

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: ЧУМАЧЕНКО ТАТЬЯНА АЛЕКСАНДРОВНА  
Должность: РЕКТОР  
Дата подписания: 11.04.2022 16:03:38  
Уникальный программный ключ:  
9c9f7aaffa4840d284abe156657b8f85432bdb16



МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ»)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Шифр	Наименование дисциплины (модуля)
Б1.В.02.ДВ.03	Термическая обработка деталей машин

Код направления подготовки	44.03.04
Направление подготовки	Профессиональное обучение (по отраслям)
Наименование (я) ОПОП (направленность / профиль)	Транспорт
Уровень образования	бакалавр
Форма обучения	очная

Разработчики:

Должность	Учёная степень, звание	Подпись	ФИО
Профессор	доктор технических наук, доцент		Белевитин Владимир Анатольевич

Рабочая программа рассмотрена и одобрена (обновлена) на заседании кафедры (структурного подразделения)

Кафедра	Заведующий кафедрой	Номер протокола	Дата протокола	Подпись
транспорта, информационных технологий и методики обучения техническим дисциплинам	Руднев Валерий Валентинович	10	13.06.2019	
транспорта, информационных технологий и методики обучения техническим дисциплинам	Руднев Валерий Валентинович	1	13.09.2020	

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Пояснительная записка .....	3
2. Трудоемкость дисциплины (модуля) и видов занятий по дисциплине (модулю) .....	5
3. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий .....	6
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины .....	37
5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) .....	38
6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины .....	41
7. Перечень образовательных технологий .....	43
8. Описание материально-технической базы .....	44

## 1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

1.1 Дисциплина «Термическая обработка деталей машин» относится к модулю части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины/модули» основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 44.03.04 «Профессиональное обучение (по отраслям)» (уровень образования бакалавр). Дисциплина является дисциплиной по выбору.

1.2 Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 з.е., 252 час.

1.3 Изучение дисциплины «Термическая обработка деталей машин» основано на знаниях, умениях и навыках, полученных при изучении обучающимися следующих дисциплин: «Материаловедение».

1.4 Дисциплина «Термическая обработка деталей машин» формирует знания, умения и компетенции, необходимые для освоения следующих дисциплин: «выполнение и защита выпускной квалификационной работы», «Дипломное проектирование», «Технология и оборудование ремонта автотранспорта», для проведения следующих практик: «производственная практика (преддипломная)», «производственная практика (проектная)».

1.5 Цель изучения дисциплины:

формирование у студентов материаловедческого мышления, базирующееся на основах теории и технологии термической и химико-термической обработки металлов и сплавов; ознакомления с закономерностями влияния процесса легирования и термической обработки на структуру и свойства промышленных сплавов; освоение представлений о тенденциях и перспективах развития термической и химико-термической обработки металлов и сплавов с целью повышения надежности и долговечности деталей машин и конструкций

1.6 Задачи дисциплины:

1) знать виды термической и химико-термической обработки материалов;

2) уметь назначать правильные режимы термической обработки для получения необходимого комплекса свойств;

3) уметь по микроструктуре материала определять предшествующую термическую обработку.

1.7 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы:

№ п/п	Код и наименование компетенции по ФГОС
Код и наименование индикатора достижения компетенции	
1	ПК-6 способен использовать в практической деятельности знания по технологии эксплуатации, ремонта и технического обслуживания транспортных машин и оборудования; о строении и свойствах конструкционных и расходных материалов, применяющихся в автомобильном транспорте
	ПК.6.1 Знать виды технического обслуживания автомобилей и технологической документации по техническому обслуживанию; типы и устройство стендов для технического обслуживания и ремонта автомобильных двигателей
	ПК.6.2 Уметь осуществлять техническое обслуживание узлов и агрегатов, систем автомобиля
	ПК.6.3 Владеть техникой проведения технических измерений соответствующим инструментом и приборами; выполнения ремонта агрегатов, узлов и механизмов автомобиля и двигателя; использования технологического оборудования

№ п/п	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Образовательные результаты по дисциплине
1	ПК.6.1 Знать виды технического обслуживания автомобилей и технологической документации по техническому обслуживанию; типы и устройство стендов для технического обслуживания и ремонта автомобильных двигателей	3.1 уметь по микроструктуре материала определять предшествующую термическую обработку.
2	ПК.6.2 Уметь осуществлять техническое обслуживание узлов и агрегатов, систем автомобиля	У.1 уметь по микроструктуре материала определять предшествующую термическую обработку. У.3 уметь оценивать величину зерна У.2 уметь оценивать микроструктуру материала определять предшествующую термическую обработку.

3	ПК.6.3 Владеть техникой проведения технических измерений соответствующим инструментом и приборами; выполнения ремонта агрегатов, узлов и механизмов автомобиля и двигателя; использования технологического оборудования	В.1 владеть техникой термической обработки.
---	---	---

**2. ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) И ВИДОВ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

Наименование раздела дисциплины (темы)	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Итого часов
	Л	ЛЗ	ПЗ	СРС	
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>28</b>	<b>36</b>	<b>24</b>	<b>164</b>	<b>252</b>
<b>Первый период контроля</b>					
<b>Термическая обработка</b>	<b>12</b>	<b>18</b>	<b>6</b>	<b>72</b>	<b>108</b>
Введение. Основные понятия термической обработки.	2			4	6
Основные превращения при термической обработке	2			4	6
Термическая обработка углеродистой стали	2			4	6
Закалка углеродистой стали	2			4	6
Виды и режимы термической обработки	2			4	6
Прокаливаемость и закаливаемость стали	2			4	6
Подбор режима закалки и закалка углеродистой стали		6		12	18
Подбор режима отпуска и отпуск после закалки углеродистой стали		6		12	18
Определение прокаливаемости сталей		6		12	18
Расчет времени нагрева под закалку углеродистой стали и ее отпуск.			6	12	18
<b>Итого по видам учебной работы</b>	<b>12</b>	<b>18</b>	<b>6</b>	<b>72</b>	<b>108</b>
<b>Форма промежуточной аттестации</b>					
Зачет					
Курсовая работа					
<b>Итого за Первый период контроля</b>					<b>108</b>
<b>Второй период контроля</b>					
<b>Химико-термическая обработка</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>92</b>	<b>144</b>
Цементация	2			4	6
Азотирование	2			4	6
Нитроцементация, цианирование.	2			4	6
Диффузионная металлизация	2			4	6
Высокотемпературная термомеханическая обработка	4			8	12
Низкотемпературная термомеханическая обработка	4			8	12
Химико-термическая обработка (цементация).		6		12	18
Химико-термическая обработка (азотирование).		6		12	18
Химико-термическая обработка (нитроцементация).		6		12	18
Предварительная термомеханическая обработка			6	6	12
Выбор материала для химико-термической обработки			6	8	14
Разработка технологического процесса химико-термической обработки			6	10	16
<b>Итого по видам учебной работы</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>92</b>	<b>144</b>
<b>Форма промежуточной аттестации</b>					
Дифференцированный зачет					
<b>Итого за Второй период контроля</b>					<b>144</b>

**3. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ), СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ  
(РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА  
АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ**

**3.1 Лекции**

Наименование раздела дисциплины (модуля)/ Тема и содержание	Трудоемкость (кол-во часов)
<b>1. Термическая обработка</b>  <i>Формируемые компетенции, образовательные результаты:</i> ПК-6: 3.1 (ПК.6.1), У.1 (ПК.6.2), У.2 (ПК.6.2), У.3 (ПК.6.2), В.1 (ПК.6.3)	<b>12</b>
1.1. Введение. Основные понятия термической обработки. Общие положения термической обработки. Термическая обработка – это один из широко применяемых методов улучшения свойств металлических материалов и изделий из них. Под термической обработкой понимают процесс тепловой обработки, при котором заданные физико-механические свойства достигаются за счет изменения кристаллической структуры. Термической обработке подвергаются стали, чугуны и некоторые сплавы цветных металлов. Таким образом, целью любого процесса термической обработки является изменение структуры и свойств металла, которое будет определяться основными факторами воздействия: - это температура и время. К основным параметрам режима термической обработки относятся: максимальная температура нагрева; время выдержки при температуре нагрева; скорость нагрева; и скорость охлаждения. Виды термической обработки Для изменения свойств сплава необходимо, чтобы в результате Т/О в сплаве произошли остающиеся изменения, обусловленные фазовыми превращениями. Все виды Т/О можно разделить на 4 основные группы: 1 группа. Отжиг первого рода – это нагрев металла, который в результате какой-либо предшествующей обработки (например, холодной пластической деформации) получил неустойчивое состояние, и приводящий его в более устойчивое состояние. 2 группа. Отжиг второго рода, или фазовая перекристаллизация – это нагрев выше температуры фазового превращения (эвтектоидное превращение, растворение второй фазы) и охлаждение с малой скоростью. В результате сплав приобретает равновесную структуру. 3 группа. Закалка - нагрев выше температуры фазового превращения с последующим быстрым охлаждением для получения структурно неустойчивого состояния сплава. 4 группа. Отпуск и старение – это нагрев закаленного сплава ниже температуры равновесных фазовых превращений для получения более устойчивого структурного состояния. Учебно-методическая литература: 1, 2	2

<p>1.2. Основные превращения при термической обработке</p> <p>Превращения при термической обработке стали.</p> <p>Основой для изучения термической обработки стали является диаграмма железо – цементит (область сталей). Верхней температурной границей при термической обработке является линия солидуса.</p> <p>Температуры равновесных превращений (критические точки) принято обозначать буквой А с соответствующим индексом.</p> <p>Эвтектоидную температуру (линия PSK) обозначают А1 (727оС), температуру магнитного превращения А2 (точка Кюри 768оС), температуру линии GS – А3, температуру полиморфного превращения <math>Fe\gamma \rightarrow Fe\delta</math> – А4, температуру линии SE – Асм.</p> <p>Вследствие гистерезиса температуры превращений при нагреве всегда выше соответствующих температур при охлаждении, поэтому введена дополнительная индексация – при нагреве – индекс с, при охлаждении – индекс г.</p> <p>Четыре основных превращения при термической обработке в стали</p> <p>При термической обработке стали наблюдаются следующие превращения:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Превращение перлита в аустенит, протекающее выше точки А1.  <math>\alpha + Fe_3C \rightarrow \gamma</math></li> <li>2. Превращение аустенита в перлит, протекающее ниже А1  <math>\gamma \rightarrow \alpha + Fe_3C</math></li> <li>3. Превращение аустенита в мартенсит:  <math>\gamma \rightarrow M</math></li> <li>4. Превращение мартенсита в перлит (в ферритокарбидную смесь):  <math>M \rightarrow \alpha + Fe_3C</math></li> </ol> <p>Учебно-методическая литература: 1, 3, 4</p>	2
<p>1.3. Термическая обработка углеродистой стали</p> <p>Режимы закалки. Нагрев сталей:</p> <p><input type="checkbox"/> доэвтектоидной до <math>Ac_3</math> + (30 – 50оС)</p> <p><input type="checkbox"/> эвтектоидной до <math>Ac_1</math> + (30 – 50оС)</p> <p><input type="checkbox"/> заэвтектоидной до <math>Ac_1</math> + (30 – 50оС)</p> <p>Структурные превращения в доэвтектоидной стали при закалке</p> <p>Нагрев выше температуры <math>Ac_3</math> на 30 – 50оС при полной закалке позволяет получить мелкозернистый аустенит и, соответственно, после охлаждения – мелкокристаллический мартенсит.</p> <p>Нагрев выше температуры <math>Ac_1</math> на 30 – 50оС при неполной закалке приводит к сохранению в структуре кристаллов доэвтектоидного феррита, что снижает твердость и прочность стали.</p> <p>Структурные превращения в заэвтектоидной стали</p> <p>Нагрев заэвтектоидной стали выше температуры <math>Ac_1</math> на (30 – 50оС) при неполной закалке приводит к образованию структуры мартенсита с включениями вторичного цементита. Кристаллы цементита тверже кристаллов мартенсита, поэтому твердость стали выше, чем при полной закалке.</p> <p>Заэвтектоидные стали предварительно подвергают сфероидизации, поэтому избыточный <math>Fe_3C</math> округлой формы не вызывает снижения вязкости.</p> <p>Нагрев выше температуры <math>Ac_m</math> при полной закалке приводит к укрупнению зерна аустенита, а в результате быстрого охлаждения – к образованию крупноигольчатого мартенсита с повышенным количеством остаточного аустенита. В этом случае твердость и прочность стали будут ниже, чем при неполной закалке.</p> <p>Для получения мартенситной структуры необходимо переохладить аустенит до <math>M_n</math>, следовательно, скорость охлаждения должна превышать критическую скорость закалки <math>V_{kr}</math></p> <p>Учебно-методическая литература: 3, 4</p>	2

<p>1.4. Закалка углеродистой стали</p> <p>Обычно для закалки используют жидкости – воду, водные растворы солей и щелочей, подогретые масла.</p> <p>Для углеродистых сталей критическая скорость закалки находится в пределах 1400-400 <math>^{\circ}\text{C}/\text{сек.}</math>, т.е. необходимо очень резкое охлаждение, поэтому в качестве охлаждающей среды используют холодную воду или воду с добавлением соли или едкого натра.</p> <p>Многие легированные стали приобретают мартенситную структуру при охлаждении в холодных или подогретых минеральных маслах (<math>\approx 100 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{сек.}</math>), а высоколегированные – на воздухе (<math>\approx 10 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{сек.}</math>). Для предотвращения коробления деталей применяют закалку в двух средах, или ступенчатую закалку.</p> <p>На рис. показана схема превращения аустенита в стали У8 при охлаждении с различными скоростями. При охлаждении вместе с печью аустенит превращается в пластинчатый перлит, причем это превращение проходит почти при постоянной температуре (<math>723^{\circ}</math>). При охлаждении на воздухе аустенит превращается в структуру – сорбит, при охлаждении в горячем масле – в троостит. При охлаждении в воде аустенит сохраняется в стали до температуры примерно <math>200^{\circ}</math> и затем мгновенно превращается в мартенсит.</p> <p>В сталях с большим содержанием углерода аустенит не полностью превращается в мартенсит, а частично сохраняется, образуя остаточный аустенит.</p> <p>Учебно-методическая литература: 1, 3, 4</p>	2
---	---

<p>1.5. Виды и режимы термической обработки</p> <p>Виды термической обработки (Т/О) стали.</p> <p>Отжиг</p> <p>Отжиг I рода. После отливки, прокатки и ковки стальные заготовки охлаждаются неравномерно, результатом чего является неоднородность структуры и свойств в различных местах заготовок, а также появление внутренних напряжений. Кроме того, при затвердевании отливки получаются неоднородными по составу вследствие ликвации (неоднородность состава по объему кристалла). Для получения более равновесной структуры полуфабрикаты или детали подвергают отжигу I рода (нагрев для снятия остаточных напряжений, рекристаллизационный отжиг, диффузионный отжиг).</p> <p>Полный отжиг (или отжиг II рода) связан с фазовой перекристаллизацией. Это нагрев выше критических температур, выдержка при данной температуре и медленное охлаждение (обычно вместе с печью).</p> <p>Нормализация</p> <p>При нормализации сталь охлаждается не в печи, как при отжиге, а на воздухе.</p> <p>Цель: для доэвтектоидных и эвтектоидных сталей та же, что и полного отжига – устранение крупнозернистой структуры, выравнивание механических свойств.</p> <p>В заэвтектоидных сталях нормализация устраниет цементитную сетку в результате ускоренного охлаждения на воздухе.</p> <p>Нагревание ведется до полной перекристаллизации (на <math>30-50^{\circ}</math> выше точек <math>\text{Ac}3</math> и <math>\text{A}st</math>), в результате сталь приобретает мелкозернистую и однородную структуру. Твердость и прочность стали после нормализации выше, чем после отжига.</p> <p>Структура низкоуглеродистой стали после нормализации феррито-перлитная, такая же, как и после отжига, а у средне- и высокоуглеродистой стали – сорбитная. Поэтому нормализация может заменить для первой – отжиг, а для второй – закалку с высоким отпуском. Часто нормализацией подготавливают сталь для закалки. Термическую обработку некоторых марок углеродистой и легированных сталей заканчивают нормализацией.</p> <p>Режим т/о: Нагрев сталей:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> доэвтектоидной до <math>\text{Ac}3 + (30 - 50 \text{ }^{\circ}\text{C})</math></li> <li><input type="checkbox"/> эвтектоидной до <math>\text{Ac}1 + (30 - 50 \text{ }^{\circ}\text{C})</math></li> <li><input type="checkbox"/> заэвтектоидной до <math>\text{A}st + (30 - 50 \text{ }^{\circ}\text{C})</math></li> </ul> <p>Затем выдержка и охлаждение на воздухе.</p> <p>Закалка</p> <p>После механической обработки изделие, как правило, подвергают упрочняющей т/о. Наиболее распространенным видом упрочняющей т/о углеродистых сталей является закалка с последующим отпуском.</p> <p>Закалка – процесс нагрева стали выше <math>\text{Ac}3</math> или <math>\text{A}st</math> (полная закалка) или <math>\text{Ac}1</math> (неполная закалка) на <math>(30 - 50 \text{ }^{\circ}\text{C})</math> с последующим быстрым охлаждением.</p> <p>Цель закалки – получение высокой твердости и заданных физико-механических свойств.</p> <p>Учебно-методическая литература: 1, 3, 4</p>	2
---	---

## 1.6. Прокаливаемость и закаливаемость стали

2

Способность стали закаливаться на определенную глубину называется прокаливаемостью. Прокаливаемость зависит от химического состава стали (наличия легирующих элементов), размеров детали и условий охлаждения. Чем больше устойчивость переохлажденного аустенита, тем больше прокаливаемость.

Характеристикой прокаливаемости является критический диаметр, т.е. максимальный диаметр цилиндрического прутка, который прокаливается полностью в охлаждающей среде.

Прокаливаемость зависит от критической скорости охлаждения и, как следствие этого, от устойчивой способности аустенита не изменять своей микроструктуры. Структура аустенита, остающаяся в холодном состоянии, получила название переохлажденного аустенита.

Если критическая скорость охлаждения детали по всему сечению будет равна, то деталь будет иметь сквозную прокаливаемость, т.е. по всему сечению будет структура мартенсита. Если скорость охлаждения по всему сечению будет уменьшаться к сердцевине, то в сердцевине будет феррит, феррит + перлит, сорбит или троостит.

Сердцевина деталей большого сечения практически закалку не воспринимает, так как скорость охлаждения сердцевины будет медленная, естественная.

Все легирующие элементы повышают прокаливаемость. Например, никель способствует значительному увеличению прокаливаемости и закаливаемости.

Марганец, хром, вольфрам и молибден повышают температуру закалки и отпуска, а также увеличивают прокаливаемость и закаливаемость деталей и инструмента, поэтому все легированные стали, подвергаемые закалке, имеют высокую прокаливаемость, а углеродистые стали имеют более низкую прокаливаемость. При сквозной закалке по всему сечению твердость детали будет одинакова. При несквозной закалке она будет уменьшаться от поверхности к сердцевине. У поверхности деталь будет иметь структуру мартенсита, а у сердцевины структуру троостита. Чем меньше массовая доля углерода в стали, тем больше структуры троостита и меньше твердость, и наоборот.

Прокаливаемость деталей при закалке оценивается критическим параметром. Этот параметр представляет собой максимальный диаметр (сечение) деталей, в сердцевине которого будет полумартенситная структура закалки. Обычно для углеродистых конструкционных и инструментальных сталей критический параметр составляет 10 ... 20 мм, а для легированных сталей — до 100 мм и более (в зависимости от массовой доли углерода и легирующих элементов). Кроме того, прокаливаемость зависит от охлаждающей среды. Вода дает более высокую прокаливаемость, чем масло.

Сталь с массовой долей углерода 0,2 % (охлаждение в воде) после закалки будет иметь твердость 25 HRC, а сталь с массовой долей углерода 0,5 % после закалки будет иметь твердость 45 HRC. Следовательно, чем больше углерода в стали, тем выше твердость детали, получаемой при закалке, и, следовательно, больше глубина прокаливаемости. Для определения глубины прокаливаемости углеродистых инструментальных сталей готовят образцы после высокого отпуска квадратного или круглого сечений (21 ... 23 мм) длиной 100 мм. Посередине образцов делается надрез глубиной 5 ... 7 мм. Готовые образцы закаливают при следующих температурах: 760; 800; 840 °C. Закаленные образцы разрушают на маятниковых копрах (или в прессе). По состоянию и виду излома определяют глубину прокаливаемости (закаленного слоя) или непрокаливаемости (незакаленного слоя), перегрев или закалочные трещины.

По стандартной шкале определяют группу (или балл) глубины прокаливаемости закаленных образцов при различных температурах. В стандартной шкале каждой группе (от 0 до V) соответствуют глубины прокаливаемости от 0,3 мм до 9 мм, сквозная прокаливаемость, вязкая сердцевина, незакаленная зона и закалочные трещины. Все это определяется визуально по излому образцов. Кроме того, по излому образцов можно определить структуру закалки (мартенсит, полумартенсит, троостит, сорбит) или незакаленную зону (перлит или феррит + перлит).

Учебно-методическая литература: 1, 4

### 2. Химико-термическая обработка

16

#### Формируемые компетенции, образовательные результаты:

ПК-6: 3.1 (ПК.6.1), У.1 (ПК.6.2), В.1 (ПК.6.3), У.3 (ПК.6.2), У.2 (ПК.6.2)

<p><b>2.1. Цементация</b></p> <p>Цементацией называется химико-термическая операция, в процессе которой производят насыщение поверхностного слоя деталей углеродом. Цементацию проводят с целью получения высокой твердости, износостойкости поверхности деталей при высокой ударной вязкости сердцевины. Цементируют детали из стали с массовой долей углерода до 0,25 %, работающие на трение и при знакопеременных нагрузках: зубчатые колеса, блоки шестерен, распределительные и кулачковые валики, кулачки, толкатели клапанов и другие детали, а также измерительный инструмент — калибры, шаблоны, щупы и т. д. Поверхность деталей и инструмента насыщается углеродом в отдельных случаях на глубину до 1,4 мм, обычно этот слой составляет 0,8 мм. Массовая доля углерода, насыщаемого в поверхность деталей, достигает 0,8 ... 1,0 %. Концентрация углерода от поверхности детали к сердцевине уменьшается. Таким образом, цементации подвергают детали из конструкционных углеродистых и низколегированных сталей, которые не воспринимают улучшение закалкой. Рабочее тело, в котором осуществляется химико-термическая обработка, называется карбюризатором. Различают цементацию в твердом, жидком и газовом карбюризаторах. Для цементации в твердом карбюризаторе в стальной ящик (рис. 11) помещаются детали, подвергаемые цементации, которые равномерно пересыпаются карбюризатором. Одновременно с карбюризатором помещаются контрольные образцы, так называемые свидетели. В процессе нагрева и выдержки контрольные образцы вынимаются, и по ним определяется ход технологического процесса.</p>	2
<p>Учебно-методическая литература: 2, 5</p> <p><b>2.2. Азотирование</b></p> <p>Азотирование. Азотированием называется процесс химико-термической обработки, при которой поверхности деталей насыщаются азотом. Азотирование осуществляют для получения высокой твердости поверхности, износостойкости, усталостной прочности и стойкости к возникновению задиров, повышения предела выносливости, коррозионной стойкости в атмосфере, пресной воде и водяном паре, а также кавитационной стойкости различных деталей и инструмента. Азотирование применяется также при декоративной отделке. Азотированный слой может быть глубиной до 0,5 мм и иметь твердость 1 000 ... 1 100 HV, что значительно тверже цементита. Из-за длительности процесса (до 90 ч) и высокой стоимости азотирование применяется реже, чем цементация. Процесс азотирования проводят в среде аммиака при температурах 500 ... 600 °C. При нагреве из аммиака выделяется атомарный азот, который диффундирует в поверхность деталей. В целях ускорения процесса азотирования применяется двухступенчатый цикл (рис. 14). Такая технология азотирования ускоряет процесс в 1,5 — 2 раза. Сначала деталь нагревается до температуры 500 ... 520 °C, затем осуществляется быстрый нагрев до температуры 580 ... 600 °C и далее — длительная выдержка и охлаждение вместе с печью или на воздухе.</p> <p>Учебно-методическая литература: 2, 5</p>	2

### 2.3. Нитроцементация, цианирование.

2

Цианирование и нитроцементация. Цианирование — это процесс насыщения поверхности деталей углеродом и азотом одновременно. Цианированию подвергают детали из сталей с массовой долей углерода 0,3 ... 0,4 %. Цианирование проводят с целью повышения поверхностной твердости, прочности, износостойкости, выносливости и других механических и эксплуатационных свойств. Цианирование по сравнению с другими видами химико-термической обработки имеет ряд преимуществ: возможность подвергать обработке детали сложной формы, малую длительность процесса, практически отсутствие коробления и деформации деталей в процессе обработки. Как недостатки следует отметить большие затраты на охрану труда из-за токсичности и высокую стоимость цианистых солей. Все это значительно повышает себестоимость цианированных деталей.

Различают жидкостное и газовое цианирование. Газовое цианирование получило название нитроцементации.

Жидкостное цианирование проводят в среде расплавленных солей цианистого натрия. Его проводят при температуре 820 ... 850 или 900 ... 950 °C. Процесс, осуществляемый при температуре 820 ... 850 °C, за 30 ... 90 мин позволяет получить слой толщиной до 0,35 мм, насыщенный углеродом и азотом, а при 900 ... 950 °C за 2 ... 6 ч — слой толщиной до 2 мм. На рис. 15 представлена зависимость толщины цианированного слоя от температуры и продолжительности процесса. Например, при продолжительности выдержки 2 ч при температуре 890 °C глубина цианированного слоя достигает 0,6 мм, при выдержке 4,5 ч при температуре 830 °C — также 0,6 мм. После цианирования проводят закалку и низкий отпуск. Твердость цианированного слоя достигает 58 ... 62 HRC.

На практике для цементации инструмента из быстрорежущих сталей применяют низкотемпературное цианирование в расплавленных цианистых солях. Его проводят при температуре 540 ... 560 °C при выдержке 1,0 ... 1,5 ч. В результате такой обработки цианированный слой будет иметь твердость 950 ... 1 100 HV.

Учебно-методическая литература: 2, 5

### 2.4. Диффузионная металлизация

2

Диффузионная металлизация. Процесс насыщения поверхностного слоя деталей методом диффузии при высокой температуре различными металлами называется диффузионной металлизацией. Она может осуществляться в твердом, жидком и газовом карбюризаторах (металлизаторах).

Твердые металлизаторы — это порошковые смеси, состоящие из ферросплавов: феррохрома, металлического хрома, хлорида аммония и др.

Жидкие металлизаторы — это, как правило, расплавленный металл, например цинк, алюминий и др.

Газовые металлизаторы — это летучие хлориды металлов: алюминия, хрома, кремния, титана и др.

В зависимости от применяемого диффундируемого металла деталей различают следующие виды диффузионной металлизации: алитирование (насыщение алюминием), хромирование, титанирование, вольфрамирование, сульфатирование (насыщение серой), борирование и др.

Алитирование осуществляют при температуре 700 ... 1 100 °C. В поверхностном слое в структуре  $\alpha$ -железа растворяется алюминий, на поверхности образуется плотная пленка из оксида алюминия, которая имеет высокую коррозионную стойкость в атмосфере и морской воде, а также высокую окалиностойкость при температуре 800 ... 850 °C, твердость 500 HV. Алитированию подвергают детали, работающие при повышенных температурах: клапаны двигателей, чехлы для термопар и др.

Алитирование производят следующими методами: в порошкообразных смесях, в расплаве алюминия, электролизом, в аэрозолях с алюминиевым и газовым распылением. Хромированию подвергают детали, работающие в агрессивных средах: детали паровых установок, пароводяные приборы, детали и узлы, работающие в газовых средах при высокой температуре. Хромирование проводят в порошкообразных смесях, вакууме, расплаве хрома, газовой среде и керамических массах. Поверхность, насыщенная хромом на глубину до 0,15 мм, обладает окалиностойкостью в газовой среде до температуры 800 °C, в пресной и морской воде и в слабых кислотах.

Хромированию подвергаются любые стали. Твердость хромированного слоя в поверхности достигает 1 200 ... 1 300 HV. Для повышения твердости и ударной вязкости после хромирования детали подвергают нормализации.

Учебно-методическая литература: 2, 5

<p>2.5. Высокотемпературная термомеханическая обработка</p> <p><b>Высокотемпературная термомеханическая обработка. ВТМО</b></p> <p>Применение этого процесса очень заманчиво, т.к. сравнительно легко вписывается в действующие на металлургических заводах технологические схемы горячей обработки давлением типа прокатки, волочения, ковки и т.д., и может быть осуществлен на тех же прокатных станах. В принципе, в начале процесса меняется мало: греем примерно до тех же температур, что и при прокатке, потом деформируем, но теперь еще температуру деформации нужно контролировать и после деформации необходимо осуществить закалку.</p> <p>На стадии же разработки режима деформации и закалки теперь необходимо еще и задумываться не только о формоизменении, а еще и о том, что внутри металла происходит, поэтому и к режиму деформации нужно подходить немного иначе!</p> <p>Деформацию при ВТМО осуществляют выше порога рекристаллизации, а это значит, что рекристаллизация идет полным ходом: продеформировали аустенит — зерна его вытянулись, дислокации внутри них размножились, и во время междеформационной паузы вместо старых деформированных зерен родились и выросли новые рекристаллизованные. Затем металл снова продеформировали, снова зародились рекристаллизованные зерна... и так далее до последнего прохода, как и при обычной прокатке.</p> <p>А вот после последнего прохода, который также осуществляется выше порога рекристаллизации, необходимо осуществить немедленную закалку, чтобы зафиксировать состояние аустенита, полученное после деформации (повышенная плотность дислокаций, вероятно, особые конфигурации дислокаций типа полигональной субструктуре внутри зерен аустенита).</p> <p>Как раз в этом и состоит особенность ВТМО — зафиксировать это состояние за счет немедленной закалки. Если это сталь, то структура, полученная аустенитом в результате деформации и немедленной закалки, наследуется мартенситом, а если это аустенитный сплав типа нержавейки или жаропрочного сплава, то мы просто получаем аустенит с унаследованной дислокационной структурой и сидящими внутри него атомами легирующих элементов (пересыщенный твердый раствор).</p> <p>В случае сталей за закалкой следует отпуск мартенсита, а в случае аустенитных сплавов — старение.</p> <p>Конечно же, надо понимать, что ограничения вносит размерный фактор: очень трудно резко охладить прокат большого сечения и удержать протекание рекристаллизации во внутренних слоях, где и температура больше, чем на поверхности, и скорость охлаждения меньше.</p>	4
---	---

Учебно-методическая литература: 2, 5

<p>2.6. Низкотемпературная термомеханическая обработка</p> <p><b>Низкотемпературная термомеханическая обработка. НТМО</b></p> <p>При НТМО деформацию осуществляют ниже порога рекристаллизации аустенита, т.е. никакого образования новых зерен не происходит, а зерна аустенита просто раскатываются, как тесто под скалкой, и накапливают дислокации.</p> <p>Если мы имеем дело с НТМО стали, то деформация такая осуществляется в температурном диапазоне когда и рекристаллизации нет, и полиморфного превращения еще не происходит, так что температурный интервал этот невелик. В случае же аустенитных сплавов дела обстоят получше: аустенит устойчив в очень широком интервале температур.</p> <p>После последнего прохода (если мы говорим о прокатке) сталь немедленно закаляют, фиксируя таким образом структуру, образовавшуюся в результате деформации, после чего проводят отпуск.</p> <p>Для разработки режима НТМО знать нужно то же, что и при разработке схемы НТМО, так что см. выше.</p> <p>Основная проблема с применением НТМО заключается в том, что при низких температурах, когда нет рекристаллизации (мощнейшего процесса разупрочнения), накопление дефектов кристаллической решетки (см. статью о методах упрочнения) происходит интенсивнее, чем в случае ВТМО, поэтому сопротивление деформации аустенита весьма велико, а значит, и оборудование использовать нужно более мощное, а оно не всегда есть</p>	4
---	---

Учебно-методическая литература: 2, 5

### 3.2 Лабораторные

Наименование раздела дисциплины (модуля)/ Тема и содержание	Трудоемкость (кол-во часов)
<b>1. Термическая обработка</b>	<b>18</b>
<b>Формируемые компетенции, образовательные результаты:</b> ПК-6: 3.1 (ПК.6.1), У.1 (ПК.6.2), У.2 (ПК.6.2), У.3 (ПК.6.2), В.1 (ПК.6.3)	
<p>1.1. Подбор режима закалки и закалка углеродистой стали</p> <p>. ЦЕЛЬ РАБОТЫ 1.1. Научиться определять оптимальную температуру нагрева сталей под закалку методом пробной закалки Изучить влияние на структуру и твердость стали: температуры нагрева под закалку; температуры отпуска Изучить влияние на твердость стали при закалке: скорости охлаждения (вида охлаждающей среды); содержания углерода в стали.</p> <p>2. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ 2.1. Ознакомление с методическими указаниями к лабораторной работе и поставленной задачей Закалка образцов из углеродистой стали 40 с нагревом до различных температур и охлаждением в воде и измерение твердости Закалка образцов из углеродистой стали 40 с охлаждением, с различной скоростью и измерение твердости Закалка образцов из углеродистых сталей с различным содержанием углерода и измерение твердости Отпуск образцов из стали 40, закаленных с оптимальной температурой нагрева и измерение твердости.</p> <p>2.6. Построение графических зависимостей <math>HB = f(t_{зак})</math>; <math>HB = f(\%C)</math>; <math>HB = f(t_{отп})</math> Изучение микроструктур углеродистой стали 40 после различных температур закалки и отпуска. 2.8. Выводы по работе (о влиянии закалки и отпуска на структуру и свойства углеродистой стали). 3. ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СТАЛИ Термической обработкой называют технологические процессы, состоящие из нагрева, выдержки и охлаждения стальных деталей с целью изменения их структуры и свойств. Это один из самых распространенных в технике и самых эффективных способов изменения структуры и свойств сталей и сплавов, обусловленных протеканием различных фазовых превращений.</p> <p>Учебно-методическая литература: 3, 4</p>	6
<p>1.2. Подбор режима отпуска и отпуск после закалки углеродистой стали</p> <p>. ЦЕЛЬ РАБОТЫ 1.1. Научиться определять оптимальную температуру нагрева сталей под закалку методом пробной закалки Изучить влияние на структуру и твердость стали: температуры нагрева под закалку; температуры отпуска Изучить влияние на твердость стали при закалке: скорости охлаждения (вида охлаждающей среды); содержания углерода в стали. 2. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ 2.1. Ознакомление с методическими указаниями к лабораторной работе и поставленной задачей Закалка образцов из углеродистой стали 40 с нагревом до различных температур и охлаждением в воде и измерение твердости Закалка образцов из углеродистой стали 40 с охлаждением, с различной скоростью и измерение твердости Закалка образцов из углеродистых сталей с различным содержанием углерода и измерение твердости Отпуск образцов из стали 40, закаленных с оптимальной температурой нагрева и измерение твердости. 2.6. Построение графических зависимостей <math>HB = f(t_{зак})</math>; <math>HB = f(\%C)</math>; <math>HB = f(t_{отп})</math> Изучение микроструктур углеродистой стали 40 после различных температур закалки и отпуска. 2.8. Выводы по работе (о влиянии закалки и отпуска на структуру и свойства углеродистой стали). 3. ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СТАЛИ Термической обработкой называют технологические процессы, состоящие из нагрева, выдержки и охлаждения стальных деталей с целью изменения их структуры и свойств. Это один из самых распространенных в технике и самых эффективных способов изменения структуры и свойств сталей и сплавов, обусловленных протеканием различных фазовых превращений.</p> <p>Учебно-методическая литература: 3, 4</p>	6

### 1.3. Определение прокаливаемости сталей

6

Закаливаемость и прокаливаемость. Закаливаемость зависит от массовой доли углерода в стали. Чем больше массовая доля углерода в стали, тем выше способность к закаливаемости этой стали. Закалку не воспринимают стали с массовой долей углерода до 0,3 %, а также углеродистые конструкционные стали обыкновенного качества по ГОСТ 380—2005, так как в этой группе сталей углерод колеблется в широких пределах. Учитывая, что выбор температуры для закалки осуществляется в зависимости от массовой доли углерода, а в сталях обыкновенного качества мы не можем точно определить его содержание, эта группа сталей закалке не подвергается. Закалке подвергаются углеродистые конструкционные качественные и легированные стали с массовой долей углерода от 0,3 % и выше и все инструментальные стали. Под прокаливаемостью сталей понимают глубину закалки, т. е. способность в процессе закалки образовывать микроструктуры мартенсита, троостита или сорбита.

Прокаливаемость зависит от критической скорости охлаждения и, как следствие этого, от устойчивой способности аустенита не изменять своей микроструктуры. Структура аустенита, остающаяся в холодном состоянии, получила название переохлажденного аустенита.

Если критическая скорость охлаждения детали по всему сечению будет равна, то деталь будет иметь сквозную прокаливаемость, т. е. по всему сечению будет структура мартенсита. Если скорость охлаждения по всему сечению будет уменьшаться к сердцевине, то в сердцевине будет феррит, феррит + перлит, сорбит или троостит. Сердцевина деталей большого сечения практически закалку не воспринимает, так как скорость охлаждения сердцевины будет медленная, естественная.

Все легирующие элементы повышают прокаливаемость. Например, никель способствует значительному увеличению прокаливаемости и закаливаемости.

Марганец, хром, вольфрам и молибден повышают температуру закалки и отпуска, а также увеличивают прокаливаемость и закаливаемость деталей и инструмента, поэтому все легированные стали, подвергаемые закалке, имеют высокую прокаливаемость, а углеродистые стали имеют более низкую прокаливаемость. При сквозной закалке по всему сечению твердость детали будет одинакова. При несквозной закалке она будет уменьшаться от поверхности к сердцевине. У поверхности деталь будет иметь структуру мартенсита, а у сердцевины структуру троостита. Чем меньше массовая доля углерода в стали, тем больше структуры троостита и меньше твердость, и наоборот.

Прокаливаемость деталей при закалке оценивается критическим параметром. Этот параметр представляет собой максимальный диаметр (сечение) деталей, в сердцевине которого будет полумартенситная структура закалки. Обычно для углеродистых конструкционных и инструментальных сталей критический параметр составляет 10 ... 20 мм, а для легированных сталей — до 100 мм и более (в зависимости от массовой доли углерода и легирующих элементов). Кроме того, прокаливаемость зависит от охлаждающей среды. Вода дает более высокую прокаливаемость, чем масло.

Сталь с массовой долей углерода 0,2 % (охлаждение в воде) после закалки будет иметь твердость 25 HRC, а сталь с массовой долей углерода 0,5 % после закалки будет иметь твердость 45 HRC. Следовательно, чем больше углерода в стали, тем выше твердость детали, получаемой при закалке, и, следовательно, больше глубина прокаливаемости. Для определения глубины прокаливаемости углеродистых инструментальных сталей готовят образцы после высокого отпуска квадратного или круглого сечений (21 ... 23 мм) длиной 100 мм. Посередине образцов делается надрез глубиной 5 ... 7 мм. Готовые образцы закаливают при следующих температурах: 760; 800; 840 °C. Закаленные образцы разрушают на маятниковых копрах (или в прессе). По состоянию и виду излома определяют глубину прокаливаемости (закаленного слоя) или непрокаливаемости (незакаленного слоя), перегрев или закалочные трещины.

По стандартной шкале определяют группу (или балл) глубины прокаливаемости закаленных образцов при различных температурах. В стандартной шкале каждой группе (от 0 до V) соответствуют глубины прокаливаемости от 0,3 мм до 9 мм, сквозная прокаливаемость, вязкая сердцевина, незакаленная зона и закалочные трещины. Все это определяется визуально по излому образцов. Кроме того, по излому образцов можно определить структуру закалки (мартенсит, полумартенсит, троостит, сорбит) или незакаленную зону (перлит или феррит + перлит).

Учебно-методическая литература: 1, 4

## 2. Химико-термическая обработка

18

### Формируемые компетенции, образовательные результаты:

ПК-6: 3.1 (ПК.6.1), У.1 (ПК.6.2), В.1 (ПК.6.3), У.3 (ПК.6.2), У.2 (ПК.6.2)

<p>2.1. Химико-термическая обработка (цементация).</p> <p>Цианирование стали – один из способов улучшения физико-химических свойств металла. Применение метода необходимо, когда нужно повысить прочность, твердость, сопротивляемость коррозии, износостойчивость поверхностного слоя стали, сделать ее более стойкой к естественному старению. Первоочередная цель цианирования лежит в укреплении поверхностного слоя стали различных деталей, придании ему более высокого предела выносливости, так как этот слой подвержен наибольшим нагрузкам во время эксплуатации механизмов, конструкций. Насыщение поверхностного слоя металла углеродом и азотом принято применять из-за их быстрого проникновения, когда они взаимодействуют одновременно. Методом цианирования можно обрабатывать следующие виды металла: любые нержавеющие стали; сплавы стальные легированные либо те, где нет присутствия легирующих компонентов, стали с концентрацией углерода средних показателей; стали конструкционного назначения, где присутствует мало углерода. Высокотемпературное цианирование выполняют при рабочей температуре порядка 800–900 градусов по Цельсию. Здесь сталь насыщается преимущественно углеродом с численным показателем процентного содержания в слое от 0.6 до 1.2% (цементация жидкостная). Азот присутствует в таком процентном соотношении – 0.2–0.6%. Образованный укрепленный слой может быть толщиной от 2 до 0.15 миллиметров.</p> <p>Учебно-методическая литература: 2, 5</p>	6
<p>2.2. Химико-термическая обработка (азотирование).</p> <p>Азотирование, в процессе выполнения которого поверхностный слой стального изделия насыщается азотом, стало использоваться в промышленных масштабах относительно недавно. Такой метод обработки, предложенный к использованию академиком Н.П. Чижевским, позволяет улучшить многие характеристики изделий, изготовленных из стальных сплавов.</p> <p>Азотирование стали, если сравнивать его с таким популярным методом обработки данного металла, как цементация, отличается рядом весомых преимуществ. Именно поэтому данная технология стала применяться в качестве основного способа улучшения качественных характеристик стали.</p> <p>При азотировании стальное изделие не подвергается значительному термическому воздействию, при этом твердость его поверхностного слоя значительно увеличивается. Важно, что размеры азотируемых деталей не изменяются. Это позволяет применять такой метод обработки для стальных изделий, которые уже прошли закалку с высоким отпуском и отшлифованы до требуемых геометрических параметров. После выполнения азотирования, или азотации, как часто называют этот процесс, сталь можно сразу подвергать полировке или другим методам финишной обработки.</p> <p>Учебно-методическая литература: 2, 5</p>	6

### 2.3. Химико-термическая обработка (нитроцементация).

6

Нитроцементация укрепляет сталь путем воздействия на нее углерода и азота, точнее, введения этих молекул в кристаллическую решетку поверхностного слоя. Весь этот процесс происходит под воздействием высоких температур в среде цианистых солей натрия, окисление которого приводит к выделению углерода и азота. Насколько глубоко проникнут цементирующие вещества в структуру металла и какая степень концентрации образуется, зависит от выбранной температуры проведения операции и временного интервала воздействия. Нитроцементация и цианирование стали – операции, преследующие одну цель, но проходящие в разных средах.

Нитроцементация – это насыщение изделия из стали углеродом и азотом, которое протекает в среде из газа цементирующего с добавлением аммиака диссоциированного. Меняя состав газа и температуру, при которой происходит процесс нитроцементации, можно влиять на процентное содержание углерода и азота в получаемом слое.

Толщину слоя также можно контролировать за счет выбора температуры и времени выдержки. Процесс нитроцементации представляет собой диффузию. Первый метод нитроцементации применяют в условиях температуры от 830 до 950 градусов по Цельсию. В этом случае используют аммиак в повышенных дозах. После операции над изделием проводят мероприятие по закалке с отпуском низким. Твердость, которая достигается в результате, соответствует 62–56 HRC. Стали, в основном подвергаемые нитроцементации, – это углеродистые (из них изготавливают детали машиностроения) и низколегированные металлы. Метод нитроцементации низкотемпературный подразумевает применение термической среды в пределах 530–570 градусов продолжительностью не более 3 и не менее 1.5 часов, предварительно выполняют закалку и отпуск деталей. Полученный твердый слой имеет толщину от 0.004 до 0.02 миллиметра с крепостью 1200–900 HV. Процесс нитроцементации – самый безопасный и передовой метод укрепления стали углеродом и азотом. По сравнению с обычным цементированием он имеет ряд преимуществ: быстрее происходит поверхностная диффузия; нет необходимости в подготовке; металл при нитроцементации не подвергается сильному перегреву, и, как следствие, не происходит изменение кристаллической решетки; заготовки менее подвержены деформации; после прохождения обработки последующее закаливание и отпуск проходят более качественно; нитроцементация – самый дешевый способ укрепления стали, поэтому ее повсеместно используют в машиностроении. Всем, кто имеет представление, практические навыки или профессионально занимается нитроцементацией стальных изделий, просьба поддержать в комментариях тему, так как больше достоверной информации необходимо для понимания процесса.

Учебно-методическая литература: 2, 5

### 3.3 Практические

Наименование раздела дисциплины (модуля)/ Тема и содержание	Трудоемкость (кол-во часов)
<b>1. Термическая обработка</b>	<b>6</b>
<b>Формируемые компетенции, образовательные результаты:</b>	
ПК-6: 3.1 (ПК.6.1), У.1 (ПК.6.2), У.2 (ПК.6.2), У.3 (ПК.6.2), В.1 (ПК.6.3)	

<p>1.1. Расчет времени нагрева под закалку углеродистой стали и ее отпуск.</p> <p><b>ЦЕЛЬ РАБОТЫ</b> 1.1. Научиться определять оптимальную температуру нагрева сталей под закалку методом пробной закалки Изучить влияние на структуру и твердость стали: температуры нагрева под закалку; температуры отпуска Изучить влияние на твердость стали при закалке: скорости охлаждения (вида охлаждающей среды); содержания углерода в стали.</p> <p><b>2.СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ</b> 2.1. Ознакомление с методическими указаниями к лабораторной работе и поставленной задачей Закалка образцов из углеродистой стали 40 с нагревом до различных температур и охлаждением в воде и измерение твердости Закалка образцов из углеродистой стали 40 с охлаждением, с различной скоростью и измерение твердости Закалка образцов из углеродистых сталей с различным содержанием углерода и измерение твердости Отпуск образцов из стали 40, закаленных с оптимальной температурой нагрева и измерение твердости.</p> <p>2.6.Построение графических зависимостей <math>HB = f(t_{зак})</math>; <math>HB = f(\%C)</math>; <math>HB = f(t_{отп})</math></p> <p>Изучение микроструктур углеродистой стали 40 после различных температур закалки и отпуска. 2.8.Выводы по работе (о влиянии закалки и отпуска на структуру и свойства углеродистой стали). 3. ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СТАЛИ Термической обработкой называют технологические процессы, состоящие из нагрева, выдержки и охлаждения стальных деталей с целью изменения их структуры и свойств. Это один из самых распространенных в технике и самых эффективных способов изменения структуры и свойств сталей и сплавов, обусловленных протеканием различных фазовых превращений.</p> <p>Учебно-методическая литература: 3, 4</p>	6
<b>2. Химико-термическая обработка</b>	<b>18</b>
<p><b>Формируемые компетенции, образовательные результаты:</b></p> <p>ПК-6: 3.1 (ПК.6.1), У.1 (ПК.6.2), В.1 (ПК.6.3), У.3 (ПК.6.2), У.2 (ПК.6.2)</p>	

## 2.1. Предварительная термомеханическая обработка

6

### Предварительная термомеханическая обработка (ПТМО)

Сущность ПТМО заключается в том, что полуфабрикат, полученный после горячей деформации в нерекристаллизованном состоянии, сохраняет нерекристаллизованную структуру и при нагреве под закалку. ПТМО отличается от ВТМО тем, что операции горячей деформации и нагрева под закалку разделены (смотрите рисунок Схемы термомеханической обработки стареющих сплавов).

ПТМО широко применяют в технологии производства полуфабрикатов из алюминиевых сплавов. Давно было известно, что прессованные полуфабрикаты из сплавов типа дуралюмин, авиааль и др. отличаются значительно более высокой прочностью, чем катаные и кованые. Это явление было названо прессэффектом.

Разница в прочности обусловлена тем, что прессованные полуфабрикаты после закалки имели нерекристаллизованную структуру, а катаные и кованые — рекристаллизованную. Позже оказалось, что горячекатаные листы и штамповки из ряда сплавов после закалки также находятся в нерекристаллизованном состоянии и характеризуются повышенной прочностью.

Вместо терминов пресс-эффект, прокат-эффект и т. п. В. И. Добаткин предложил обобщающий термин структурное упрочнение, под которым понимается повышение прочности термически обработанных полуфабрикатов, обусловленное сохранением после закалки нерекристаллизованной структуры. Свойства сплава в состоянии структурного упрочнения обычно сравнивают со свойствами того же сплава в рекристаллизованном состоянии.

Прирост пределов прочности и текучести вследствие сохранения нерекристаллизованной структуры у стареющих алюминиевых сплавов составляет от 10 до 40%. Этот прирост проявляется уже в свежезакаленном состоянии из-за повышенной плотности несовершенств (дислокаций, связанных в субграницы, и одиночных дислокаций).

Старение нерекристаллизованного сплава дает большее упрочнение, увеличивая разницу в свойствах рекристаллизованного и нерекристаллизованного полуфабриката. Пластичность же выше у сплавов в рекристаллизованном состоянии. Поэтому полуфабрикаты выпускают с рекристаллизованной структурой и повышенной пластичностью, а также и с полигонизованной структурой и повышенной прочностью. Например, у дуралюминиевых прутков Д1Р  $\sigma_b \geq 38 \text{ кгс/мм}^2$  и  $\delta \geq 14\%$ , а у прутков Д1ПП  $\sigma_b \geq 43 \text{ кгс/мм}^2$  и  $\delta \geq 10\%$ .

Получению нерекристаллизованной структуры во время горячей деформации при ПТМО, как и при ВТМО, способствуют повышение температуры и уменьшение скорости деформирования, снижение степени деформации и приближение схемы деформаций к схеме всестороннего сжатия. В алюминиевых сплавах, как уже отмечалось, интенсивно развивается полигонизация, создающая стабильную сетку субграниц, и поэтому в них легко получить нерекристаллизованную структуру, особенно при прессовании.

Учебно-методическая литература: 2, 5

<p>2.2. Выбор материала для химико-термической обработки</p> <p>Процессы химико-термической обработки состоят из трех стадий : -диссоциации, которая заключается в распаде молекул и образовании активных атомов диффундирующего элемента. Например, диссоциации окиси углерода <math>2\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{C}</math> или аммиака <math>2\text{HN}_3 \rightarrow 3\text{H}_2 + 2\text{N}</math>; -адсорбции, т.е. контактирования атомов диффундирующего элемента с поверхностью стального изделия и образования химических связей с атомами металла; -диффузии, т.е. проникновения насыщающего элемента в глубь металла. Скорость диффузии при проникновении диффундирующих атомов в решетку растворителя будет выше, если при взаимодействии образуется твердые растворы внедрения, и значительно ниже, если образуются твердые растворы замещения. Концентрация диффундирующего элемента на поверхности зависит от притока атомов этого элемента к поверхности и от скорости диффузионных процессов, т.е. отвода этих атомов в глубь металла. Толщина диффузационного слоя зависит от температуры нагрева, продолжительности выдержки при насыщении и концентрации диффундирующего элемента на поверхности. Чем выше концентрация диффундирующего элемента на поверхности детали, тем выше толщина слоя. Чем выше температура процесса, тем больше скорость диффузии атомов, а следственно, возрастает толщина диффузационного слоя. Границы зерен являются участками, где диффузионные процессы облегчают изза наличия большого числа дефектов кристаллического строения. Если растворимость диффундирующего элемента в металле мала, то часто наблюдается преимущественная диффузия по границам зерен. При значительной растворимости диффундирующего элемента в металле роль пограничных слоев уменьшается. В момент фазовых превращений диффузия протекает быстрее. В промышленности применяют множество способов химико-термической обработки, различающихся диффундирующими элементами, типом и составом 2 внешней среды, химизмом процессов в ней, техникой исполнения и другими признаками.</p> <p>Учебно-методическая литература: 2, 5</p>	6
<p>2.3. Разработка технологического процесса химико-термической обработки</p> <p>Методическая разработка учебного занятия по дисциплине «Материаловедение» на тему «Химико-термическая обработка сплавов» представляет собой подробный план - конспект урока в форме семинарско-практического занятия с применением активных методов обучения и использованием коммуникативной методики, а также с использованием информационно-коммуникационных технологий.</p> <p>Данное занятие способствует развитию информационной и коммуникативной компетенции, развитию качества личности: любопытство и любознательность через занимательный материал; трудолюбие и аккуратность через работу в таблицах, с учебником, интернетом, развитию мыслительных операций: сосредоточить внимание через занимательный материал; память через работу с понятиями; умение сравнивать через сопоставление объектов; умение обобщать через привлечение учащихся к формулировке выводов по занятию.</p> <p>На занятии студенты закрепляют полученные ранее знания по теме, формируется умение применять полученные знания на практике, развиваются проектировочные, конструктивные умения будущих специалистов. Основной задачей занятия являлось создание условий для проявления познавательной активности студентов, развитие индивидуальных особенностей. Такая форма занятия активизирует познавательную деятельность студентов, помогает им проявить свои творческие и интеллектуальные способности, воспитывает культуру общения.</p> <p>Порядок выполнения задания занятия</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Задать способ изготовления заготовки детали. (Заготовка литая, кованая, катаная и др. варианты).</li> <li>2. Описать процесс термической обработки заготовки перед механической обработкой, с указанием температурных режимов, графиков термической обработки (в координатах температура-время) и изображением макро- и микроструктуры заготовки до и после предварительной термической обработки.</li> <li>3. Описать процесс термической обработки заданной детали для придания ей оптимальных эксплуатационных свойств.</li> <li>4. Представить график заключительной термической обработки и указать на нем температуры термической обработки и вид охлаждения.</li> <li>5. Схематически изобразить микроструктуру детали на разных этапах термической обработки.</li> </ol> <p>Учебно-методическая литература: 2, 5</p>	6

### 3.4 СРС

Наименование раздела дисциплины (модуля)/ Тема для самостоятельного изучения	Трудоемкость (кол-во часов)
<b>1. Термическая обработка</b>	<b>72</b>
<b>Формируемые компетенции, образовательные результаты:</b> ПК-6: 3.1 (ПК.6.1), У.1 (ПК.6.2), У.2 (ПК.6.2), У.3 (ПК.6.2), В.1 (ПК.6.3)	
<p>1.1. Введение. Основные понятия термической обработки.</p> <p><b>Задание для самостоятельного выполнения студентом:</b></p> <p>Общие положения термической обработки.</p> <p>Термическая обработка – это один из широко применяемых методов улучшения свойств металлических материалов и изделий из них. Под термической обработкой понимают процесс тепловой обработки, при котором заданные физико-механические свойства достигаются за счет изменения кристаллической структуры. Термической обработке подвергаются стали, чугуны и некоторые сплавы цветных металлов.</p> <p>Таким образом, целью любого процесса термической обработки является изменение структуры и свойств металла, которое будет определяться основными факторами воздействия: - это температура и время.</p> <p>К основным параметрам режима термической обработки относятся:</p> <p>максимальная температура нагрева;</p> <p>время выдержки при температуре нагрева;</p> <p>скорость нагрева;</p> <p>и скорость охлаждения.</p> <p><b>Виды термической обработки</b></p> <p>Для изменения свойств сплава необходимо, чтобы в результате Т/О в сплаве произошли остающиеся изменения, обусловленные фазовыми превращениями.</p> <p>Все виды Т/О можно разделить на 4 основные группы:</p> <p>1 группа. Отжиг первого рода – это нагрев металла, который в результате какой-либо предшествующей обработки (например, холодной пластической деформации) получил неустойчивое состояние, и приводящий его в более устойчивое состояние.</p> <p>2 группа. Отжиг второго рода, или фазовая перекристаллизация – это нагрев выше температуры фазового превращения (эвтектоидное превращение, растворение второй фазы) и охлаждение с малой скоростью. В результате сплав приобретает равновесную структуру.</p> <p>3 группа. Закалка - нагрев выше температуры фазового превращения с последующим быстрым охлаждением для получения структурно неустойчивого состояния сплава.</p> <p>4 группа. Отпуск и старение – это нагрев закаленного сплава ниже температуры равновесных фазовых превращений для получения более устойчивого структурного состояния.</p> <p>Учебно-методическая литература: 1, 4</p>	4

<p>1.2. Основные превращения при термической обработке</p> <p><b>Задание для самостоятельного выполнения студентом:</b></p> <p>Превращения при термической обработке стали.</p> <p>Основой для изучения термической обработки стали является диаграмма железо – цементит (область сталей). Верхней температурной границей при термической обработке является линия солидуса.</p> <p>Температуры равновесных превращений (критические точки) принято обозначать буквой А с соответствующим индексом.</p> <p>Эвтектоидную температуру (линия PSK) обозначают А1 (727оС), температуру магнитного превращения А2 (точка Кюри 768оС), температуру линии GS – А3, температуру полиморфного превращения <math>Fe\gamma \rightarrow Fe\delta</math> – А4, температуру линии SE – Асм.</p> <p>Вследствие гистерезиса температуры превращений при нагреве всегда выше соответствующих температур при охлаждении, поэтому введена дополнительная индексация – при нагреве – индекс с, при охлаждении – индекс г.</p> <p>Четыре основных превращения при термической обработке в стали</p> <p>При термической обработке стали наблюдаются следующие превращения:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Превращение перлита в аустенит, протекающее выше точки А1.  <math>\alpha + Fe_3C \rightarrow \gamma</math></li> <li>2. Превращение аустенита в перлит, протекающее ниже А1  <math>\gamma \rightarrow \alpha + Fe_3C</math></li> <li>3. Превращение аустенита в мартенсит:  <math>\gamma \rightarrow M</math></li> <li>4. Превращение мартенсита в перлит (в ферритокарбидную смесь):  <math>M \rightarrow \alpha + Fe_3C</math></li> </ol> <p>Учебно-методическая литература: 1, 4</p>	4
<p>1.3. Термическая обработка углеродистой стали</p> <p><b>Задание для самостоятельного выполнения студентом:</b></p> <p>Режимы закалки. Нагрев сталей:</p> <p><input type="checkbox"/> доэвтектоидной до <math>Ac_3</math> + (30 – 50оС)</p> <p><input type="checkbox"/> эвтектоидной до <math>Ac_1+</math> (30 – 50оС)</p> <p><input type="checkbox"/> заэвтектоидной до <math>Ac_1+</math> (30 – 50оС)</p> <p>Структурные превращения в доэвтектоидной стали при закалке</p> <p>Нагрев выше температуры <math>Ac_3</math> на 30 – 50оС при полной закалке позволяет получить мелкозернистый аустенит и, соответственно, после охлаждения – мелкокристаллический мартенсит.</p> <p>Нагрев выше температуры <math>Ac_1</math> на 30 – 50оС при неполной закалке приводит к сохранению в структуре кристаллов доэвтектоидного феррита, что снижает твердость и прочность стали.</p> <p>Структурные превращения в заэвтектоидной стали</p> <p>Нагрев заэвтектоидной стали выше температуры <math>Ac_1</math> на (30 – 50оС) при неполной закалке приводит к образованию структуры мартенсита с включениями вторичного цементита. Кристаллы цементита тверже кристаллов мартенсита, поэтому твердость стали выше, чем при полной закалке.</p> <p>Заэвтектоидные стали предварительно подвергают сфероидизации, поэтому избыточный <math>Fe_3CII</math> округлой формы не вызывает снижения вязкости.</p> <p>Нагрев выше температуры <math>Ac_m</math> при полной закалке приводит к укрупнению зерна аустенита, а в результате быстрого охлаждения – к образованию крупноигольчатого мартенсита с повышенным количеством остаточного аустенита. В этом случае твердость и прочность стали будут ниже, чем при неполной закалке.</p> <p>Для получения мартенситной структуры необходимо переохладить аустенит до <math>M_n</math>, следовательно, скорость охлаждения должна превышать критическую скорость закалки <math>V_{kr}</math></p> <p>Учебно-методическая литература: 3, 4</p>	4

1.4. Закалка углеродистой стали

4

**Задание для самостоятельного выполнения студентом:**

Обычно для закалки используют жидкости – воду, водные растворы солей и щелочей, подогретые масла.

Для углеродистых сталей критическая скорость закалки находится в пределах 1400-400 оС/сек., т.е. необходимо очень резкое охлаждение, поэтому в качестве охлаждающей среды используют холодную воду или воду с добавлением соли или едкого натра.

Многие легированные стали приобретают мартенситную структуру при охлаждении в холодных или подогретых минеральных маслах ( $\approx 100$  оС/сек), а высоколегированные – на воздухе ( $\approx 10$  оС/сек). Для предотвращения коробления деталей применяют закалку в двух средах, или ступенчатую закалку.

На рис. показана схема превращения аустенита в стали У8 при охлаждении с различными скоростями. При охлаждении вместе с печью аустенит превращается в пластинчатый перлит, причем это превращение проходит почти при постоянной температуре ( $723^\circ$ ). При охлаждении на воздухе аустенит превращается в структуру – сорбит, при охлаждении в горячем масле — в троостит. При охлаждении в воде аустенит сохраняется в стали до температуры примерно  $200^\circ$  и затем мгновенно превращается в мартенсит.

В сталях с большим содержанием углерода аустенит не полностью превращается в мартенсит, а частично сохраняется, образуя остаточный аустенит.

Учебно-методическая литература: 3, 4

## 1.5. Виды и режимы термической обработки

4

### **Задание для самостоятельного выполнения студентом:**

Виды термической обработки (Т/О) стали.

#### Отжиг

Отжиг I рода. После отливки, прокатки и ковки стальные заготовки охлаждаются неравномерно, результатом чего является неоднородность структуры и свойств в различных местах заготовок, а также появление внутренних напряжений. Кроме того, при затвердевании отливки получаются неоднородными по составу вследствие ликвации (неоднородность состава по объему кристалла). Для получения более равновесной структуры полуфабрикаты или детали подвергают отжигу I рода (нагрев для снятия остаточных напряжений, рекристаллизационный отжиг, диффузионный отжиг).

Полный отжиг (или отжиг II рода) связан с фазовой перекристаллизацией. Это нагрев выше критических температур, выдержка при данной температуре и медленное охлаждение (обычно вместе с печью).

#### Нормализация

При нормализации сталь охлаждается не в печи, как при отжиге, а на воздухе.

Цель: для доэвтектоидных и эвтектоидных сталей та же, что и полного отжига – устранение крупнозернистой структуры, выравнивание механических свойств.

В заэвтектоидных сталях нормализация устраняет цементитную сетку в результате ускоренного охлаждения на воздухе.

Нагревание ведется до полной перекристаллизации (на 30-50° выше точек Ac3 и Act), в результате сталь приобретает мелкозернистую и однородную структуру.

Твердость и прочность стали после нормализации выше, чем после отжига.

Структура низкоуглеродистой стали после нормализации феррито-перлитная, такая же, как и после отжига, а у средне- и высокоуглеродистой стали – сорбитная. Поэтому нормализация может заменить для первой – отжиг, а для второй – закалку с высоким отпуском. Часто нормализацией подготавливают сталь для закалки. Термическую обработку некоторых марок углеродистой и легированных сталей заканчивают нормализацией.

Режим т/о: Нагрев сталей:

- доэвтектоидной до Ac3 + (30 – 50°C)
- эвтектоидной до Ac1+ (30 – 50°C)
- заэвтектоидной до Act+ (30 – 50°C)

Затем выдержка и охлаждение на воздухе.

#### Закалка

После механической обработки изделие, как правило, подвергают упрочняющей т/о. Наиболее распространенным видом упрочняющей т/о углеродистых сталей является закалка с последующим отпуском.

Закалка – процесс нагрева стали выше Ac3 или Act (полная закалка) или Ac1 (неполная закалка) на (30 – 50°C) с последующим быстрым охлаждением.

Цель закалки – получение высокой твердости и заданных физико-механических свойств.

Учебно-методическая литература: 1, 3, 4

## 1.6. Прокаливаемость и закаливаемость стали

4

### **Задание для самостоятельного выполнения студентом:**

Способность стали закаливаться на определенную глубину называется прокаливаемостью. Прокаливаемость зависит от химического состава стали (наличия легирующих элементов), размеров детали и условий охлаждения. Чем больше устойчивость переохлажденного аустенита, тем больше прокаливаемость.

Характеристикой прокаливаемости является критический диаметр, т.е. максимальный диаметр цилиндрического прутка, который прокаливается полностью в охлаждающей среде.

Прокаливаемость зависит от критической скорости охлаждения и, как следствие этого, от устойчивой способности аустенита не изменять своей микроструктуры. Структура аустенита, остающаяся в холодном состоянии, получила название переохлажденного аустенита.

Если критическая скорость охлаждения детали по всему сечению будет равна, то деталь будет иметь сквозную прокаливаемость, т. е. по всему сечению будет структура мартенсита. Если скорость охлаждения по всему сечению будет уменьшаться к сердцевине, то в сердцевине будет феррит, феррит + перлит, сорбит или троостит. Сердцевина деталей большого сечения практически закалку не воспринимает, так как скорость охлаждения сердцевины будет медленная, естественная.

Все легирующие элементы повышают прокаливаемость. Например, никель способствует значительному увеличению прокаливаемости и закаливаемости.

Марганец, хром, вольфрам и молибден повышают температуру закалки и отпуска, а также увеличивают прокаливаемость и закаливаемость деталей и инструмента, поэтому все легированные стали, подвергаемые закалке, имеют высокую прокаливаемость, а углеродистые стали имеют более низкую прокаливаемость. При сквозной закалке по всему сечению твердость детали будет одинакова. При несквозной закалке она будет уменьшаться от поверхности к сердцевине. У поверхности деталь будет иметь структуру мартенсита, а у сердцевины структуру троостита. Чем меньше массовая доля углерода в стали, тем больше структуры троостита и меньше твердость, и наоборот.

Прокаливаемость деталей при закалке оценивается критическим параметром. Этот параметр представляет собой максимальный диаметр (сечение) деталей, в сердцевине которого будет полумартенситная структура закалки. Обычно для углеродистых конструкционных и инструментальных сталей критический параметр составляет 10 ... 20 мм, а для легированных сталей — до 100 мм и более (в зависимости от массовой доли углерода и легирующих элементов). Кроме того, прокаливаемость зависит от охлаждающей среды. Вода дает более высокую прокаливаемость, чем масло.

Сталь с массовой долей углерода 0,2 % (охлаждение в воде) после закалки будет иметь твердость 25 HRC, а сталь с массовой долей углерода 0,5 % после закалки будет иметь твердость 45 HRC. Следовательно, чем больше углерода в стали, тем выше твердость детали, получаемой при закалке, и, следовательно, больше глубина прокаливаемости. Для определения глубины прокаливаемости углеродистых инструментальных сталей готовят образцы после высокого отпуска квадратного или круглого сечений (21 ... 23 мм) длиной 100 мм. Посередине образцов делается надрез глубиной 5 ... 7 мм. Готовые образцы закаливают при следующих температурах: 760; 800; 840 °C. Закаленные образцы разрушают на маятниковых копрах (или в прессе). По состоянию и виду излома определяют глубину прокаливаемости (закаленного слоя) или непрокаливаемости (незакаленного слоя), перегрев или закалочные трещины.

По стандартной шкале определяют группу (или балл) глубины прокаливаемости закаленных образцов при различных температурах. В стандартной шкале каждой группе (от 0 до V) соответствуют глубины прокаливаемости от 0,3 мм до 9 мм, сквозная прокаливаемость, вязкая сердцевина, незакаленная зона и закалочные трещины. Все это определяется визуально по излому образцов. Кроме того, по излому образцов можно определить структуру закалки (мартенсит, полумартенсит, троостит, сорбит) или незакаленную зону (перлит или феррит + перлит).

Учебно-методическая литература: 1, 3, 4

<p>1.7. Подбор режима закалки и закалка углеродистой стали</p> <p><b>Задание для самостоятельного выполнения студентом:</b></p> <p>ЦЕЛЬ РАБОТЫ 1.1. Научиться определять оптимальную температуру нагрева сталей под закалку методом пробной закалки Изучить влияние на структуру и твердость стали: температуры нагрева под закалку; температуры отпуска Изучить влияние на твердость стали при закалке: скорости охлаждения (вида охлаждающей среды); содержания углерода в стали.</p> <p>2.СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ 2.1. Ознакомление с методическими указаниями к лабораторной работе и поставленной задачей Закалка образцов из углеродистой стали 40 с нагревом до различных температур и охлаждением в воде и измерение твердости Закалка образцов из углеродистой стали 40 с охлаждением, с различной скоростью и измерение твердости Закалка образцов из углеродистых сталей с различным содержанием углерода и измерение твердости Отпуск образцов из стали 40, закаленных с оптимальной температурой нагрева и измерение твердости.</p> <p>2.6.Построение графических зависимостей <math>HB = f(t \text{ зак })</math>; <math>HB = f(\%C)</math>; <math>HB = f(t \text{ отп })</math> Изучение микроструктур углеродистой стали 40 после различных температур закалки и отпуска. 2.8.Выводы по работе (о влиянии закалки и отпуска на структуру и свойства углеродистой стали). 3. ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СТАЛИ Термической обработкой называют технологические процессы, состоящие из нагрева, выдержки и охлаждения стальных деталей с целью изменения их структуры и свойств. Это один из самых распространенных в технике и самых эффективных способов изменения структуры и свойств сталей и сплавов, обусловленных протеканием различных фазовых превращений.</p> <p>Учебно-методическая литература: 1, 3, 4</p>	12
<p>1.8. Подбор режима отпуска и отпуск после закалки углеродистой стали</p> <p><b>Задание для самостоятельного выполнения студентом:</b></p> <p>ЦЕЛЬ РАБОТЫ 1.1. Научиться определять оптимальную температуру нагрева сталей под закалку методом пробной закалки Изучить влияние на структуру и твердость стали: температуры нагрева под закалку; температуры отпуска Изучить влияние на твердость стали при закалке: скорости охлаждения (вида охлаждающей среды); содержания углерода в стали.</p> <p>2.СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ 2.1. Ознакомление с методическими указаниями к лабораторной работе и поставленной задачей Закалка образцов из углеродистой стали 40 с нагревом до различных температур и охлаждением в воде и измерение твердости Закалка образцов из углеродистой стали 40 с охлаждением, с различной скоростью и измерение твердости Закалка образцов из углеродистых сталей с различным содержанием углерода и измерение твердости Отпуск образцов из стали 40, закаленных с оптимальной температурой нагрева и измерение твердости.</p> <p>2.6.Построение графических зависимостей <math>HB = f(t \text{ зак })</math>; <math>HB = f(\%C)</math>; <math>HB = f(t \text{ отп })</math> Изучение микроструктур углеродистой стали 40 после различных температур закалки и отпуска. 2.8.Выводы по работе (о влиянии закалки и отпуска на структуру и свойства углеродистой стали). 3. ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СТАЛИ Термической обработкой называют технологические процессы, состоящие из нагрева, выдержки и охлаждения стальных деталей с целью изменения их структуры и свойств. Это один из самых распространенных в технике и самых эффективных способов изменения структуры и свойств сталей и сплавов, обусловленных протеканием различных фазовых превращений.</p> <p>Учебно-методическая литература: 1, 3, 4</p>	12

## 1.9. Определение прокаливаемости сталей

12

### **Задание для самостоятельного выполнения студентом:**

Прокаливаемость зависит от критической скорости охлаждения и, как следствие этого, от устойчивой способности аустенита не изменять своей микроструктуры. Структура аустенита, остающаяся в холодном состоянии, получила название переохлажденного аустенита.

Если критическая скорость охлаждения детали по всему сечению будет равна, то деталь будет иметь сквозную прокаливаемость, т. е. по всему сечению будет структура мартенсита. Если скорость охлаждения по всему сечению будет уменьшаться к сердцевине, то в сердцевине будет феррит, феррит + перлит, сорбит или троостит. Сердцевина деталей большого сечения практически закалку не воспринимает, так как скорость охлаждения сердцевины будет медленная, естественная.

Все легирующие элементы повышают прокаливаемость. Например, никель способствует значительному увеличению прокаливаемости и закаливаемости.

Марганец, хром, вольфрам и молибден повышают температуру закалки и отпуска, а также увеличивают прокаливаемость и закаливаемость деталей и инструмента, поэтому все легированные стали, подвергаемые закалке, имеют высокую прокаливаемость, а углеродистые стали имеют более низкую прокаливаемость. При сквозной закалке по всему сечению твердость детали будет одинакова. При несквозной закалке она будет уменьшаться от поверхности к сердцевине. У поверхности деталь будет иметь структуру мартенсита, а у сердцевины структуру троостита. Чем меньше массовая доля углерода в стали, тем больше структуры троостита и меньше твердость, и наоборот.

Прокаливаемость деталей при закалке оценивается критическим параметром. Этот параметр представляет собой максимальный диаметр (сечение) деталей, в сердцевине которого будет полумартенситная структура закалки. Обычно для углеродистых конструкционных и инструментальных сталей критический параметр составляет 10 ... 20 мм, а для легированных сталей — до 100 мм и более (в зависимости от массовой доли углерода и легирующих элементов). Кроме того, прокаливаемость зависит от охлаждающей среды. Вода дает более высокую прокаливаемость, чем масло.

Сталь с массовой долей углерода 0,2 % (охлаждение в воде) после закалки будет иметь твердость 25 HRC, а сталь с массовой долей углерода 0,5 % после закалки будет иметь твердость 45 HRC. Следовательно, чем больше углерода в стали, тем выше твердость детали, получаемой при закалке, и, следовательно, больше глубина прокаливаемости. Для определения глубины прокаливаемости углеродистых инструментальных сталей готовят образцы после высокого отпуска квадратного или круглого сечений (21 ... 23 мм) длиной 100 мм. Посередине образцов делается надрез глубиной 5 ... 7 мм. Готовые образцы закаливают при следующих температурах: 760; 800; 840 °C. Закаленные образцы разрушают на маятниковых копрах (или в прессе). По состоянию и виду излома определяют глубину прокаливаемости (закаленного слоя) или непрокаливаемости (незакаленного слоя), перегрев или закалочные трещины.

По стандартной шкале определяют группу (или балл) глубины прокаливаемости закаленных образцов при различных температурах. В стандартной шкале каждой группе (от 0 до V) соответствуют глубины прокаливаемости от 0,3 мм до 9 мм, сквозная прокаливаемость, вязкая сердцевина, незакаленная зона и закалочные трещины. Все это определяется визуально по излому образцов. Кроме того, по излому образцов можно определить структуру закалки (мартенсит, полумартенсит, троостит, сорбит) или незакаленную зону (перлит или феррит + перлит).

Учебно-методическая литература: 1, 3, 4

<p>1.10. Расчет времени нагрева под закалку углеродистой стали и ее отпуск.</p> <p><b>Задание для самостоятельного выполнения студентом:</b></p> <p>Виды термической обработки (Т/О) стали.</p> <p><b>Отжиг</b></p> <p>Отжиг I рода. После отливки, прокатки и ковки стальные заготовки охлаждаются неравномерно, результатом чего является неоднородность структуры и свойств в различных местах заготовок, а также появление внутренних напряжений. Кроме того, при затвердевании отливки получаются неоднородными по составу вследствие ликвации (неоднородность состава по объему кристалла). Для получения более равновесной структуры полуфабрикаты или детали подвергают отжигу I рода (нагрев для снятия остаточных напряжений, рекристаллизационный отжиг, диффузионный отжиг).</p> <p>Полный отжиг (или отжиг II рода) связан с фазовой перекристаллизацией. Это нагрев выше критических температур, выдержка при данной температуре и медленное охлаждение (обычно вместе с печью).</p> <p><b>Нормализация</b></p> <p>При нормализации сталь охлаждается не в печи, как при отжиге, а на воздухе.</p> <p>Цель: для доэвтектоидных и эвтектоидных сталей та же, что и полного отжига – устранение крупнозернистой структуры, выравнивание механических свойств.</p> <p>В заэвтектоидных сталях нормализация устраняет цементитную сетку в результате ускоренного охлаждения на воздухе.</p> <p>Нагревание ведется до полной перекристаллизации (на 30-50° выше точек Ac3 и Act), в результате сталь приобретает мелкозернистую и однородную структуру.</p> <p>Твердость и прочность стали после нормализации выше, чем после отжига.</p> <p>Структура низкоуглеродистой стали после нормализации феррито-перлитная, такая же, как и после отжига, а у средне- и высокоуглеродистой стали – сорбитная. Поэтому нормализация может заменить для первой – отжиг, а для второй – закалку с высоким отпуском. Часто нормализацией подготавливают сталь для закалки. Термическую обработку некоторых марок углеродистой и легированных сталей заканчивают нормализацией.</p> <p><b>Режим т/о: Нагрев сталей:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> доэвтектоидной до Ac3 + (30 – 50°С)</li> <li><input type="checkbox"/> эвтектоидной до Ac1+ (30 – 50°С)</li> <li><input type="checkbox"/> заэвтектоидной до Act+ (30 – 50°С)</li> </ul> <p>Затем выдержка и охлаждение на воздухе.</p> <p><b>Закалка</b></p> <p>После механической обработки изделие, как правило, подвергают упрочняющей т/о. Наиболее распространенным видом упрочняющей т/о углеродистых сталей является закалка с последующим отпуском.</p> <p>Закалка – процесс нагрева стали выше Ac3 или Act (полная закалка) или Ac1 (неполная закалка) на (30 – 50°С) с последующим быстрым охлаждением.</p> <p>Цель закалки – получение высокой твердости и заданных физико-механических свойств.</p> <p>Учебно-методическая литература: 1, 3, 4</p>	12
<b>2. Химико-термическая обработка</b>	92
<p><b>Формируемые компетенции, образовательные результаты:</b></p> <p>ПК-6: 3.1 (ПК.6.1), У.1 (ПК.6.2), В.1 (ПК.6.3), У.3 (ПК.6.2), У.2 (ПК.6.2)</p>	

<p>2.1. Цементация</p> <p><b>Задание для самостоятельного выполнения студентом:</b></p> <p>Цементация. Цементацией называется химико-термическая операция, в процессе которой производят насыщение поверхностного слоя деталей углеродом. Цементацию проводят с целью получения высокой твердости, износостойкости поверхности деталей при высокой ударной вязкости сердцевины. Цементируют детали из стали с массовой долей углерода до 0,25 %, работающие на трение и при знакопеременных нагрузках: зубчатые колеса, блоки шестерен, распределительные и кулачковые валики, кулачки, толкатели клапанов и другие детали, а также измерительный инструмент — калибры, шаблоны, щупы и т. д. Поверхность деталей и инструмента насыщается углеродом в отдельных случаях на глубину до 1,4 мм, обычно этот слой составляет 0,8 мм. Массовая доля углерода, насыщаемого в поверхность деталей, достигает 0,8 ... 1,0 %. Концентрация углерода от поверхности детали к сердцевине уменьшается. Таким образом, цементации подвергают детали из конструкционных углеродистых и низколегированных сталей, которые не воспринимают улучшение закалкой.</p> <p>Рабочее тело, в котором осуществляется химико-термическая обработка, называется карбюризатором. Различают цементацию в твердом, жидком и газовом карбюризаторах. Для цементации в твердом карбюризаторе в стальной ящик (рис. 11) помещаются детали, подвергаемые цементации, которые равномерно пересыпаются карбюризатором. Одновременно с карбюризатором помещаются контрольные образцы, так называемые свидетели. В процессе нагрева и выдержки контрольные образцы вынимаются, и по ним определяется ход технологического процесса.</p> <p>Учебно-методическая литература: 2, 5</p>	4
<p>2.2. Азотирование</p> <p><b>Задание для самостоятельного выполнения студентом:</b></p> <p>Азотирование. Азотированием называется процесс химико-термической обработки, при которой поверхности деталей насыщаются азотом. Азотирование осуществляют для получения высокой твердости поверхности, износостойкости, усталостной прочности и стойкости к возникновению задиров, повышения предела выносливости, коррозионной стойкости в атмосфере, пресной воде и водяном паре, а также кавитационной стойкости различных деталей и инструмента. Азотирование применяется также при декоративной отделке. Азотированный слой может быть глубиной до 0,5 мм и иметь твердость 1 000 ... 1 100 HV, что значительно тверже цементита. Из-за длительности процесса (до 90 ч) и высокой стоимости азотирование применяется реже, чем цементация. Процесс азотирования проводят в среде аммиака при температурах 500 ... 600 °C. При нагреве из аммиака выделяется атомарный азот, который диффундирует в поверхность деталей. В целях ускорения процесса азотирования применяется двухступенчатый цикл (рис. 14). Такая технология азотирования ускоряет процесс в 1,5 — 2 раза. Сначала деталь нагревается до температуры 500 ... 520 °C, затем осуществляется быстрый нагрев до температуры 580 ... 600 °C и далее — длительная выдержка и охлаждение вместе с печью или на воздухе.</p> <p>Учебно-методическая литература: 2, 5</p>	4

### 2.3. Нитроцементация, цианирование.

4

#### **Задание для самостоятельного выполнения студентом:**

Цианирование и нитроцементация. Цианирование — это процесс насыщения поверхности деталей углеродом и азотом одновременно. Цианированию подвергают детали из сталей с массовой долей углерода 0,3 ... 0,4 %. Цианирование проводят с целью повышения поверхностной твердости, прочности, износостойкости, выносливости и других механических и эксплуатационных свойств. Цианирование по сравнению с другими видами химико-термической обработки имеет ряд преимуществ: возможность подвергать обработке детали сложной формы, малую длительность процесса, практический отсутствие коробления и деформации деталей в процессе обработки. Как недостатки следует отметить большие затраты на охрану труда из-за токсичности и высокую стоимость цианистых солей. Все это значительно повышает себестоимость цианированных деталей.

Различают жидкостное и газовое цианирование. Газовое цианирование получило название нитроцементации.

Жидкостное цианирование проводят в среде расплавленных солей цианистого натрия. Его проводят при температуре 820 ... 850 или 900 ... 950 °C. Процесс, осуществляемый при температуре 820 ... 850 °C, за 30 ... 90 мин позволяет получить слой толщиной до 0,35 мм, насыщенный углеродом и азотом, а при 900 ... 950 °C за 2 ... 6 ч — слой толщиной до 2 мм. На рис. 15 представлена зависимость толщины цианированного слоя от температуры и продолжительности процесса. Например, при продолжительности выдержки 2 ч при температуре 890 °C глубина цианированного слоя достигает 0,6 мм, при выдержке 4,5 ч при температуре 830 °C — также 0,6 мм. После цианирования проводят закалку и низкий отпуск. Твердость цианированного слоя достигает 58 ... 62 HRC.

На практике для цементации инструмента из быстрорежущих сталей применяют низкотемпературное цианирование в расплавленных цианистых солях. Его проводят при температуре 540 ... 560 °C при выдержке 1,0 ... 1,5 ч. В результате такой обработки цианированный слой будет иметь твердость 950 ... 1 100 HV.

Учебно-методическая литература: 2, 5

#### 2.4. Диффузионная металлизация

4

##### **Задание для самостоятельного выполнения студентом:**

Диффузионная металлизация. Процесс насыщения поверхностного слоя деталей методом диффузии при высокой температуре различными металлами называется диффузионной металлизацией. Она может осуществляться в твердом, жидком и газовом карбюризаторах (металлизаторах).

Твердые металлизаторы — это порошковые смеси, состоящие из ферросплавов: феррохрома, металлического хрома, хлорида аммония и др.

Жидкие металлизаторы — это, как правило, расплавленный металл, например цинк, алюминий и др.

Газовые металлизаторы — это летучие хлориды металлов: алюминия, хрома, кремния, титана и др.

В зависимости от применяемого диффундируемого металла деталей различают следующие виды диффузионной металлизации: алитирование (насыщение алюминием), хромирование, титанирование, вольфрамирование, сульфатирование (насыщение серой), борирование и др.

Алитирование осуществляют при температуре 700 ... 1 100 °C. В поверхностном слое в структуре α-железа растворяется алюминий, на поверхности образуется плотная пленка из оксида алюминия, которая имеет высокую коррозионную стойкость в атмосфере и морской воде, а также высокую окалиностойкость при температуре 800 ... 850 °C, твердость 500 HV. Алитированию подвергают детали, работающие при повышенных температурах: клапаны двигателей, чехлы для термопар и др.

Алитирование производят следующими методами: в порошкообразных смесях, в расплаве алюминия, электролизом, в аэрозолях с алюминиевым и газовым распылением. Хромированию подвергают детали, работающие в агрессивных средах: детали паровых установок, пароводяные приборы, детали и узлы, работающие в газовых средах при высокой температуре. Хромирование проводят в порошкообразных смесях, вакууме, расплаве хрома, газовой среде и керамических массах. Поверхность, насыщенная хромом на глубину до 0,15 мм, обладает окалиностойкостью в газовой среде до температуры 800 °C, в пресной и морской воде и в слабых кислотах. Хромированию подвергаются любые стали. Твердость хромированного слоя в поверхности достигает 1 200 ... 1 300 HV. Для повышения твердости и ударной вязкости после хромирования детали подвергают нормализации.

Учебно-методическая литература: 2, 5

<p>2.5. Высокотемпературная термомеханическая обработка</p> <p><b>Задание для самостоятельного выполнения студентом:</b></p> <p>Высокотемпературная термомеханическая обработка. ВТМО</p> <p>Применение этого процесса очень заманчиво, т.к. сравнительно легко вписывается в действующие на металлургических заводах технологические схемы горячей обработки давлением типа прокатки, волочения, ковки и т.д, и может быть осуществлен на тех же прокатных станах. В принципе, в начале процесс меняется мало: греем примерно до тех же температур, что и при прокатке, потом деформируем, но теперь еще температуру деформации нужно контролировать и после деформации необходимо осуществить закалку.</p> <p>На стадии же разработки режима деформации и закалки теперь необходимо еще и задумываться не только о формоизменении, а еще и о том, что внутри металла происходит, поэтому и к режиму деформации нужно подходить немного иначе!</p> <p>Деформацию при ВТМО осуществляют выше порога рекристаллизации, а это значит, что рекристаллизация идет полным ходом: продеформировали аустенит — зерна его вытянулись, дислокации внутри них размножились, и во время междеформационной паузы вместо старых деформированных зерен родились и выросли новые рекристаллизованные. Затем металл снова продеформировали, снова зародились рекристаллизованные зерна... и так далее до последнего прохода, как и при обычной прокатке.</p> <p>А вот после последнего прохода, который также осуществляется выше порога рекристаллизации, необходимо осуществить немедленную закалку, чтобы зафиксировать состояние аустенита, полученное после деформации (повышенная плотность дислокаций, вероятно, особые конфигурации дислокаций типа полигональной субструктурой внутри зерен аустенита).</p> <p>Как раз в этом и состоит особенность ВТМО — зафиксировать это состояние за счет немедленной закалки. Если это сталь, то структура, полученная аустенитом в результате деформации и немедленной закалки, наследуется мартенситом, а если это аустенитный сплав типа нержавейки или жаропрочного сплава, то мы просто получаем аустенит с унаследованной дислокационной структурой и сидящими внутри него атомами легирующих элементов (пересыщенный твердый раствор).</p> <p>В случае сталей за закалкой следует отпуск мартенсита, а в случае аустенитных сплавов — старение.</p> <p>Конечно же, надо понимать, что ограничения вносит размерный фактор: очень трудно резко охладить прокат большого сечения и удержать протекание рекристаллизации во внутренних слоях, где и температура больше, чем на поверхности, и скорость охлаждения меньше.</p>	8
<p>2.6. Низкотемпературная термомеханическая обработка</p> <p><b>Задание для самостоятельного выполнения студентом:</b></p> <p>Низкотемпературная термомеханическая обработка. НТМО</p> <p>При НТМО деформацию осуществляют ниже порога рекристаллизации аустенита, т.е. никакого образования новых зерен не происходит, а зерна аустенита просто раскатываются, как тесто под скалкой, и накапливают дислокации.</p> <p>Если мы имеем дело с НТМО стали, то деформация такая осуществляется в температурном диапазоне когда и рекристаллизации нет, и полиморфного превращения еще не происходит, так что температурный интервал этот невелик. В случае же аустенитных сплавов дела обстоят получше: аустенит устойчив в очень широком интервале температур.</p> <p>После последнего прохода (если мы говорим о прокатке) сталь немедленно закаляют, фиксируя таким образом структуру, образовавшуюся в результате деформации, после чего проводят отпуск.</p> <p>Для разработки режима НТМО знать нужно то же, что и при разработке схемы НТМО, так что см. выше.</p> <p>Основная проблема с применением НТМО заключается в том, что при низких температурах, когда нет рекристаллизации (мощнейшего процесса разупрочнения), накопление дефектов кристаллической решетки (см. статью о методах упрочнения) происходит интенсивнее, чем в случае ВТМО, поэтому сопротивление деформации аустенита весьма велико, а значит, и оборудование использовать нужно более мощное, а оно не всегда есть</p>	8

<p>2.7. Химико-термическая обработка (цементация).</p> <p><b>Задание для самостоятельного выполнения студентом:</b></p> <p>Цементация. Цементацией называется химико-термическая операция, в процессе которой производят насыщение поверхностного слоя деталей углеродом. Цементацию проводят с целью получения высокой твердости, износостойкости поверхности деталей при высокой ударной вязкости сердцевины. Цементируют детали из стали с массовой долей углерода до 0,25 %, работающие на трение и при знакопеременных нагрузках: зубчатые колеса, блоки шестерен, распределительные и кулачковые валики, кулачки, толкатели клапанов и другие детали, а также измерительный инструмент — калибры, шаблоны, щупы и т. д. Поверхность деталей и инструмента насыщается углеродом в отдельных случаях на глубину до 1,4 мм, обычно этот слой составляет 0,8 мм. Массовая доля углерода, насыщаемого в поверхность деталей, достигает 0,8 ... 1,0 %. Концентрация углерода от поверхности детали к сердцевине уменьшается. Таким образом, цементации подвергают детали из конструкционных углеродистых и низколегированных сталей, которые не воспринимают улучшение закалкой.</p> <p>Рабочее тело, в котором осуществляется химико-термическая обработка, называется карбюризатором. Различают цементацию в твердом, жидком и газовом карбюризаторах. Для цементации в твердом карбюризаторе в стальной ящик (рис. 11) помещаются детали, подвергаемые цементации, которые равномерно пересыпаются карбюризатором. Одновременно с карбюризатором помещаются контрольные образцы, так называемые свидетели. В процессе нагрева и выдержки контрольные образцы вынимаются, и по ним определяется ход технологического процесса.</p> <p>Учебно-методическая литература: 2, 5</p>	12
<p>2.8. Химико-термическая обработка (азотирование).</p> <p><b>Задание для самостоятельного выполнения студентом:</b></p> <p>Азотирование стали, если сравнивать его с таким популярным методом обработки данного металла, как цементация, отличается рядом весомых преимуществ. Именно поэтому данная технология стала применяться в качестве основного способа улучшения качественных характеристик стали.</p> <p>При азотировании стальное изделие не подвергается значительному термическому воздействию, при этом твердость его поверхностного слоя значительно увеличивается. Важно, что размеры азотируемых деталей не изменяются. Это позволяет применять такой метод обработки для стальных изделий, которые уже прошли закалку с высоким отпуском и отшлифованы до требуемых геометрических параметров. После выполнения азотирования, или азотации, как часто называют этот процесс, сталь можно сразу подвергать полировке или другим методам финишной обработки.</p> <p>Учебно-методическая литература: 2, 5</p>	12

**2.9. Химико-термическая обработка (нитроцементация).**

12

***Задание для самостоятельного выполнения студентом:***

Нитроцементация укрепляет сталь путем воздействия на нее углерода и азота, точнее, введения этих молекул в кристаллическую решетку поверхностного слоя. Весь этот процесс происходит под воздействием высоких температур в среде цианистых солей натрия, окисление которого приводит к выделению углерода и азота. Насколько глубоко проникнут цементирующие вещества в структуру металла и какая степень концентрации образуется, зависит от выбранной температуры проведения операции и временного интервала воздействия. Нитроцементация и цианирование стали – операции, преследующие одну цель, но проходящие в разных средах.

Нитроцементация – это насыщение изделия из стали углеродом и азотом, которое протекает в среде из газа цементирующего с добавлением аммиака диссоциированного. Меняя состав газа и температуру, при которой происходит процесс нитроцементации, можно влиять на процентное содержание углерода и азота в получаемом слое. Толщину слоя также можно контролировать за счет выбора температуры и времени выдержки. Процесс нитроцементации представляет собой диффузию. Бывает нитроцементация стали высокотемпературная и низкотемпературная. Первый метод нитроцементации применяют в условиях температуры от 830 до 950 градусов по Цельсию. В этом случае используют аммиак в повышенных дозах. После операции над изделием проводят мероприятия по закалке с отпуском низким. Твердость, которая достигается в результате, соответствует 62–56 HRC. Стали, в основном подвергаемые нитроцементации, – это углеродистые (из них изготавливают детали машиностроения) и низколегированные металлы. Метод нитроцементации низкотемпературный подразумевает применение термической среды в пределах 530–570 градусов продолжительностью не более 3 и не менее 1.5 часов, предварительно выполняют закалку и отпуск деталей. Полученный твердый слой имеет толщину от 0.004 до 0.02 миллиметра с крепостью 1200–900 HV. Процесс нитроцементации – самый безопасный и передовой метод укрепления стали углеродом и азотом. По сравнению с обычным цементированием он имеет ряд преимуществ: быстрее происходит поверхностная диффузия; нет необходимости в подготовке; металл при нитроцементации не подвергается сильному перегреву, и, как следствие, не происходит изменение кристаллической решетки; заготовки менее подвержены деформации; после прохождения обработки последующее закаливание и отпуск проходят более качественно; нитроцементация – самый дешевый способ укрепления стали, поэтому ее повсеместно используют в машиностроении. Всем, кто имеет представление, практические навыки или профессионально занимается нитроцементацией стальных изделий, просьба поддержать в комментариях тему, так как больше достоверной информации необходимо для понимания процесса.

Учебно-методическая литература: 2, 5

2.10. Предварительная термомеханическая обработка

6

**Задание для самостоятельного выполнения студентом:**

Предварительная термомеханическая обработка (ПТМО)

Сущность ПТМО заключается в том, что полуфабрикат, полученный после горячей деформации в нерекристаллизованном состоянии, сохраняет нерекристаллизованную структуру и при нагреве под закалку. ПТМО отличается от ВТМО тем, что операции горячей деформации и нагрева под закалку разделены (смотрите рисунок Схемы термомеханической обработки стареющих сплавов).

ПТМО широко применяют в технологии производства полуфабрикатов из алюминиевых сплавов. Давно было известно, что прессованные полуфабрикаты из сплавов типа дуралюмин, авиаиль и др. отличаются значительно более высокой прочностью, чем катаные и кованые. Это явление было названо пресс-эффектом. Разница в прочности обусловлена тем, что прессованные полуфабрикаты после закалки имели нерекристаллизованную структуру, а катаные и кованые — рекристаллизованную. Позже оказалось, что горячекатаные листы и штамповки из ряда сплавов после закалки также находятся в нерекристаллизованном состоянии и характеризуются повышенной прочностью.

Вместо терминов пресс-эффект, прокат-эффект и т. п. В. И. Добаткин предложил обобщающий термин структурное упрочнение, под которым понимается повышение прочности термически обработанных полуфабрикатов, обусловленное сохранением после закалки нерекристаллизованной структуры. Свойства сплава в состоянии структурного упрочнения обычно сравнивают со свойствами того же сплава в рекристаллизованном состоянии.

Прирост пределов прочности и текучести вследствие сохранения нерекристаллизованной структуры у стареющих алюминиевых сплавов составляет от 10 до 40%. Этот прирост проявляется уже в свежезакаленном состоянии из-за повышенной плотности несовершенств (дислокаций, связанных в субграницы, и одиночных дислокаций).

Старение нерекристаллизованного сплава дает большее упрочнение, увеличивая разницу в свойствах рекристаллизованного и нерекристаллизованного полуфабриката. Пластиичность же выше у сплавов в рекристаллизованном состоянии. Поэтому полуфабрикаты выпускают с рекристаллизованной структурой и повышенной пластиичностью, а также и с полигонизированной структурой и повышенной прочностью.

Например, у дуралюминиевых прутков Д1Р  $\sigma_b \geq 38$  кгс/мм<sup>2</sup> и  $\delta \geq 14\%$ , а у прутков Д1ПП  $\sigma_b \geq 43$  кгс/мм<sup>2</sup> и  $\delta \geq 10\%$ .

Получению нерекристаллизованной структуры во время горячей деформации при ПТМО, как и при ВТМО, способствуют повышение температуры и уменьшение скорости деформирования, снижение степени деформации и приближение схемы деформаций к схеме всестороннего сжатия. В алюминиевых сплавах, как уже отмечалось, интенсивно развивается полигонизация, создающая стабильную сетку субграниц, и поэтому в них легко получить нерекристаллизованную структуру, особенно при прессовании.

Учебно-методическая литература: 2, 5

## 2.11. Выбор материала для химико-термической обработки

8

**Задание для самостоятельного выполнения студентом:**

Процессы химико-термической обработки состоят из трех стадий : -диссоциации, которая заключается в распаде молекул и образовании активных атомов диффундирующего элемента. Например, диссоциации окиси углерода  $2\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{C}$  или аммиака  $2\text{HN}_3 \rightarrow 3\text{H}_2 + 2\text{N}$ ; -адсорбции, т.е. контактирования атомов диффундирующего элемента с поверхностью стального изделия и образования химических связей с атомами металла; -диффузии, т.е. проникновения насыщающего элемента в глубь металла. Скорость диффузии при проникновении диффундирующих атомов в решетку растворителя будет выше, если при взаимодействии образуется твердые растворы внедрения, и значительно ниже, если образуются твердые растворы замещения. Концентрация диффундирующего элемента на поверхности зависит от притока атомов этого элемента к поверхности и от скорости диффузионных процессов, т.е. отвода этих атомов в глубь металла. Толщина диффузационного слоя зависит от температуры нагрева, продолжительности выдержки при насыщении и концентрации диффундирующего элемента на поверхности. Чем выше концентрация диффундирующего элемента на поверхности детали, тем выше толщина слоя. Чем выше температура процесса, тем больше скорость диффузии атомов, а следственно, возрастает толщина диффузационного слоя. Границы зерен являются участками, где диффузионные процессы облегчают изза наличия большого числа дефектов кристаллического строения. Если растворимость диффундирующего элемента в металле мала, то часто наблюдается преимущественная диффузия по границам зерен. При значительной растворимости диффундирующего элемента в металле роль пограничных слоев уменьшается. В момент фазовых превращений диффузия протекает быстрее. В промышленности применяют множество способов химико-термической обработки, различающихся диффундирующими элементами, типом и составом 2 внешней среды, химизмом процессов в ней, техникой исполнения и другими признаками.

Учебно-методическая литература: 2, 5

<p>2.12. Разработка технологического процесса химико-термической обработки</p> <p><b>Задание для самостоятельного выполнения студентом:</b></p> <p>Методическая разработка учебного занятия по дисциплине «Материаловедение» на тему «Химико-термическая обработка сплавов» представляет собой подробный план - конспект урока в форме семинарско-практического занятия с применением активных методов обучения и использованием коммуникативной методики, а также с использованием информационно-коммуникационных технологий.</p> <p>Данное занятие способствует развитию информационной и коммуникативной компетенции, развитию качества личности: любопытство и любознательность через занимательный материал; трудолюбие и аккуратность через работу в таблицах, с учебником, интернетом, развитию мыслительных операций: сосредоточить внимание через занимательный материал; память через работу с понятиями; умение сравнивать через сопоставление объектов; умение обобщать через привлечение учащихся к формулировке выводов по занятию.</p> <p>На занятии студенты закрепляют полученные ранее знания по теме, формируется умение применять полученные знания на практике, развиваются проектировочные, конструктивные умения будущих специалистов. Основной задачей занятия являлось создание условий для проявления познавательной активности студентов, развитие индивидуальных особенностей. Такая форма занятия активизирует познавательную деятельность студентов, помогает им проявить свои творческие и интеллектуальные способности, воспитывает культуру общения.</p> <p>Порядок выполнения задания занятия</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Задать способ изготовления заготовки детали. (Заготовка литая, кованая, катаная и др. варианты).</li> <li>2. Описать процесс термической обработки заготовки перед механической обработкой, с указанием температурных режимов, графиков термической обработки (в координатах температура-время) и изображением макро- и микроструктуры заготовки до и после предварительной термической обработки.</li> <li>3. Описать процесс термической обработки заданной детали для придания ей оптимальных эксплуатационных свойств.</li> <li>4. Представить график заключительной термической обработки и указать на нем температуры термической обработки и вид охлаждения.</li> <li>5. Схематически изобразить микроструктуру детали на разных этапах термической обработки.</li> </ol> <p>Учебно-методическая литература: 2, 5</p> <p><b>3. Курсовая работа</b></p> <p>См. пункт 5.2.2</p>	10
--	----

## 4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Ссылка на источник в ЭБС
<b>Основная литература</b>		
1	Краткий курс лекций по материаловедению: учебное пособие	<a href="http://www.lib.madi.ru/fel/fel1/fel18E464.pdf">http://www.lib.madi.ru/fel/fel1/fel18E464.pdf</a>
2	ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА: учебное пособие	<a href="https://m5kf.ru/upload/files/61e7f7d2bf.pdf">https://m5kf.ru/upload/files/61e7f7d2bf.pdf</a>
3	Термическая обработка углеродистых сталей: учебное пособие	<a href="https://www.isuct.ru/sites/default/files/department/ightu/ktmio/34.pdf">https://www.isuct.ru/sites/default/files/department/ightu/ktmio/34.pdf</a>
<b>Дополнительная литература</b>		
4	Термическая обработка сталей: метод. указания	<a href="http://repo.ssau.ru/bitstream/Metodicheskie-ukazaniya/Termicheskaya-obrabotka-stalei-Elektronnyi-resurs-metod-ukazaniya-k-labprakt-rabotam-i-individ-zanyatiyam-536771/Колеров%20О.К.%20Термическая%20обработка.pdf">http://repo.ssau.ru/bitstream/Metodicheskie-ukazaniya/Termicheskaya-obrabotka-stalei-Elektronnyi-resurs-metod-ukazaniya-k-labprakt-rabotam-i-individ-zanyatiyam-536771/Колеров%20О.К.%20Термическая%20обработка.pdf</a>
5	УПРОЧНЕНИЕ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН справочное пособие	eLIBRARY ID: 24094555

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

### 5.1. Описание показателей и критерии оценивания компетенций

Код компетенции по ФГОС		Текущий контроль		Помежуточная аттестация
Код образовательного результата дисциплины	Анализ урока	Аннотация	Зачет/Экзамен	
ПК-6				
3.1 (ПК.6.1)	+	+	+	
У.1 (ПК.6.2)	+	+	+	
У.3 (ПК.6.2)	+	+	+	
У.2 (ПК.6.2)	+	+	+	
В.1 (ПК.6.3)	+	+	+	

### 5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

#### 5.2.1. Текущий контроль.

Типовые задания к разделу "Термическая обработка":

##### 1. Анализ урока

- 1 Провести различные виды термической обработки (отжиг, закалка, нормализация, закалка в масло, отпуск).
- 2 Описать структуры и определить вид предшествующей термической обработки.
- 3 Определить прокаливаемость конструкционных и инструментальных сталей.
- 4 Изучить влияние температуры на структуру материала при получении сварного соединения.
- 5 Провести отпуск при различных температурах и проанализировать изменение механических свойств материала.
- 6 Провести термическую обработку алюминиевых сплавов, понять принцип упрочнения сплавов.
- 7 Провести термическую обработку титановых сплавов, понять принцип упрочнения сплавов.
- 8 Критическая скорость закалки.
9. Рост зерна при нагреве и влияние его величины на свойства.
10. Мартенситное превращение. Стабилизация остаточного аустенита.
11. Закалочные среды. Механизм охлаждения.
12. Закалка без полиморфного превращения. Факторы, влияющие на устойчивость переохлажденного твердого раствора.
13. Изотермическое превращение аустенита в до- и заэвтектоидных сталях.
14. Четыре основных превращения в стали при термообработке.
15. Обоснование выбора способа закалки.
11. Цель и способы закалки.
12. Теоретические основы перлитного превращения.
13. Основные виды термической обработки. Выбор режимов термической обработки.
14. Мартенситное превращение в легированных сталях.
15. Внутренние напряжения. Дефекты термической обработки.
16. Аустенитизация. Перегрев, пережог.
17. Особенности превращения в легированных сталях при нагреве под закалку.
18. Мартенситное превращение. Виды мартенсита, природа образования.
19. Закаливаемость и прокаливаемость.
20. Природа и виды наследственности.

Количество баллов: 10

Типовые задания к разделу "Химико-термическая обработка":

## 1. Аннотация

1. Теоретические основы химико-термической обработки.
2. Отпуск. Виды отпуска. Превращения при отпуске.
3. Свойства продуктов отпуска (механические, физические).
4. Старение. Виды старения.
5. С-образные изотермическая диаграмма.
6. Превращения при отпуске легированных сталей.
7. Отпускная хрупкость.
8. Промежуточное превращение. Особенности и механизм превращения.
9. Гетерогенные процессы при ХТО.
10. Структурные и фазовые изменения при старении.
11. Естественное и искусственное старение.
12. Процесс поверхностного упрочнения детали.
13. Отжиг 1-го рода. Разновидности.
14. Отжиг 2-го рода. Разновидности, назначение.
15. Диффузионный слой. Способы определения слоя.
16. Контроль технологии ХТО и качества слоя.
17. ВТМО, НТМО.
18. Цементация.
19. Стали для цементации.
20. Механизм образования и строение цементированного слоя.
21. Карбюризатор. Типы, свойства, назначение.
22. Технологический процесс газовой цементации.
23. Способы цементации, ускоряющие процесс насыщения.
24. Способы поверхностного упрочнения сталей и сплавов.
25. Диффузионная металлизация. Способы, назначение.
26. Азотирование. Назначение, способы азотирования.
27. Стали для азотирования.
28. Газовое азотирование.
29. Диффузия и дефекты структуры (их роль при ХТО).

Количество баллов: 15

### 5.2.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о текущем контроле и промежуточной аттестации в ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ».

#### Первый период контроля

##### 1. Зачет

Вопросы к зачету:

1. Что входит в понятие технологии термической обработки?
2. Критическая скорость закалки.
3. Рост зерна при нагреве и влияние его величины на свойства.
4. Мартенситное превращение. Стабилизация остаточного аустенита.
5. Закалочные среды. Механизм охлаждения.
6. Закалка без полиморфного превращения. Факторы, влияющие на устойчивость переохлажденного твердого раствора.
7. Изотермическое превращение аустенита в до- и заэвтектоидных сталях.
8. Четыре основных превращения в стали при термообработке.
9. Теоретические основы аустенитации.
10. Обоснование выбора способа закалки.
11. Цель и способы закалки.
12. Теоретические основы перлитного превращения.
13. Основные виды термической обработки. Выбор режимов термической обработки.
14. Мартенситное превращение в легированных сталях.
15. Внутренние напряжения. Дефекты термической обработки.
16. Аустенитизация. Перегрев, пережог.
17. Особенности превращения в легированных сталях при нагреве под закалку.
18. Мартенситное превращение. Виды мартенсита, природа образования.
19. Закаливаемость и прокаливаемость.
20. Природа и виды наследственности.

##### 22. Курсовая работа

Примерные темы курсовых работ:

1. Контроль технологии цементации и качества слоя.
2. Контроль технологии азотирования и качества слоя.
3. Контроль технологии нитроцементации и качества слоя.
4. Контроль технологии борирования и качества слоя.
5. Контроль технологии ВТМО и качества слоя.
6. Контроль технологии НТМО и качества слоя.
7. Контроль технологии диффузионной металлизации и качества слоя.
8. Контроль технологии газовой металлизации и качества слоя.
9. Контроль технологии электрометаллизации и качества слоя.
10. Контроль технологии предварительной ТМО

### Второй период контроля

#### 1. Дифференцированный зачет

Вопросы к зачету:

1. Теоретические основы химико-термической обработки.
2. Отпуск. Виды отпуска. Превращения при отпуске.
3. Свойства продуктов отпуска (механические, физические).
4. Старение. Виды старения.
5. С-образные изотермическая диаграмма.
6. Превращения при отпуске легированных сталей.
7. Отпускная хрупкость.
8. Промежуточное превращение. Особенности и механизм превращения.
9. Гетерогенные процессы при ХТО.
10. Структурные и фазовые изменения при старении.
11. Естественное и искусственное старение.
12. Процесс поверхностного упрочнения детали.
13. Отжиг 1-го рода. Разновидности, назначение.
14. Отжиг 2-го рода. Разновидности, назначение.
15. Диффузионный слой. Способы определения слоя.
16. Карбонитрирование. Типы, свойства, назначение.
17. Способы поверхностного упрочнения сталей и сплавов.
18. Диффузия и дефекты структуры (их роль при ХТО).
19. Азотирование. Назначение, способы азотирования
20. Стали для азотирования.

### 5.3. Примерные критерии оценивания ответа студентов на экзамене (зачете):

Отметка	Критерии оценивания
"Отлично"	<ul style="list-style-type: none"><li>-дается комплексная оценка предложенной ситуации</li><li>-демонстрируются глубокие знания теоретического материала и умение их применять</li><li>-последовательное, правильное выполнение всех заданий</li><li>-умение обоснованно излагать свои мысли, делать необходимые выводы</li></ul>
"Хорошо"	<ul style="list-style-type: none"><li>-дается комплексная оценка предложенной ситуации</li><li>-демонстрируются глубокие знания теоретического материала и умение их применять</li><li>-последовательное, правильное выполнение всех заданий</li><li>-возможны единичные ошибки, исправляемые самим студентом после замечания преподавателя</li><li>-умение обоснованно излагать свои мысли, делать необходимые выводы</li></ul>
"Удовлетворительно" ("зачтено")	<ul style="list-style-type: none"><li>-затруднения с комплексной оценкой предложенной ситуации</li><li>-неполное теоретическое обоснование, требующее наводящих вопросов преподавателя</li><li>-выполнение заданий при подсказке преподавателя</li><li>-затруднения в формулировке выводов</li></ul>
"Неудовлетворительно" ("не зачтено")	<ul style="list-style-type: none"><li>-неправильная оценка предложенной ситуации</li><li>-отсутствие теоретического обоснования выполнения заданий</li></ul>

## **6. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **1. Лекции**

Лекция - одна из основных форм организации учебного процесса, представляющая собой устное, монологическое, систематическое, последовательное изложение преподавателем учебного материала с демонстрацией слайдов и фильмов. Работа обучающихся на лекции включает в себя: составление или слежение за планом чтения лекции, написание конспекта лекции, дополнение конспекта рекомендованной литературой.

Требования к конспекту лекций: краткость, схематичность, последовательная фиксация основных положений, выводов, формулировок, обобщений. В конспекте нужно помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Последующая работа над материалом лекции предусматривает проверку терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. В конспекте нужно обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удается разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.

### **2. Лабораторные**

Лабораторные занятия проводятся в специально оборудованных лабораториях с применением необходимых средств обучения (лабораторного оборудования, образцов, нормативных и технических документов и т.п.).

При выполнении лабораторных работ проводятся: подготовка оборудования и приборов к работе, изучение методики работы, воспроизведение изучаемого явления, измерение величин, определение соответствующих характеристик и показателей, обработка данных и их анализ, обобщение результатов. В ходе проведения работ используются план работы и таблицы для записей наблюдений.

При выполнении лабораторной работы студент ведет рабочие записи результатов измерений (испытаний), оформляет расчеты, анализирует полученные данные путем установления их соответствия нормам и/или сравнения с известными в литературе данными и/или данными других студентов. Окончательные результаты оформляются в форме заключения.

### **3. Практические**

Практические (семинарские занятия) представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы.

Основной формой проведения практических занятий и семинаров является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях.

При подготовке к практическому занятию необходимо, ознакомиться с его планом; изучить соответствующие конспекты лекций, главы учебников и методических пособий, разобрать примеры, ознакомиться с дополнительной литературой (справочниками, энциклопедиями, словарями). К наиболее важным и сложным вопросам темы рекомендуется составлять конспекты ответов. Следует готовить все вопросы соответствующего занятия: необходимо уметь давать определения основным понятиям, знать основные положения теории, правила и формулы, предложенные для запоминания к каждой теме.

В ходе практического занятия надо давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов, доводить каждую задачу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.

### **4. Зачет**

Цель зачета – проверка и оценка уровня полученных студентом специальных знаний по учебной дисциплине и соответствующих им умений и навыков, а также умения логически мыслить, аргументировать избранную научную позицию, реагировать на дополнительные вопросы, ориентироваться в массиве информации.

Подготовка к зачету начинается с первого занятия по дисциплине, на котором обучающиеся получают предварительный перечень вопросов к зачету и список рекомендуемой литературы, их ставят в известность относительно критерии выставления зачета и специфике текущей и итоговой аттестации. С самого начала желательно планомерно осваивать материал, руководствуясь перечнем вопросов к зачету и списком рекомендуемой литературы, а также путем самостоятельного конспектирования материалов занятий и результатов самостоятельного изучения учебных вопросов.

По результатам сдачи зачета выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

### **5. Курсовая работа**

Курсовая работа — студенческое научное исследование по одной из базовых дисциплин учебного плана либо специальности, важный этап в подготовке к написанию выпускной квалификационной работы. Темы работ предлагаются и утверждаются кафедрой. Студент может предложить тему самостоятельно, однако она не должна выходить за рамки учебного плана. На 1-2 курсах данная работа носит скорее реферативный характер, на старших – исследовательский. Работа обычно состоит из теоретической части (последовательное изложение подходов, мнений, сложившихся в науке по избранному вопросу) и аналитической (анализ проблемы на примере конкретной ситуации (на примере группы людей, организации). Объем курсовой работы составляет 20-60 страниц. По завершению работы над курсовой, студенты защищают ее публично перед своими однокурсниками и преподавателями.

Этапы выполнения курсовой работы:

1. выбор темы и ее согласование с научным руководителем;
2. сбор материалов, необходимых для выполнения курсовой работы;
3. разработка плана курсовой работы и его утверждение научным руководителем;
4. систематизация и обработка отобранного материала по каждому из разделов работы или проблеме с применением современных методов;
5. формулирование выводов и обсуждение их с научным руководителем;
6. написание работы согласно требованиям стандарта и методическим указаниям к ее выполнению (введение, главы основной части, заключение, приложения, список литературы).

При оформлении курсовой работы следует придерживаться рекомендаций, представленных в документе «Регламент оформления письменных работ».

### **6. Дифференцированный зачет**

Цель дифференцированного зачета – проверка и оценка уровня полученных студентом специальных знаний по учебной дисциплине и соответствующих им умений и навыков, а также умения логически мыслить, аргументировать избранную научную позицию, реагировать на дополнительные вопросы, ориентироваться в массиве информации.

Подготовка к зачету начинается с первого занятия по дисциплине, на котором обучающиеся получают предварительный перечень вопросов к зачету и список рекомендуемой литературы, их ставят в известность относительно критерии выставления зачета и специфике текущей и итоговой аттестации. С самого начала желательно планомерно осваивать материал, руководствуясь перечнем вопросов к зачету и списком рекомендуемой литературы, а также путем самостоятельного конспектирования материалов занятий и результатов самостоятельного изучения учебных вопросов.

Результат дифференцированного зачета выражается оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно».

### **7. Анализ урока**

Анализ урока – разбор и оценка учебного занятия в целом или отдельных его сторон. Всесторонний анализ, позволяющий рассматривать в единстве и взаимосвязи основные характеристики урока — цели, содержание обучения, средства и методы обучения, организацию деятельности на уроке, называют комплексным. Можно вычленять отдельные стороны урока и детально анализировать одну из сторон с определенной целью. Такой вид анализа называют аспектным. Аспекты анализа могут быть разнообразными:

1. Реализация цели урока (образовательная, воспитывающая и развивающая цели урока).
2. Научный уровень содержания урока.
3. Анализ общей структуры урока.
4. Методы и средства обучения на уроке.
5. Деятельность учителя и учащихся на уроке.
6. Формирование знаний, умений и опыта деятельности и др.

Можно выделить также психологический, этический, гигиенический и другие аспекты анализа урока.

Урок, разработанный в соответствии с новым поколением ФГОС, имеет ряд отличий от традиционного, поэтому схема анализа урока помимо названных выше компонентов включает способы мотивации учащихся, соответствие требованиям ФГОС, в том числе формирование универсальных учебных действий и др.

Анализ урока выполняется по заданной схеме, предусматривающей критерии и шкалу оценивания всех анализируемых компонентов урока.

## **8. Аннотация**

Аннотация – самое краткое сообщение о тематике первичного документа.

Особенности текста аннотации состоят в следующем:

- аннотация включает характеристику основной темы, проблемы объекта, цели работы и её результаты. В аннотации указывают, что нового несёт в себе данный документ по сравнению с другими, родственными по тематике и целевому назначению;
- аннотация может включать сведения об авторе первичного документа и достоинствах произведения, взятые из других документов;
- рекомендуемый средний объём аннотации 500 печатных знаков.

Аннотация состоит из двух частей:

- a) библиографического описания;
- b) текста аннотации.

Образец оформления аннотации

АННОТАЦИЯ на первоисточник (статью, книгу, сочинение и пр.)

Фамилия автора, полное наименование работы, места и год издания

1. Краткие сведения об авторе.
2. Вид издания (статья, книга, учебник, сочинение и пр.).
3. Целевая аудитория издания.
4. Цели и задачи издания.
5. Структура издания и краткий обзор содержания работы.
6. Основные мысли, проблемы, затронутые автором.
7. Выводы и предложения автора по решению затронутых проблем.

## **7. ПЕРЕЧЕНЬ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

1. Дифференцированное обучение (технология уровневой дифференциации)
2. Развивающее обучение
3. Проблемное обучение

## **8. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ**

1. компьютерный класс – аудитория для самостоятельной работы
2. учебная аудитория для лекционных занятий
3. Лицензионное программное обеспечение:
  - Операционная система Windows 10
  - Microsoft Office Professional Plus
  - Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный Russian Edition
  - Справочная правовая система Консультант плюс
  - 7-zip
  - Adobe Acrobat Reader DC