном – закалки изделий.

После закалки выполняется еще одна термическая обработка – **отпуск** (нагрев до температур не выше t_{Ac1} (727°C)). В зависимости от конкретной температуры нагрева образуются различные структуры. При нагреве до 160... 200 $^{\circ}\text{C}$ (низкий отпуск) формируется структура *отпущенного мартенсита* (мартенсит, из которого частично путем диффузии выделился углерод в виде дисперсных пластин особого ϵ -карбида).

Отпуск при температурах 350...470 $^{\circ}\text{C}$ (средний отпуск) приводит к формированию игольчатой структуры *троостита отпуска*, состоящей из феррита и кристаллов цементита размером 0,5...1,0 мкм. Возрастание температуры отпуска до 550...650 $^{\circ}\text{C}$ (высокий отпуск) обеспечивает получение сферических частиц цементита размером карбидов до 1,5...2 мкм в ферритной основе (*сорбит отпуска*).

Кроме объемного упрочнения применяются способы поверхностного упрочнения. Широко используется в машиностроении **поверхностная закалка** способом индукционного нагрева с использованием токов высокой частоты (ТВЧ) в десятки тысяч и более герц. Деталь помещают с некоторым зазором в специальное устройство - индуктор из медных трубок, к которому подают от машинного или лампового генератора ток высокой частоты. Вследствие возникновения в детали электрических вихревых токов с наибольшей плотностью в поверхностном слое происходит нагрев этого слоя выше температур фазовых превращений Ac_1 и Ac_3 и образование аустенита.

При последующем быстром охлаждении в поверхностном слое аустенит превращается в мартенсит.

При термической обработке с лазерным нагревом (**лазерное термоупрочнение**) используются газовые и твердотельные лазерные установки, которые снабжаются системами транспортировки и фокусировки луча лазера, механизмами перемещения изделий по заданному режиму. При воздействии лазерного луча на поверхность происходит поглощение и передача энергии высокой концентрации тонкому поверхностному слою, соответствующий нагрев выше температур Ac_1 и Ac_3 , возможно плавление и переход в жидкое состояние тонкого поверхностного слоя. В процессе быстрого охлаждения нагретого объема путем интенсивного теплоотвода холодной массой изделия без применения специальной охлаждающей среды создается скорость охлаждения до 1000 градусов в секунду ($V_{охл.} \gg V_{крит. \text{ закл.}}$), происходит фазовое превращение в нагретом малом объеме металла аустенита в мартенсит, то есть закалка.

При химико-термической обработке происходит одновременно тепловое и химическое воздействие на материал, что изменяет химический состав и структуру в поверхностных слоях деталей на некоторую толщину. Для изменения химического состава поверхностных слоев детали помещают в активную среду: газовую, жидкую, твердую, из которой в результате адсорбции атомов насыщаемого элемента поверхностью детали и дальнейшей диффузии адсорбированных атомов от поверхности на некоторое расстояние вглубь изделия формируется поверхностный слой с измененным химическим составом и структурой.

В машиностроении получили наибольшее применение следующие виды химико-термической обработки:

Цементация - поверхностное насыщение углеродом обычно в газовой науглероживающей среде (эндогазе и др.) при температуре 920...950 $^{\circ}\text{C}$ в течении 8...10 часов. После цементации детали подвергаются закалке от температуры 800...840 $^{\circ}\text{C}$ и низкому отпуску при 160...200 $^{\circ}\text{C}$.

Нитроцементация - поверхностное насыщение одновременно углеродом и азотом в газовой среде при температуре 840...860 $^{\circ}\text{C}$ с выдержкой 4...8 часов. После завершения выдержки проводят закалку деталей и низкий отпуск при температуре 160...180 $^{\circ}\text{C}$.

Азотирование – насыщение поверхностного слоя азотом в газовой среде диссоциированного аммиака при температуре 500...520 °С в течение 25...50 часов. После азотирования дополнительную термическую обработку не проводят.

Реже применяют другие виды химико-термической обработки, например, насыщение поверхностных слоев деталей бором (борирование), алюминием (алитирование), кремнием (силицирование) и др.

Представление о толщине поверхностного слоя и твердости при некоторых видах химико-термической обработки дает табл. 1. Механические свойства некоторых сталей приведены в табл. 2.

Таблица 1. Глубина слоя и твердость поверхностного слоя после химико-термической обработки деталей

Вид обработки	Цементация, закалка и низкий отпуск	Нитроцементация, закалка и низкий отпуск	Закалка, высокий отпуск и азотирование
Толщина слоя, мм	1,5...1,8	0,2...0,8	0,3...0,5
Твердость поверхностного слоя	HRC 58...62	HRC 58...64	HV 850...1050

Таблица 2. Механические свойства поверхностного слоя и сердцевины некоторых типовых сталей после термической обработки

Марка стали	Оптовая цена ^x	Для деталей с поперечным сечением, мм	Твердость поверхностного слоя, HRC	Механические свойства сердцевины		
				σ _{0,2} , МПа	σ _в , МПа	HB
Цементация, закалка и низкий отпуск						
20	1,0	до 50	56...62	290	490	156
20X	1,1	до 60	56...63	390	640	250
25XГМ	1,4	до 60...80	56...63	1080	1180	300
20XH2M	2,1	до 60...80	56...63	830	1080	340
Закалка, высокий отпуск, азотирование						
38X2МЮА	1,9	до 60	HV 950...1050	880	1030	50...270
Индукционная поверхностная закалка, и низкий отпуск						
45	1,0	до 100	до 60	450	750	195...240

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с методическим указанием для проведения лабораторной работы.

2. Получить задание у преподавателя.

3. Практическая часть работы заключается в изучении микроструктуры после различных видов отжига, закалки, отпуска закаленной стали, поверхностной закалки и лазерного термоупрочнения, цементации, цементации и нитроцементации с последующей закалкой и низким отпуском, азотирования и борирования. Микроанализ проводится, как правило, при увеличении микроскопа x100 или x600. Студентам предоставляются лабораторные коллекции микрошлифов, подготовленные для исследований.

Для более подробной оценки микроструктуры используется ГОСТ 8233 "Сталь. Эталоны микроструктуры". По этому стандарту может быть дана количественная характеристика или номер балла структуры по различным признакам: процентное соотношение между ферритом и перлитом, мартенситом и трооститом, пластинчатым и зернистым перлитом; балл дисперсности пластинчатого перлита, мартенсита.

Данные о микроструктуре сталей после различных видов термической и химико-термической обработки представлены в табл. 3 и на рис. 3.

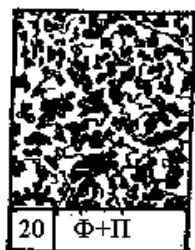
Добавлено примечание ([Ш14]): Что это даст?

Добавлено примечание ([Ш15]): Дайте задания здесь

Таблица 3. Перечень лабораторной коллекции микрошлифов стали после термической и химико-термической обработки

№ шлифа	Марка стали, ГОСТ	Вид термической обработки	Микроструктура
Стали после термической обработки			
20	Конструкционная сталь 40, ГОСТ 1050-88	Отжиг полный	Феррит и перлит
21		Отжиг нормализационный	Феррит и перлит
22		Закалка полная	Мартенсит пакетный
23		Закалка неполная	Мартенсит и феррит
24		Закалка частичная	Мартенсит и темный троостит
25		закалка полная и высокий отпуск (улучшение)	Сорбит отпуска (Ф +Ц)
26	Инструментальная сталь У12, ГОСТ 1435-90	Отжиг на зернистый перлит	Перлит зернистый
27		Закалка неполная заэвтектоидной стали	Мартенсит и белые зерна вторичного цементита
Стали после поверхностной закалки и лазерного термоупрочнения			
28	Конструкционная сталь 45, ГОСТ 1050-88	Закалка поверхностная с нагревом токами высокой частоты	Поверхностный слой: мартенсит; сердцевина: феррит + перлит
28-1	Инструментальная сталь У10, ГОСТ 1435-90	Лазерное термоупрочнение (закалка)	Поверхностный слой: мартенсит мелкоигольчатый и карбиды дисперсные. Переходная зона: мартенсит, троостит и карбиды
Стали после химико-термической обработки			
29-1	Сталь 20, ГОСТ 1050-88	Цементация	Поверхностный слой: перлит + цементит вторичный; перлит; переходная зона: перлит + феррит; сердцевина: феррит + небольшое количество перлита
29-2	Сталь 20, Гост 1050-88	Цементация с последующей закалкой и низким отпуском	Поверхностный слой имеет мартенсит высокоуглеродистый. Сердцевина – ферритная с участками перлита
30	Сталь 20Х, ГОСТ 4543-71	Цементация с последующей закалкой и низким отпуском	Поверхностный слой – высокоуглеродистый мартенсит. Сердцевина

			малоуглеродистый бейнит
31	Сталь 08КП, ГОСТ 1050-88	Нитроцементация с последующей закалкой и низким отпуском	Поверхностный слой – высокоуглеродистый мартенсит с карбонитридами. Сердцевина – феррит
32	Сталь 4Х5В2ФС ГОСТ 5950-73	Закалка с отпуском и последующее азотирование	Поверхность – темный азотированный слой. Сердцевина – троостит отпуска
33	Сталь 38ХС, ГОСТ 4543-71	Борирование и поверхностная закалка	Поверхностный слой – тонкая зона светлых вытянутых зерен боридов, широкая зона мартенсита. Сердцевина – перлит и небольшое количество мелких зерен феррита



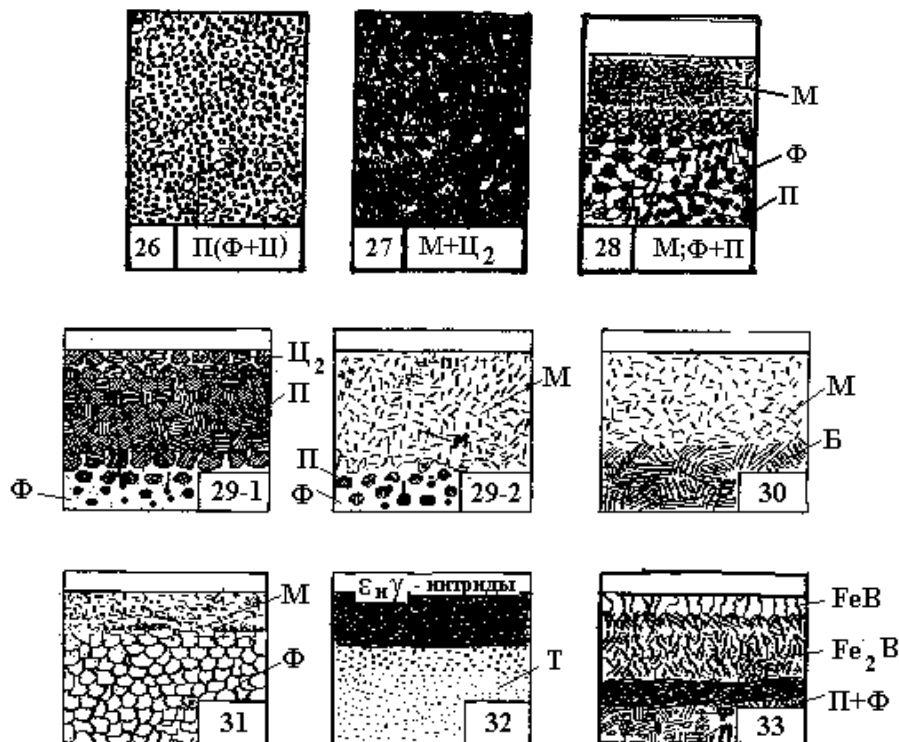


Рисунок 3 - Схемы микроструктур после термической и химико-термической обработки сталей

3. Зарисовать схемы микроструктур стали после наиболее характерных разновидностей термической обработки (образцы 20, 21, 22, 24, 25, 27, 29-1, 29-2, 32, 33), наименование и марка стали, вид термической обработки, составляющие структуры.

4. Сделать записи в тетрадь.

Добавлено примечание ([Ш16]): Как тут используется оборудование?

Контрольные вопросы

1. Какие фазовые превращения происходят при нагреве доэвтектоидных сталей до температур образования аустенита?
2. Какие три фазовые превращения происходят при распаде переохлажденного аустенита?
3. Что представляют собой перлитное, бейнитное и мартенситное превращения?
4. Какая разновидность мартенсита образуется в конструкционной стали?
5. Какие структурные изменения происходят при повышении температуры отпуска закаленных сталей?
6. Что представляют собой перлит, сорбит, троостит, бейнит, мартенсит?
7. Что представляют собой отпущенный мартенсит, троостит отпуска, сорбит отпуска?
8. В чем заключается химико-термическая обработка материалов?
9. Какие основные разновидности химико-термической обработки применяются в машиностроении?
10. Какую микроструктуру имеет поверхностный слой после цементации?

11. Какую микроструктуру имеет поверхностный слой после цементации, закалки и низкого отпуска?

Форма представления результата: работа должна быть представлена в виде зарисованных схем микроструктур и письменных ответов на контрольные вопросы.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется - студент обладает системными теоретическими знаниями (знает методику выполнения практических навыков, показания и противопоказания, возможные осложнения, нормативы и проч.), без ошибок самостоятельно демонстрирует выполнение практических умений,

Оценка «хорошо» выставляется - студент обладает теоретическими знаниями (знает методику выполнения практических навыков, показания и противопоказания, возможные осложнения, нормативы и проч.), самостоятельно демонстрирует выполнение практических умений, допуская некоторые неточности (малозначительные ошибки), которые самостоятельно обнаруживает и быстро исправляет,

Оценка «удовлетворительно» выставляется - студент обладает удовлетворительными теоретическими знаниями (знает основные положения методики выполнения практических навыков, показания и противопоказания, возможные осложнения, нормативы и проч.), демонстрирует выполнение практических умений, допуская некоторые ошибки, которые может исправить при коррекции их преподавателем,

Оценка «неудовлетворительно» выставляется - студент не обладает достаточным уровнем теоретических знаний (не знает методики выполнения практических навыков, показаний и противопоказаний, возможных осложнений, нормативы и проч.) и/или не может самостоятельно продемонстрировать практические умения или выполняет их, допуская грубые ошибки.