

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
по проведению практических занятий
при освоении программы учебной дисциплины

ОП.03. Основы материаловедения

для профессии **15.01.05 «Сварщик (ручной и частично механизированной
сварки (наплавки))»**

2018г.

Организация-разработчик: ГПОУ ТО «Тульский колледж профессиональных технологий и сервиса»

Разработчики:

Жарков А.В., преподаватель ГПОУ ТО "ТКПТС"

СОДЕРЖАНИЕ

стр.

1. Общие положения	4
2. Используемые сокращения	4
3. Область применения методических указаний	5
4. Цель и планируемые результаты освоения учебной дисциплины	7
5. Методика проведения оформления и оценки практических занятий	8
6. Рекомендации по подготовке к практическим занятиям	9
Приложение 1. Содержание практических занятий	12

1. Общие положения.

Настоящие методические указания по проведению практических занятий являются частью учебно-методического обеспечения учебной дисциплины ОП.03. Основы материаловедения, включающего примерную рабочую программу, методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся, контрольно-измерительные материалы, контрольно-оценочные средства и презентационные материалы.

Нормативную основу разработки методических указаний (далее - МУ) составляют:

- ФГОС СПО по профессии 15.01.05 Сварщик (ручной и частично механизированной сварки (наплавки));
- основная образовательная программа среднего профессионального образования по профессии 15.01.05 Сварщик (ручной и частично механизированной сварки (наплавки));
- учебный план и учебный график ПООП СПО по профессии 15.01.05 Сварщик (ручной и частично механизированной сварки (наплавки));
- рабочая программа учебной дисциплины ОП.03. Основы материаловедения.

МУ разработаны в рамках выполнения работ по внесению изменений (дополнений) в ООП СПО по профессии 15.01.05 Сварщик (ручной и частично механизированной сварки (наплавки)) в целях внедрения международных стандартов в практику подготовки высококвалифицированных рабочих кадров с учетом передового международного опыта движения WSI, с учетом требований профессионального стандарта Сварщик, (утв. приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 28 ноября 2013г. №701н), а также интересов работодателей в части освоения дополнительных видов профессиональной деятельности, обусловленных требованиями к компетенции WSRCварочные технологии и анализа актуального состояния и перспектив развития регионального рынка труда.

2. Используемые сокращения

В настоящем пособии используются следующие сокращения:

ПООП - примерная основная образовательная программа;

СПО - среднее профессиональное образование;

ФГОС - федеральный государственный образовательный стандарт;

ОК - общая компетенция;

МУ – методические указания;

ПК - профессиональная компетенция;

ПС – профессиональный стандарт;

ТО – техническое описание;

ФОС - фонд оценочных средств;

WSR - WorldSkillsRussia;

WSI - WorldSkillsInternational.

3. Область применения методических указаний.

Практические занятия - форма учебного занятия, на котором преподаватель организует детальное рассмотрение обучающимися отдельных теоретических положений учебной дисциплины и формирует умения и навыки их практического применения путем выполнения соответствия поставленных задач.

Целью практических занятий по учебной дисциплине ОП.03. Основы материаловедения является закрепление обучающимися теоретического материала и выработка практических навыков для применения знаний в области материаловедения об основных свойствах и классификации сталей, цветных металлов и сплавов, полимерных материалов, практические навыки применения справочных таблиц для определения свойств материалов и выбора материалов для осуществления профессиональной деятельности.

Практические занятия по учебной дисциплине ОП.03. Основы материаловедения реализуют дидактический принцип связи теории с практикой и ориентированы на решение следующих задач:

- углубление, закрепление и конкретизацию знаний, полученных на лекциях и в процессе самостоятельной работы;
- формирование практических умений и навыков, необходимых в будущей профессиональной деятельности выпускников согласно ФГОС СПО по профессии 15.01.05

Сварщик (ручной и частично механизированной сварки (наплавки)), профессиональному стандарту Сварщик, ТО компетенции WSR Сварочные технологии, на основе которых формируются соответствующие компетенции;

- развитие умений наблюдать и объяснять изучаемые явления;

- выработка навыков использования средств измерений в самостоятельной профессиональной деятельности.

Количество часов на освоение программы профессионального модуля всего – 54 часа, в том числе на проведение практических занятий – 16 часов.

Ниже представлен перечень тем и предусмотренных программой практических занятий, обусловленных задачами ОП.03:

№ п/п	Тема занятия	Объем часов
Раздел 1. Тема 1.2. «Свойства металлов».		
1.	Определение предела прочности и пластичности при растяжении металлов и сплавов.	4
2.	Определение ударной вязкости металлов и сплавов	4
Раздел 1. Тема 1.3. «Железо и его сплавы».		
3.	Определение твердости металлов и сплавов по Бринеллю.	2
4.	Микроструктурный анализ металлов и сплавов.	4
Раздел 1. Тема 1.4. «Методы получения и обработки изделий из металлов и сплавов».		
5.	Исследование влияния скорости охлаждения на свойства стали.	2

На практических занятиях 1, 2 по теме 1.2 обучающиеся должны изучить методику проведения различных методов механических испытаний материалов, научиться пользоваться справочными таблицами для определения свойств материалов, выбирать материалы для осуществления профессиональной деятельности.

На практических занятиях 3, 4 по теме 1.3 обучающиеся должны изучить методику проведения различных методов испытаний для определения структуры материалов, научиться пользоваться справочными таблицами для определения свойств материалов, выбирать материалы для осуществления профессиональной деятельности.

На практическом занятии 5 по теме 1.4 обучающиеся должны научиться определить влияние термообработки на свойства стали, научиться пользоваться справочными таблицами для определения свойств материалов, выбирать материалы для осуществления профессиональной деятельности.

Знания, полученные при выполнении практических занятий, позволят не только наиболее полно освоить ОП.03. Основы материаловедения, но также будут являться основой для успешного выполнения выпускной квалификационной работы на экзамене (квалификационном), и могут быть применены при подготовке к чемпионатам WSR/WSI компетенции Сварочные технологии.

4. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины.

Цель освоения дисциплины ОП.03. Основы материаловедения - сформировать у обучающихся теоретические знания в области материаловедения об основных свойствах и классификации сталей, цветных металлов и сплавов, полимерных материалов, практические навыки применения справочных таблиц для определения свойств материалов и выбора материалов для осуществления профессиональной деятельности.

Освоение дисциплины направлено на развитие общих компетенций, предусмотренных ФГОС СПО по профессии 15.01.05 Сварщик (ручной и частично механизированной сварки (наплавки)):

Код	Общие компетенции
ОК 1	Понимать сущность и социальную значимость будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.
ОК 2	Организовывать собственную деятельность, исходя из цели и способов ее

	достижения, определенных руководителем.
ОК 3	Анализировать рабочую ситуацию, осуществлять текущий и итоговый контроль, оценку и коррекцию собственной деятельности, нести ответственность за результаты своей работы.
ОК 4	Осуществлять поиск информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач.
ОК 5	Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.
ОК 6	Работать в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, клиентами.

Результаты (освоенные профессиональные и общие компетенции)	Основные показатели оценки результата
Умения:	
- пользоваться справочными таблицами для определения свойств материалов;	- уметь пользоваться справочными таблицами для определения свойств углеродистых и конструкционных сталей, цветных металлов и сплавов, а также полимерных материалов (пластмасс, полиэтилена, полипропилена и т.д.); - уметь пользоваться справочными таблицами для определения правил применения охлаждающих и смазывающих материалов.
- выбирать материалы для осуществления профессиональной деятельности.	- выбирать металлические, неметаллические, охлаждающие и смазывающие материалы для осуществления профессиональной деятельности с учетом их основных свойств и маркировки.
Знания:	
- наименование, маркировку, основные свойства и классификацию углеродистых и конструкционных сталей, цветных металлов и сплавов, а также полимерных материалов (пластмасс, полиэтилена, полипропилена и т.д.);	- знать наименование, маркировку, основные свойства и классификацию углеродистых и конструкционных сталей, цветных металлов и сплавов, а также полимерных материалов (пластмасс, полиэтилена, полипропилена и т.д.);
правила применения охлаждающих и смазывающих материалов;	- знать правила применения охлаждающих и смазывающих материалов;
- механические испытания образцов материалов.	- знать методику проведения различных методов механических испытаний образцов материалов.

5. Методика проведения оформления и оценки практических занятий.

Для более полного понимания и освоения представленных в МУ задач требуется пояснить методику проведения практических занятий по ОП.04. Основы материаловедения. В соответствии с данной методикой заранее формулируется тема практического занятия, ставятся конкретные цели и задачи, достигаемые в процессе выполнения практического занятия. Приводится литература, необходимая для выполнения практического занятия.

Начинать работу на занятии рекомендуется с изучения и анализакраткого теоретического материала, касающегося темы практического занятия. Затем осуществляется ознакомление с источниками литературы, необходимыми для выполнения данного практического занятия. Каждое из практических занятий представляет небольшое законченное исследование одного из теоретических вопросов изучаемой учебной дисциплины. В конце

каждого занятия указаны требования к отчету, позволяющие правильно оформить результаты, полученные в ходе выполнения практического занятия.

Предлагаемые контрольные вопросы должны способствовать более глубокому изучению теоретического курса, связанного с темой практического занятия. Также контрольные вопросы должны помочь в решении поставленных перед обучающимися задач и подготовке к сдаче практического занятия.

Отчет по практическому занятию должен содержать: титульный лист; цели и задачи практического занятия; краткие теоретические сведения; расчетную или практическую часть; основные результаты и выводы; список использованной литературы.

Оценка выполнения обучающимися практических работ осуществляется по пятибальной системе:

- «отлично» выставляется в случае, если обучающийся самостоятельно и правильно выполнил все задания; правильно, с обоснованием сделал выводы по выполненной работе; правильно и доказательно ответил на все контрольные вопросы

- «хорошо» выставляется в случае, если обучающийся правильно выполнил все задания, но с помощью преподавателя; сделал выводы по выполненной работе; правильно ответил на все контрольные вопросы.

- «удовлетворительно» выставляется в случае, если обучающийся правильно выполнил задание, но с помощью преподавателя; сделал поверхностные выводы по выполненной работе; ответил не на все контрольные вопросы.

- «неудовлетворительно» выставляется в случае, если обучающийся неправильно выполнил задание; не сделал или сделал неправильные выводы по работе; не ответил на контрольные вопросы.

6. Рекомендации по подготовке к выполнению практических работ.

При подготовке к выполнению практических работ рекомендуется использовать:

- учебники:

1. Основы материаловедения (металлообработка): Учеб. пособие для нач. проф. образования. (В. Н. Заплатин, Ю.И. Сапожков, А.В. Дубов и др.); под ред. В. Н. Заплатина. – 3-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2015. – 256 с.

2. Овчинников В.В. Основы материаловедения для сварщиков: учебник – 1-е изд. -М.: Издательский центр «Академия», 2015. - 256с.

Дополнительные источники:

3. Чумаченко Ю.Т. Материаловедение. Учебник. – Изд. 5-е.– Ростов н/Д: Феникс, 2015. – 320 с.

4. Соколова Е.Н. Материаловедение (металлообработка): раб.тетрадь: учеб. пособие для нач. проф. образования – М.: Издательский центр «Академия», 2015. – 96 с.

5. Лабораторный практикум по материаловедению в машиностроении и металлообработке: учеб. пособие для нач. проф. образования / [В.Н. Заплатин, Ю.И. Сапожников, А. В. Дубов, Е. М. Духнеев]; под ред. В.Н. Заплатина. — 2-е изд., перераб. — М.: Издательский центр «Академия», 2015. — 240 с.

Интернет-ресурсы:

6. Сварка, оборудование, материалы. Форма доступа: www.welding.su/

7. Материаловедение. Форма доступа: http://tm.msun.ru/tm/books/kgb/oglav_g.html

8. Мир сварки. Справочный портал. Форма доступа: <http://weldworld.ru/>.

- нормативные документы:

Нормативные документы:

9. ГОСТ 380-2005 Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки.

10. ГОСТ 1050-88 Прокат сортовой, калиброванный из углеродистой качественной конструкционной стали.

11. ГОСТ 1435-90 Прутки, полосы и мотки из инструментальной нелегированной стали.

12. ГОСТ 5520-79 Прокат листовой из углеродистой низколегированной и легированной стали для котлов и сосудов, работающих под давлением. Технические условия.

13. ГОСТ 4543-71 Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия.

14. ГОСТ 20072-74 Сталь теплоустойчивая. Технические условия.
15. ГОСТ 5632-2014 Легированные нержавеющие стали и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки.
16. ГОСТ 4543-71 Прокат из легированной и углеродистой стали. Технические условия.
17. ГОСТ 10702-78 Прокат из качественной конструкционной углеродистой и легированной стали для холодного выдавливания и высадки. Технические условия
18. ГОСТ 19904-90 Прокат листовой холоднокатаный. Сортамент.
19. ГОСТ 1497-84 Металлы. Методы испытания на растяжение.
20. ГОСТ 9012-59 (ИСО 410-82, ИСО 6506-81) Металлы. Метод измерения твердости по Бринеллю.
21. ГОСТ 6996-66 Сварные соединения. Методы определения механических свойств.
22. ГОСТ Р ИСО 4136-2009 Испытания разрушающие сварных соединений металлических материалов. Испытание на растяжение образцов, вырезанных поперек шва.
23. ГОСТ Р ИСО 5178-2010 Испытания разрушающие сварных швов металлических материалов. Испытание на продольное растяжение металла шва сварных соединений, выполненных сваркой плавлением.
24. ГОСТ Р ИСО 9016-2011 Испытания разрушающие сварных швов металлических материалов. Испытание на ударный изгиб. Расположение образца для испытания, ориентация надреза и испытание.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1
«ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ И ПЛАСТИЧНОСТИ ПРИ
РАСТЯЖЕНИИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ».

Цель занятия: определение прочности и пластичности металлов, сплавов и других материалов, приобретение навыков в проведении механических испытаний, ознакомление с механическими характеристиками материалов: временным сопротивлением, истинным сопротивлением разрыву, относительным удлинением и относительным сужением.

Задание: на образце для испытаний из круглого или полосового проката определить механические характеристики материала образца: временное сопротивление, истинное сопротивление разрыву, относительное удлинение и относительное сужение, и сделать выводы о соответствии полученных значений механических характеристик материала стандартным значениям.

Материальное оснащение: разрывная машина, образцы для испытаний из круглого или полосового проката (рис. 2) длиной $l = 160$ мм, диаметром $d = 10$ мм; штангенциркуль; кернер; масштабная линейка; молоток.

Теоретические основы.

Механические свойства — это группа свойств, которая характеризует способность металлов, сплавов и изделий из них выдерживать различные внешние механические нагрузки (растягивающие, сжимающие, изгибающие, крутящие и др.). В зависимости от противодействия нагрузкам различают следующие механические свойства: прочность, твердость, ударная вязкость, пластичность и упругость. В машиностроении важным условием производства качественных деталей и изделий является знание механических свойств материалов, из которых изготовлены эти детали и изделия. Долговечность и надежность в процессе эксплуатации изделий машиностроения будут обеспечены только в том случае, когда при выборе материала учитываются их механические свойства. Все методы механических испытаний металлов и сплавов стандартизированы.

Прочность и пластичность конструкционных материалов являются одними из основных показателей, определяющих их применение в машиностроении, энергетике, строительстве и других отраслях промышленности.

Прочность — это способность материалов сопротивляться разрушению под действием внешних нагрузок.

В технике различают истинное сопротивление разрыву S_K и временное сопротивление (предел прочности при растяжении) σ_B .

Истинное сопротивление разрыву S_K , МПа, — это отношение нагрузки P_K , Н, к площади поперечного сечения образца после разрыва F_K , m^2 :

$$S_K = P_K / F_K, (1.1)$$

Площадь поперечного сечения образца после разрыва вычисляют по формуле

$$F_K = \pi d_K^2 / 4, (1.2)$$

где d_K — диаметр поперечного сечения образца после разрыва, м.

При определении временного сопротивления σ_B , МПа, наибольшую нагрузку, предшествующую разрушению образца P_{max} , Н, относят к площади поперечного сечения образца до испытания F_0 , m^2 :

$$\sigma_B = P_{max} / F_0, (1.3)$$

Площадь поперечного сечения образца до испытания определяют по формуле

$$F_0 = \pi d_0^2 / 4, (1.4)$$

где d_0 — диаметр образца до испытаний, м.

Временное сопротивление существенно влияет на долговечность, надежность, износостойкость, демпферные и другие свойства, отвечающие функциональному назначению изделия.

Характеристиками пластичности металлов и сплавов являются:

- относительное удлинение δ , %:

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100, (1.5)$$

где l_0, l_1 — длина образца до и после испытания соответственно.

- относительное сужение ψ , %:

$$\psi = \frac{F_0 - F_k}{F_0} \times 100, (1.6)$$

Временное сопротивление металлов и их сплавов определяют на разрывных машинах при испытании на растяжение.

В процессе растяжения образца на разрывной машине самопишущее устройство строит диаграмму растяжения (рис. 1). На диаграмме растяжения на оси ординат (вертикальная ось) откладывается величина нагрузки P в ньютонах, прикладываемая к образцу, на оси абсцисс (горизонтальная ось) — величина абсолютного удлинения Δl в миллиметрах. В процессе растяжения образец испытывает характерные деформации:

- на участке OA — упругую деформацию;
- на участке AB — упругопластическую деформацию при незначительном увеличении нагрузки;
- на участке BC — пластическую деформацию (текучесть), свободное удлинение без повышения нагрузки P_T ;
- на участке CD — упругопластическую деформацию.

В точке D образец воспринимает максимальную нагрузку, предшествующую разрушению (P_{max}), которой соответствует временное сопротивление образца σ_B . Участок DK — дальнейшее удлинение образца. При достижении длины l к образец разрушается.

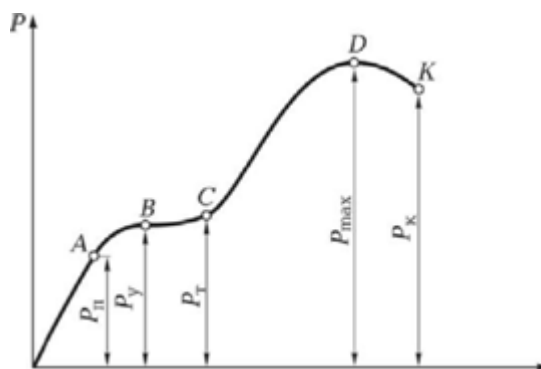


Рис. 1. Диаграмма растяжения низкоуглеродистой стали:

OA — прямая упругости; AB — кривая пропорциональности; BC — площадка текучести; CD — кривая резкого увеличения нагрузки; DK — кривая, предшествующая разрушению образца; P_y — нагрузка, соответствующая пределу упругости; P_{II} — нагрузка, соответствующая пределу пропорциональности; P_T — нагрузка, соответствующая пределу текучести; P_{max} — максимальная нагрузка, предшествующая разрушению образца; P_K — нагрузка в процессе разрушения образца; Δl — абсолютное удлинение; Δl_K — абсолютное удлинение образца, соответствующее его разрыву

Механические характеристики некоторых конструкционных материалов представлены в табл. 1.

Сущность метода испытания заключается в растяжении цилиндрических или плоских образцов на специальном оборудовании. Размеры образцов и методы испытаний различного сортового проката (круглого, лент, листов, проволоки и т.д.) при отрицательных, нормальных и повышенных температурах устанавливаются стандартами. В данной практической работе испытание на растяжение проводят при нормальной температуре 18...20°C. В процессе испытания определяют временное сопротивление, истинное сопротивление разрыву, относительное удлинение и относительное сужение образцов из различных конструкционных материалов.

Таблица 1

Механические характеристики некоторых конструкционных материалов

Марки материалов	Временное сопротивление $\sigma_{\text{т}}$, МПа	Относительное удлинение δ , %	Относительное сужение ψ , %	Марки материалов	Временное сопротивление $\sigma_{\text{т}}$, МПа
Ст2сп	330... 430	32		У7 У7А	690
Ст3сп	380. 470	26	—	У12, У12Л	590 .690
Стосп	490... 639	15... 17	—	15Х	550
Сталь 10	340	31	55	60С2	1 270
Сталь 40	580	19	45	ШХ15	2 550
Сталь 75	1 100	7	30	Р9М4КЯ	960
КЧ 30-6	300	6	-	СЧ30	300
ВЧ 100	1 000	4	-	АМц	90. 150
Д12	Более 16	15	-	Л62	330

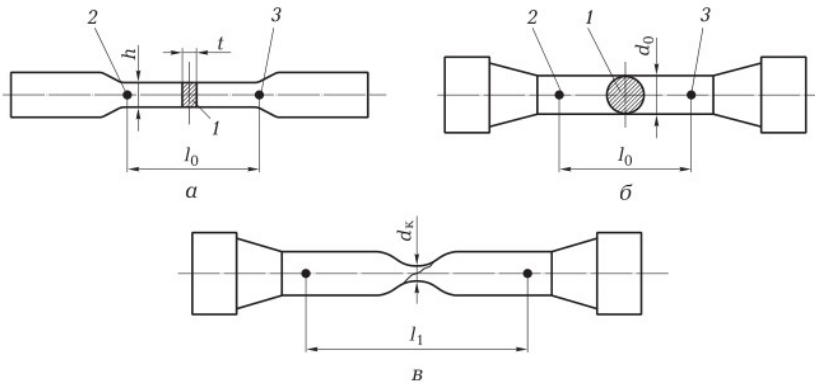


Рис. 2. Образцы для испытания металлов на растяжение:

а — из листового и полосового проката; б — из круглого проката; в — из круглого проката после растяжения; 1—3 — контрольные сечения; d_0 , d_k — диаметр образца до и после испытания соответственно; l_0 , l_1 — длина образца до и после испытания соответственно; h — толщина образца; t — ширина шейки

Порядок проведения занятия.

1. Изучить инструкцию по охране труда при испытании материалов, устройство и принцип действия разрывной машины.
2. Подобрать образцы для испытания на растяжение (образцы изготавливают в станочной мастерской на уроках производственного обучения).
3. Нанести на образце с помощью молотка и кернера две точки (керны), ограничивающие расчетную длину образца $l_0 = 100$ мм для разрывной машины.
4. Измерить штангенциркулем с точностью до 0,1 мм начальный диаметр образца d_0 . Замер производить в двух взаимно-перпендикулярных направлениях посередине и по концам

отрезка, равного расчетной длине образца (сечения 1, 2, 3). Данные измерений занести в табл. 2.

5. Рассчитать среднее значение диаметра в каждом сечении как среднее арифметическое измерений 1 и 2. Определить общее среднее значение диаметра образца как среднее арифметическое средних диаметров в каждом сечении. Результаты расчетов занести в табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчета среднего диаметра образца

Измерение	d ₀ , мм, в сечениях		
	1	2	3
1			
2			
Среднее значение			
Общее среднее значение			

6. Вычислить значение площади поперечного сечения образца по формуле (1.4), используя значение среднего диаметра образца.

7. Для проведения механических испытаний на разрывной машине:

- присоединить самопишущее устройство;
- установить миллиметровую бумагу, нанесите на ней оси координат;
- установить образец в захват машины;
- проверить положение стрелок прибора, установив их на «нуль» шкалы;
- включить электродвигатель и проведите испытание;
- выключить электродвигатель после разрушения образца.

8. Проанализировать диаграмму растяжения, вычерченную самопишущим устройством, расставив на ней соответствующие точки. По шкале определить максимальную нагрузку P_{max} , предшествующую разрушению образца.

9. По формуле (1.3) определить временное сопротивление образца. По формуле (1.1) рассчитать истинное сопротивление разрыву.

10. Вынуть образец из разрывной машины, измерить длину l_1 образца, полученную при растяжении. Измерить шейку образца по двум взаимно-перпендикулярным направлениям и определите средний диаметр шейки d_k . По формулам (1.5) и (1.6) определить относительное удлинение и относительное сужение образца.

11. Выполнить пп. 3—10 для каждого образца.

12. Выполнить отчет в письменном виде.

Содержание отчета

1. Название и цель работы,
2. Применяемое оборудование, материалы и образцы.
3. Данные измерений и результаты испытаний оформить в виде табл. 3 и 4.
4. Выводы о соответствии полученных значений механических характеристик материала стандартным значениям, указанным в табл. 1.

Таблица 3

Результаты испытаний по определению предела прочности при растяжении
(временного сопротивления образцов)

Номер образца	Марка материала	Площадь поперечного сечения образца F_0 , мм ²	Показание манометра при P_{max} , МПа	Максимальная нагрузка при разрыве P_{max} , Н	Временное сопротивление σ_B , МПа
Испытания на разрывной машине					
Испытания на гидравлическом прессе					

Таблица 4

Результаты испытаний по определению относительного удлинения и относительного сужения образцов

Номер образца	Длина образца, м		Площадь поперечного сечения, м ²		Характеристики пластичности	
	до испытания l_0	после испытания l_1	до испытания F_0	после испытания F_k	Относительное удлинение δ , %	Относительное сужение ψ , %

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1. Что называется прочностью? Приведите значения временного сопротивления стали, чугуна, меди и алюминия.
- 2. Что такое пластичность конструкционных материалов? Чем она характеризуется?
- 3. Опишите диаграмму растяжения стали, полученную в результате испытания.
- 4. Дайте определение пределу упругости металлов. Чем она характеризуется? Сравните упругость сталей Ст2 и У7, стали У10 и латуни ЛС59.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2.
«ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДАРНОЙ ВЯЗКОСТИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ»

Цель занятия: определение ударной вязкости металлов и сплавов, приобретение навыков в проведении испытаний на ударную вязкость.

Задание: на образцах для испытаний определить значение ударной вязкости материала образца, и сделать выводы о соответствии полученных значений стандартным значениям.

Материальное оснащение: маятниковый копер; образцы для испытаний размерами 55x10x10 мм (образцы изготавливают в слесарной мастерской на уроках производственного обучения) из низкоуглеродистой конструкционной стали; углеродистой инструментальной стали; алюминиевого сплава; серого чугуна; штангенциркуль.

Теоретические основы.

Детали машин (рессоры, торсионы, коленчатые валы, зубчатые колеса и др.), работающие при динамических знакопеременных нагрузках, должны обладать высокой прочностью на удар (ударная вязкость).

Ударная вязкость — это способность материала оказывать сопротивление действию ударных нагрузок. Ударная вязкость определяется на специальной установке — маятниковом копре (рис. 3).

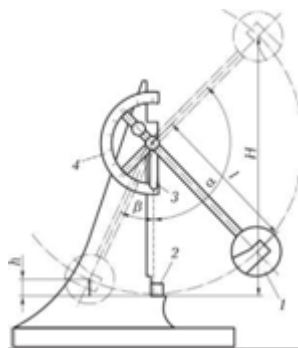


Рис. 3. Схема маятникового копра:

1 — маятник; 2 —испытуемый образец; 3 — стрелка; 4 — шкала; l — плечо маятника; H — начальная высота подъема маятника; α — угол подъема маятника; β — угол отклонения маятника; h — высота подъема маятника после отклонения

Согласно ГОСТ 9454—78 «Металлы. Методы испытаний на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенной температурах» ударную вязкость конструкционных материалов рекомендуется определять при разных температурах. Для испытания конструкционных материалов на ударную вязкость в зависимости от степени надежности и области применения металлов и сплавов изготавливают образцы 20 типов. Основными являются образцы размерами 55x10x10 (±0,1) мм с надрезом посередине радиусом 1 мм и глубиной 2; 3; 5 мм или радиусом 0,25 мм и глубиной 2 мм.

Форма надреза (концентратора напряжений) на образцах может быть трех видов: U-образной с радиусом 1 мм и глубиной 2 мм; V-образной с углом 45° и глубиной 2 мм; Т-образной с трещиной глубиной 5 мм посередине (рис. 4). Различные формы концентратора напряжений позволяют создать в образцах неравномерные напряжения, способствующие хрупкому разрушению (или изгибу под определенным углом) испытуемых образцов.

Ударная вязкость — это работа удара маятника, затраченная на разрушение образца и отнесенная к площади поперечного сечения этого образца (за вычетом площади надреза).

Работу K, Дж, затраченную на разрушение образца (работа удара), определяют по формуле:

$$K = Gl (\cos\alpha - \cos\beta), \quad (2.1)$$

где G — вес маятника, Н; l — расстояние от оси вращения маятника до его центра тяжести, м; α — угол начального подъема маятника; β — угол отклонения маятника от вертикальной оси после разрушения образца.

Ударную вязкость KС, Дж/м², рассчитывают по формуле:

$$K_C = K/S_0, \quad (2.2)$$

где S₀ — площадь поперечного сечения образца с учетом надреза (концентратора), м²

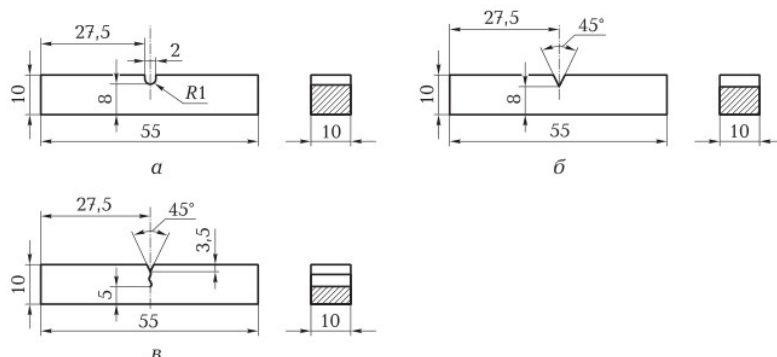


Рис. 4. Образцы для испытания на маятниковом копре:

а — с U-образным концентратором напряжений; б — с V-образным концентратором напряжений; в — с Т-образным концентратором напряжений с трещиной посередине

В зависимости от вида концентратора ударную вязкость обозначают KCU, KCV, KCT. Пример обозначения ударной вязкости:

KCV ⁺⁵⁰ 150/2/8,5: V-образный концентратор напряжений; верхний индекс +50 — температура в градусах Цельсия, при которой проведено испытание образца; 150 — работа удара в джоулях; 2 — глубина концентратора в миллиметрах; 8,5 — ширина образца в миллиметрах. При испытаниях, проводимых в нормальных условиях (при температуре 18...20 °С), индекс не ставят.

Максимальная работа маятников при свободном падении составляет 300 Дж (30 кгс · м).

При испытаниях на маятниковом копре можно определять хладноломкость, синеломкость, тепловую хрупкость и другие зависящие от температуры механические характеристики. Для определения ударной вязкости деталей машин после закалки, литья и сварки, а также деталей, имеющих неоднородность структуры, применяют образцы размерами 55x10x11 мм с усталостной трещиной.

Усталостную трещину изготавливают на специальных вибраторах.

Сущность метода испытания на маятниковом копре заключается в установке образца с концентратором напряжений (надрезом) посередине, подъеме маятника и разрушении образца при свободном падении маятника. При подъеме маятника фиксируется угол α (угол подъема). После разрушения образца маятник отклоняется на угол β . Далее рассчитывается работа удара K , затраченная на разрушение образца, и ударная вязкость.

Порядок проведения занятия.

1. Изучить инструкцию по охране труда при испытании материалов, устройство и принцип действия маятникового копра.

2. Установить образец на опоре так, чтобы концентратор напряжений (надрез) был обращен в сторону, противоположную направлению удара маятника.

3. Поднять маятник до высшего положения H , закрепить его защелкой и по шкале определить угол подъема α . Установить стрелку 3 шкалы 4 в нулевое положение и плавно, освободив защелку, отпустить маятник. При ударе маятника произойдет разрушение образца. После разрушения образца маятник, отклоняясь в обратном направлении, поднимется на высоту h и отклонится от вертикальных стоек на угол β . По шкале определить угол отклонения β .

4. Рассчитать работу, затраченную на разрушение образца, по формуле (2.1), ударную вязкость материала по формуле (2.2).

Содержание отчета

1. Название и цель работы,
2. Применяемое оборудование, материалы и образцы.
3. Данные измерений и результаты испытаний оформить в виде табл. 5.
4. Выводы о соответствии полученных значений ударной вязкости материала стандартным значениям.

Результаты испытаний по определению ударной вязкости образцов

Материал	Размеры образца, мм	Сечение образца в месте концентратора $S_0, \text{м}^2$	Наибольший угол подъема	Угол отклонения	Эскиз разрушаемых деталей, форма излома	Работа удара К, Дж	Ударная вязкость KCV,
Углеродистая сталь марок 30, 40							
Углеродистая сталь марок У8, У10							
Алюминиевый сплав							
Серый чугун							

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. На каких приборах определяется ударная вязкость?
2. Опишите устройство маятникового копра.
3. Что называется ударной вязкостью? В каких единицах она измеряется?
4. Назовите виды концентраторов напряжений в образцах. Как они обозначаются?
5. Укажите, где на практике используется свойство металлов «ударная вязкость».

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3.**«ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОСТИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ ПО БРИНЕЛЮ»**

Цель занятия: определение твердости металлов и сплавов, приобретение навыков в проведении испытаний по определению твердости методом Бринеля.

Задание: на образцах для испытаний определить значение твердости материала образца, и сделать выводы о соответствии полученных значений стандартным значениям.

Материальное оснащение: пресс Бринеля со съемными грузами; отсчётный микроскоп для измерения диаметра отпечатка; образцы для испытаний (образцы изготавливают в слесарной мастерской на уроках производственного обучения) из низкоуглеродистой конструкционной стали; таблица определения твердости; штангенциркуль; плакат со схемой прессы.

Теоретические основы.

Твердостью называется способность материала сопротивляться вдавливанию в него другого более твердого тела определенной формы и размеров.

Для испытания материалов на твердость используются специальные приборы, которые называются твердомерами или прессами. Применяются твердомеры различных типов: Бринеля, Роквелла и Виккерса. Отсюда и метод испытания твердости соответственно называют: по Бринелю, по Роквеллу, по Виккерсу.

Измерение твердости по Бринелю заключается в том, что поверхность испытываемого металла вдавливается стальной закаленный шарик диаметром 2,5; 5 или 10 мм под действием статической нагрузки Р. Схема испытаний на твердость по Бринелю показана на рис. 5.

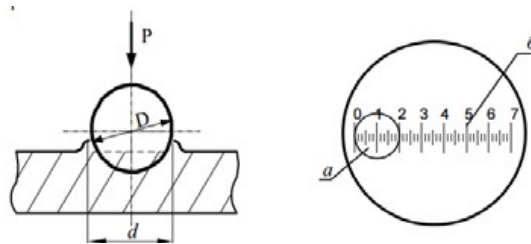


Рис. 5. Схема испытаний на твердость по Бринеллю:

а - схема испытаний; б - схема измерения отпечатка:

D – диаметр шарика; d – диаметр отпечатка а – поверхность отпечатка, б – шкала отсчётного микроскопа

В этом случае отношение усилия P к площади поверхности полученного отпечатка лунки F дает значение твердости, обозначаемое НВ.

$$HB = P/F; \text{КГС/ММ}^2$$

Диаметр отпечатка измеряется с помощью отсчётного микроскопа типа МБП-2 по схеме, показанной на рис. 5, б в двух взаимно перпендикулярных направлениях и определяется как среднее арифметическое значение из этих измерений. Чтобы не прибегать к длительным и довольно сложным вычислениям твердости по вышеприведенной формуле, на практике пользуются специальной таблицей, которая дает перевод диаметра отпечатка и число твердости НВ.

Диаметр шарика D и нагрузка P выбирается из таблицы в зависимости от толщины пластины и природы материала.

Диаметры отпечатков должны находиться в пределах: $0,2 D < d < 0,6 D$. Расстояние от центра отпечатка до края образца должно быть не менее $2,5 d$, а расстояние между центрами двух соседних отпечатков не менее $4 d$. Для испытания материалов различной твёрдости используются величины нагрузок и диаметры шариков (табл. 1.1). Пример записи числа твёрдости: 250 НВ 5/750/30. Твёрдость 250 единиц, шарик диаметром 5 мм, нагрузка 750 кг. Время выдержки под нагрузкой 30 с, по умолчанию 10–15 с.

К недостаткам метода Бринелля относятся: невозможность испытания металлов, имеющих твёрдость выше 450 НВ, по причине деформации шарика; невозможность испытания изделий с толщиной менее 1...2 мм, так как шарик будет продавливать тонкий слой металла; после испытания остаются заметные следы на поверхности изделия, что может вызвать нарушение его дальнейшей работоспособности.

Преимуществами метода являются: простота конструкции и надёжность в работе приборов; между числами твёрдости и пределами прочности существует приближённая эмпирическая зависимость (при других способах определения твёрдости её нет). Например: для сталей с $HB < 175 \sigma_b = 0,34 HB$, для сталей с $HB > 175 \sigma_b = 0,36 HB$.

Порядок проведения занятия.

1. Ознакомиться с принципом действия пресса.
2. Установить исследуемый образец на предметный столик пресса; с помощью маховика поднять предметный столик с расположенным на нем образцом до упора со стальным шариком.
3. Кнопкой "пуск" включить прибор в работу.
4. Закончив операции по вдавливанию стального шарика в исследуемую поверхность образца определить с помощью специальной лупы диаметр лунки d (мм).
5. С помощью таблицы определить твердость образца.
6. Составить протокол испытаний.
5. Выполнить отчет в письменном виде.

Таблица 6

Соотношения диаметра шарика, нагрузки и времени выдержки под нагрузкой от толщины испытуемого образца

Материал	Твёрдость, НВ	Толщина образца, мм	Соотношение между нагрузкой Р и диаметром шарика D	Диаметр шарика D, мм	Нагрузка Р, кгс	Выдержка под нагрузкой, с
Черные металлы и сплавы	140–450	От 6 до 3	$P = 30 D^2$	10	3000,0	10
		От 4 до 2		5	750,0	
		Менее 2		2,5	187,0	
	До 140	Более 6 От 6 до 3 Менее 3	$P = 10 D^2$	10 5 2,5	1000,0 250,0 62,0	10
Цветные металлы и сплавы	Более 130	От 6 до 3	$P = 30 D^2$	10	3000,0	30
		От 4 до 2		5	750,0	
		Менее 2		2,5	187,0	
	35–130	От 9 до 3	$P = 10 D^2$	10	1000,0	30
		От 6 до 3		5	250,0	
		Менее 3		2,5	62,0	
	8–35	Более 6	$P = 2,5 D^2$	10	250,0	60
		От 6 до 3		5	62,5	
		Менее 3		2,5	15,6	

Содержание отчета

1. Название и цель работы,
2. Применяемое оборудование, материалы и образцы.
3. Результаты испытаний оформить в виде табл. 7.
4. Выводы о соответствии полученных значений ударной вязкости материала стандартным значениям.

Таблица 7

Результаты испытаний по определению твердости образцов

Материал образца	Диаметр шарика, мм	Нагрузка, кгс	Диаметр отпечатка			Значение твердости по Бринеллю, НВ			
			I	II	III	I	II	III	Сред.
			мм	мм	мм	кгс/мм ²	кгс/мм ²	кгс/мм ²	кгс/мм ²

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое твёрдость?
2. Что принимается за единицу твёрдости по Бринеллю?
3. Как осуществляется выбор нагрузки?
4. Условия выбора диаметра шарика.
5. Как определяется твёрдость по методу Бринелля?
6. Способ записи числа твёрдости по Бринеллю.
7. Каковы преимущества и недостатки метода Бринелля?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4 «МИКРОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ»

Цель занятия: приобретение навыков микроструктурного анализа металлов и сплавов.

Задание: ознакомиться с устройством микроскопов МИМ-7 и ЕС МЕТАМ РВ-22, приготовить микрошлиф для исследования структуры, изучить и зарисовать исследуемую микроструктуру.

Материальное оснащение: металлографические микроскопы МИМ-7 или ЕС МЕТАМ РВ-22, комплект лабораторных образцов.

Теоретические основы.

Микроструктурный анализ заключается в исследовании строения материалов с помощью микроскопа. Наблюдаемая структура в этом случае называется микроструктурой.

В оптическом микроскопе используется луч света и обычные оптические системы, в которых увеличение изменяется благодаря комбинации стеклянных линз, призм, объективов и окуляров. Принцип действия микроскопа основан на отражении световых лучей от специально подготовленной поверхности образца. Наибольшее распространение в отечественной лабораторной практике получили микроскопы ММР-2, ММУ-3, МИМ-7, ЕС МЕТАМ РВ-22 и др. Принцип работы у этих микроскопов одинаковый. В каждом микроскопе условно можно выделить три системы:

- осветительную, состоящую из источника света, серии линз, светофильтров, диафрагмы;
- оптическую, включающую объектив, окуляр, зеркало, призмы и т. д.

Объектив и окуляр – это набор линз, заключенных в металлические оправы. В каждом микроскопе имеется несколько окуляров и объективов, дающих разные увеличения. В среднем увеличения различных окуляров изменяются в диапазоне от 3 до 20X, а объектива от 10 до 100X;

- механическую, состоящую из предметного столика, на который устанавливается исследуемый образец, штатива для подъема или опускания образца и тубуса для наблюдения структуры. Упрощенная схема хода лучей в металлографическом микроскопе типа РВ-22 представлена на рис. 6

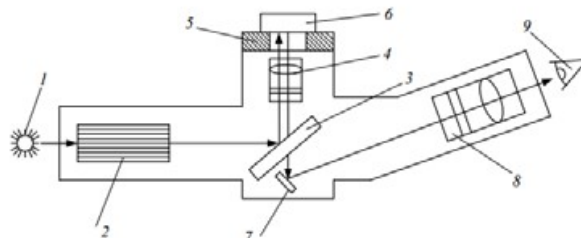


Рис. 6. Оптическая схема металлографического микроскопа:

1 – источник света; 2 – система диафрагм и светофильтров; 3 – полупрозрачная пластина или линза; 4 – объектив; 5 – предметный столик; 6 – исследуемый образец; 7 – отражающее стекло; 8 – окуляр; 9 – глаз исследователя

Общее увеличение V_M определяется как произведение увеличения окуляра V_{OK} на увеличение объектива V_{OB} :

$$V_M = V_{OK} V_{OB} = 250 / F_{OK} L / F_{OB} \quad (4.1),$$

где 250 – нормальное расстояние от глаза до объекта исследования, мм;

L – длина (оптическая) тубуса;

F_{OK} , F_{OB} – фокусные расстояния окуляра и объектива.

Увеличение окуляров и объективов указывается на их металлической оправе.

Изучение микроструктуры производится на образцах, называемых микрошлифами. Стандартным размером (наиболее удобным) считается микрошлиф с площадью поперечного

сечения 1 см^2 . Однако на практике часто приходится изготавливать шлифы больших или меньших размеров. Процесс изготовления шлифа состоит в следующем:

- на наждачном круге обрабатывается и выравнивается исследуемая поверхность;
- зачищенная поверхность шлифуется различными номерами наждачной бумаги с последовательным переходом от грубого номера к тонкому;
- при смене номера бумаги микрошлиф поворачивают на 90° ;
- шлифование в одном направлении ведётся до тех пор, пока не исчезнут поперечные риски от предыдущего номера бумаги. Шлифование можно вести вручную или на специальном станке;
- после шлифования образец полируется на полировальном круге, обтянутом фетром, сукном или бархатом. В качестве полировочного материала, наносимого на покрытие круга, используются различные окислы металлов (Cr_2O_3 , Al_2O_3 и др.), разбавленные водой. Полирование считается законченным, если с поверхности образца удалены все риски и он имеет зеркальную поверхность. Во время полирования образец нагревается до ($60 \dots 100^\circ \text{C}$), это приводит к образованию на поверхности вуали, которая искажает исследуемую структуру. Для устранения такого явления образец во время полирования необходимо периодически охлаждать водой;
- отполированный образец промывается водой, затем спиртом и сушится при помощи фильтровальной бумаги;
- затем он исследуется под микроскопом при небольшом увеличении для определения качества его изготовления, наличия и распределения неметаллических включений.

На микрошлифе будет виден светлый круг (без царапин, если образец хорошо отполирован), на котором отчетливо видны (возможные) неметаллические включения. Для выявления микроструктуры шлиф протравливается. В качестве травителя для выявления микроструктуры чаще всего применяются слабые спиртовые и водные растворы кислот и щелочей, а также смеси различных кислот. Наибольшее распространение для травления сталей получил $3 \dots 4\%$ спиртовой раствор азотной или пикриновой кислоты.

Любой сплав или металл состоит из большого числа различно ориентированных зёрен. На границе зёрен (даже чистых металлов) обычно располагаются различные примеси. Кроме того, граница зёрен имеет более искаженное строение, чем само зерно. В результате различной интенсивности растворения зерна и его границ создается рельеф поверхности шлифа. При рассмотрении микрошлифа в микроскоп этот рельеф будет создавать сочетание света и тени (рис. 7). Свет будет больше рассеиваться теми участками, которые сильнее протравились. Такие участки будут выглядеть более тёмными. При травлении полированная поверхность протирается со слабым нажимом ватным тампоном, смоченным травителем, либо раствор наносится на поверхность шлифа тонким слоем и выдерживается до тех пор, пока поверхность не станет матовой. После этого микрошлиф тщательно промывается проточной водой, спиртом и сушится фильтровальной бумагой.

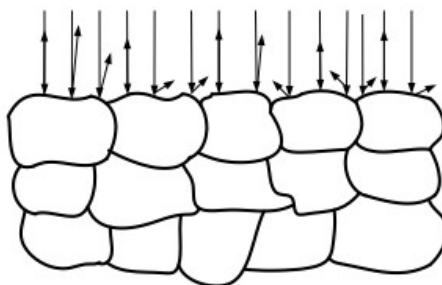


Рис. 7. Схема отражения света.

Порядок проведения занятия.

1. Ознакомиться с устройством микроскопов МИМ-7 и ЕС МЕТАМ РВ-22.
2. Приготовить микрошлиф для исследования структуры.

3. Изучить и зарисовать исследуемую микроструктуру.
4. Составить отчет.

Содержание отчета

1. Название и цель работы,
2. Применяемое оборудование, материалы и образцы.
3. Схема металлографического микроскопа.
4. Схема микроструктуры образца.
5. Описание микроструктуры исследуемого образца.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каков порядок приготовления микрошлифа?
2. Для чего проводится травление?
3. От чего зависит выбор травителя?
4. Как определяется увеличение микроскопа?
5. Чем отличается шлифование от полирования?
6. Что называется микроанализом?
7. Почему при травлении структура образца протравливается неодинаково?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5 «ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ НА СВОЙСТВА СТАЛИ»

Цель занятия: исследовать влияние скорости охлаждения на твердость углеродистой стали, нагретой до температуры заковки.

Задание: определить твердость образцов, нагретых до температуры $A_{c3} + (30...50) ^\circ C$ и охлажденных в различных средах, для каждого образца определить предполагаемую структуру, построить график зависимости твердости стали от скорости охлаждения

Материальное оснащение: комплект лабораторных образцов, твердомер Роквелла ТК-2.

Теоретические основы.

Способом, позволяющим изменять структуру и свойства сплавов, является термическая обработка. Термическая обработка сплавов, в частности стали, в большинстве случаев состоит в нагреве до определенной температуры, выдержке при этой температуре и охлаждении с разными скоростями в зависимости от требуемой конечной структуры и физико-механических свойств. Диаграмма состояния сплавов железа с углеродом даёт представление о структурных превращениях, протекающих в железоуглеродистых сплавах при очень медленном нагреве или охлаждении. При увеличении скорости охлаждения превращения аустенита смещаются в область низких температур, что используется при термической обработке стали.

Термическая обработка применяется для выравнивания химического состава сплавов, снятия внутренних напряжений, устранения наклёпа, улучшения обрабатываемости, повышения стойкости режущего инструмента, прочности, твердости и износостойкости деталей и ряда других свойств.

Интервалы температур нагрева для различных видов термической обработки приведены на рис. 8, а. Охлаждение стали производится с различными скоростями в зависимости от того, какие свойства необходимо получить. Различные скорости охлаждения стали приводят к получению различных структур. Скорости охлаждения для разнообразных видов термической обработки определяются по диаграмме изотермического превращения аустенита. На рис. 8, б представлена такая диаграмма для эвтектоидной стали.

При малых скоростях охлаждения V_1 аустенит превращается в перлит с твердостью HRC 15–20. При скоростях V_2 образуется сорбит (HRC 20–30), при V_3 – троостит (HRC 35–40). При скорости охлаждения выше V_3 произойдет лишь частичный распад аустенита с образованием троостита. Не распавшаяся часть аустенита претерпит бездиффузионное аустенито-мартенситное

превращение. В результате образуется троостомартенситная структура, которая чаще всего является нежелательной. При скоростях выше $V_{кр}$ в стали образуется только мартенсит.

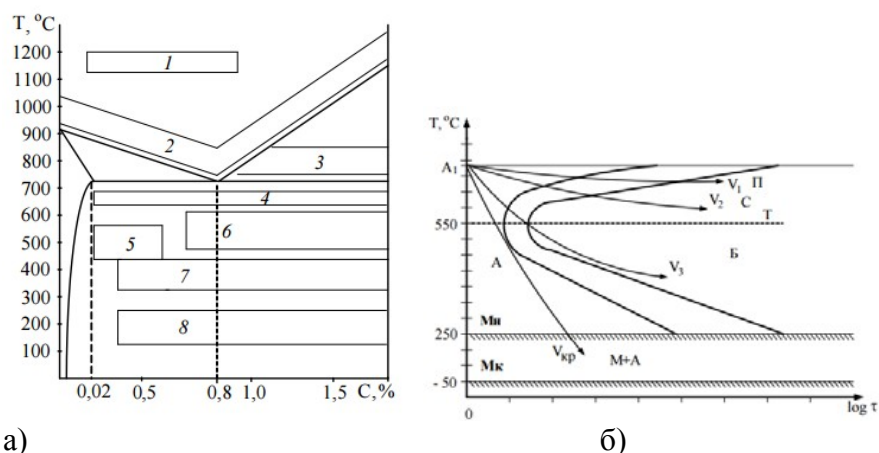


Рис. 8. Температура нагрева при различных видах термической обработки:

а - интервалы температур нагрева для различных видов термической обработки; б - схема диаграммы изотермического превращения переохлаждённого аустенита эвтектоидной стали:

1 – диффузионный отжиг; 2 – нормализация, полный отжиг и полная закалка; 3 – неполный отжиг и неполная закалка; 4 – рекристаллизационный отжиг; 5 – отжиг для снятия внутренних напряжений; 6 – высокий отпуск; 7 – средний отпуск; 8 – низкий отпуск;

П – перлит; С – сорбит; Т – троостит; Б – бейнит

Диффузионный отжиг применяется для крупногабаритных отливок с целью устранения ликвации. Иногда этот процесс называют гомогенизацией (от слова «гомогенный» – (однородный)).

При гомогенизации сталь нагревают до температуры 1050...1200 °С, время выдержки 8...20 часов и медленное охлаждение. Диффузионный отжиг приводит к росту зерна. Этот дефект может быть устранён дополнительным отжигом на мелкое зерно или нормализацией. В результате гомогенизации у стали повышаются такие механические свойства, как ударная вязкость и усталостные характеристики.

Рекристаллизационный отжиг проводится при температуре 650...700 °С. Время выдержки зависит от габаритов заготовки. Цель такого отжига – устранение наклёпа и повышение пластичности. Используется перед холодной обработкой давлением и как промежуточная операция для снятия наклёпа в деталях, прошедших холодную обработку давлением. Отжиг для снятия остаточных напряжений необходим для изделий, в которых после предшествующих технологических операций (обработка резанием, сварка и др.) возникли остаточные напряжения.

При этом виде отжига производится нагрев до 160...700 °С с выдержкой 2,5...3 мин на 1 мм толщины сечения. Полный отжиг заключается в нагреве доэвтектоидной стали на 30...50 °С выше температуры, соответствующей точке $A_{с3}$, выдержке для полного завершения фазовых превращений и последующем медленном охлаждении. В результате полного отжига получается мелкозернистая структура, обеспечивающая вязкость и пластичность. Неполный отжиг отличается от полного тем, что нагрев производится до температуры на 10...30 °С выше точки $A_{с1}$. Неполный отжиг для доэвтектоидных сталей применяется тогда, когда требуется только снижение твёрдости. Заэвтектоидные стали подвергаются только неполному отжигу. Нормализация заключается в нагреве стали до температуры $A_{с3} + (30...50) ^\circ\text{C}$ или $A_{сг} + (30...50) ^\circ\text{C}$, выдержке для прогрева и завершения фазовых превращений и охлаждения на воздухе. Нормализация вызывает полную фазовую перекристаллизацию и устраняет крупнозернистую структуру, полученную при литье, прокате, ковке или штамповке. Нормализация широко используется для улучшения свойств стальных отливок вместо закалки и отпуска. Закалка заключается в нагреве доэвтектоидных сталей

до температур на 30...50 °С выше A_{c3} (полная закалка), а заэвтектоидных – на 30...50 °С выше A_{c1} (неполная закалка). Неполная закалка доэвтектоидных сталей $A_{c1} + (30...50) ^\circ\text{C}$ и полная заэвтектоидных $A_{cT} + (30...50) ^\circ\text{C}$, как правило, не производится. После нагрева и выдержки сталь охлаждается со скоростью не ниже критической. Для получения различных структур при закалке изделия охлаждают с различной скоростью, которая зависит от охлаждающей среды, формы изделия и теплопроводности стали. Охлаждающая способность различных сред представлена в табл. 8.

Критическая скорость закалки определяется для каждой марки стали по диаграммам изотермического распада аустенита, которые приводятся в справочниках.

Таблица 8

Охлаждающая способность различных сред

Охлаждающая среда	Скорость охлаждения, °С/с.
Вода 18 °С	600
Вода 28 °С	500
Вода 50 °С	100
10%-ный раствор хлористого натрия	1100
10%-ный раствор углекислого натрия	800
Трансформаторное масло	120
Машинное масло	100
Мыльная вода	30
Спокойный воздух	3
Вместе с печью	0,02

Полученный после закалки мартенсит представляет собой перенасыщенный твёрдый раствор углерода в Fe, обладающий высокой твёрдостью (HRC 50–60), но хрупок. Для уменьшения хрупкости сталей после закалки применяют отпуск – нагрев стали до температур, лежащих ниже A_{c1} , – выдержку и последующее охлаждение на воздухе. Отпуск производится для снижения внутренних напряжений, повышения пластичности и вязкости закалённых сталей.

Порядок проведения занятия.

1. Определить твёрдость образцов из стали 45, нагретых до температуры $A_{c3} + (30...50) ^\circ\text{C}$ и охлажденных в различных средах. Каждый образец измерять трижды. За конечный результат принять среднее арифметическое значение.
2. Данные измерений занести в табл. 9.

Таблица 9

Результаты измерения твердости

Помер образца	Температура нагрева, С	Охлаждающая среда	Скорость охлаждения	Намеренная твердость			Предполагаемая структура
				HRC	HRB	MB	

3. Для каждого образца определить предполагаемую структуру.
4. Построить график зависимости твёрдости стали от скорости охлаждения.

Содержание отчета

1. Название и цель работы,
2. Применяемое оборудование, материалы и образцы.
3. Результаты испытаний оформить в виде табл. 9.
4. График зависимости твёрдости стали от скорости охлаждения
5. Выводы об определении предполагаемой структуры для каждого образца.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Виды термической обработки и их назначение.
2. Как влияет скорость охлаждения на микроструктуру и свойства стали?
3. Какова температура нагрева для различных видов термообработки?
4. Что такое критическая скорость закали?
5. Где находятся критические точки A_{c1} , A_{c3} , $A_{сг}$ для сталей с различным содержанием углерода?
6. Что такое перлит, сорбит, троостит, бейнит, мартенсит? Каковы механические свойства перечисленных структур?
7. Что такое полиморфное превращение железа и в чём его сущность?