

Министерство образования и науки Самарской области
государственное бюджетное профессиональное образовательное
учреждение Самарской области
«Борский государственный техникум

<p>«Согласовано» Руководитель МК _____ Л.В. Блинкова «__» августа 20__ г. Протокол № _____ от «__» _____ 20__ г.</p>		<p>Утверждаю Зам. директора по УПР _____ С.В.Ситников «__» августа 20__ г.</p>
---	--	---

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

по проведению практических занятий при освоении
программы учебной дисциплины
ОП. 03 Основы материаловедения
по профессии **15.01.05 Сварщик(ручной и частично механизированной
сварки (наплавки))**

с.Борское

Организация-разработчик: ГБПОУ СО «Борский государственный техникум»

Разработчик:

Власов М.Н. – преподаватель.

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

- **Общие положения.**

Настоящие методические указания по проведению практических занятий являются частью учебно-методического обеспечения учебной дисциплины ОП.03. Основы материаловедения, включающего 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.

- **Используемые сокращения**

- в настоящем пособии используются следующие сокращения:
ОП - 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;

- **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 и технологии общеслесарных работ 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, 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 ОП.03 всего – 68 часов, в том числе на проведение практических занятий – 22 часов.

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

№ п/п	Тема занятия	Объем часов
	Раздел 1. « Основные сведения о металлах.	

Строение и свойства металлов».		
1.	Определение предела прочности и пластичности при растяжении металлов и сплавов.	6
2.	Определение ударной вязкости металлов и сплавов	4
3.	Определение твердости металлов и сплавов по Бринеллю.	4
4.	Микроструктурный анализ металлов и сплавов.	4
5.	Исследование влияния скорости охлаждения на свойства стали.	2
6	Сопоставительная характеристика цветных металлов.	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.

• **Цель и результаты освоения дисциплины.**

Цель освоения дисциплины ОП. 03 Основы материаловедения и технологии общеслесарных работ -сформировать 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 4	Осуществлять поиск информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач.		
ОК 5	Использовать	информационно-	технологии
			В

		коммуникационные		
		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				- уметь пользоваться справочными таблицами для											
для	определен	свойс		определи		свойств		углеродист							
материалов;	ия	тв		я				ых							
				и	конструкционных	сталей,		цветных							
				металл		сплаво		а	также						
				ов	и	в,									
				полимерных материалов (пластмасс, полиэтилена, полипропилена и т.д.);											
				- уметь пользоваться справочными таблицами для											
				определения правил применения охлаждающих и											
				смазывающих материалов.											
-	выбирать	материалы	для	-	выбират	металлически	неметаллическ								
осуществле				охлаждаю		смазываю	материалы								
ния		профессиональной		щие		щие	для								
деятельност				осуществления				профессиональной				деятельности с			
и.				учетом их основных свойств и маркировки.											
Знания:															
- наименование, маркировку, основные				- знат				маркировку,				основные			
				наименование,											
свойства	и	классификацию		свойств	и	классификацию	углеродист								
ых		и	конструкционных	конструкционных		сталей,	цветных	металлов	и						
сталей, цветных металлов и				сплаво		а	также	полимерны							
сплавов,				а			х	материалов							

также	полимерных	материалов	(пластмасс, полиэтилена, полипропилена и т.д.);																
(пластмасс, полиэтилена, полипропилена и т.д.);																			
- правила применения охлаждающих и			- знать правила	применения	охлаждающих и														
смазывающих материалов;			смазывающих материалов;																
- механические испытания образцов материалов.			- знать методику проведения различных методов																
смазывающих материалов;			смазывающих материалов;																
- механические испытания образцов материалов.			- знать методику проведения различных методов																
образцов материалов.			механических испытаний образцов материалов.																

• 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. 03 Основы материаловедения и технологии общеслесарных работ

- 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 анализа краткого 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 пятибалльной 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 вопросы⁴
- «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.Список использованной литературы:

1. П. Солнцев и др. «Материаловедение» 13 издание М.: ИЦ «Академия», 2017 г.
2. Овчинников В.В. Основы материаловедения для сварщиков: учебник – 1-е изд. -М.: Издательский центр «Академия», 2014. - 256с.

Дополнительные источники:

- Чумаченко Ю.Т. Материаловедение. Учебник. – Изд. 5-е. – Ростов н/Д: Феникс, 2007–320 с.
 - Соколова Е.Н. Материаловедение (металлообработка): раб. тетрадь: учеб. пособие для нач. проф. образования – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 96 с.
3. 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», 2013. — 240 с.

Интернет-ресурсы:

- Сварка, оборудование, материалы. Форма доступа: www.welding.su/
- Материаловедение. Форма доступа: http://tm.msun.ru/tm/books/kgb/oglav_g.html

Нормативные документы:

- ГОСТ 380-2005 Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки.
- ГОСТ 1050-88 Прокат сортовой, калиброванный из углеродистой качественной конструкционной стали.

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

Приложение 1

Содержание практических занятий.

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.

- 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 , м²:

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

Площадь поперечного сечения образца после разрыва вычисляют по формуле

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

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 , м²:

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

Площадь поперечного сечения образца до испытания определяют по формуле

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

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 , %: $\delta = (l_1 - l_0) / l_0 \times 100$, (1.5)

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

- относительное сужение ψ , %: $\psi = (F_0 - F_K) / F_0 \times 100$, (1.6)

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

- 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.
- 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_k образец разрушается.

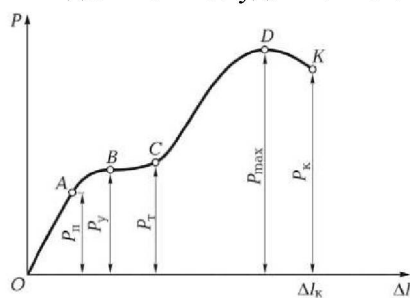


Рис. 1. Диаграмма растяжения низкоуглеродистой стали:

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; l — абсолютное удлинение; l_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.

- 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 $\sigma_{0.2}$, МПа	Относительное удлинение δ , %	Относительное сужение ψ , %	Марки материалов	Временное сопротивление $\sigma_{0.2}$, МПа
Ст2сп	330...430	32	—	У7, У7А	690
Ст3сп	380...470	26	—	У12, У12А	590...690
Ст5сп	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	Р9М4К8	960
КЧ 30-6	300	6	—	СЧ30	300
ВЧ 100	1 000	4	—	АМц	90...150
Д12	Более 16	15	—	Л62	330

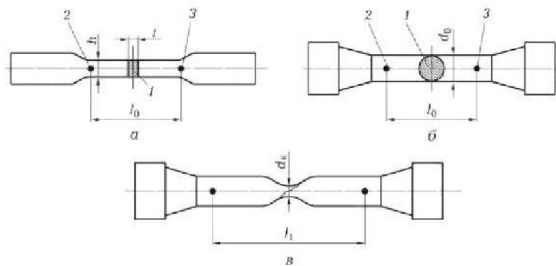


Рис. 2. Образцы для испытания металлов на растяжение:

- — 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.

- Изучить инструкцию по охране труда при испытании материалов, устройство и принцип действия разрывной машины.
- Подобрать образцы для испытания на растяжение (образцы изготавливают в станочной мастерской на уроках производственного обучения).
- Нанести на образце с помощью молотка и кернера две точки (керны), ограничивающие расчетную длину образца $l_0 = 100$ мм для разрывной машины.
- 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.
- 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.

Результаты расчета среднего диаметра образца

ИЗМЕРЕНИЕ	d ₀ , мм, в сеч ^{ниях}		
	1	2	3
1			
2			
Среднее значение			
Общее среднее значение			

- Вычислить значение площади поперечного сечения образца по формуле (1.4), используя значение среднего диаметра образца.
- 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.
- Проанализировать диаграмму растяжения, вычерченную самопишущим устройством, расставив на ней соответствующие точки. По шкале определить максимальную нагрузку P_{max} , предшествующую разрушению образца.
- По формуле (1.3) определить временное сопротивление образца. По формуле (1.1) рассчитать истинное сопротивление разрыву.
- 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.
- Выполнить пп. 3—10 для каждого образца.
- Выполнить отчет в письменном виде.

Содержание отчета

- Название и цель работы,
- Применяемое оборудование, материалы и образцы.
- Данные измерений и результаты испытаний оформить в виде табл. 3 и 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
<i>Испытания на разрывной машине</i>					
<i>Испытания на гидравлическом прессе</i>					

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

- Что называется прочностью? Приведите значения временного сопротивления стали, чугуна, меди и алюминия.
- Что такое пластичность конструкционных материалов? Чем она характеризуется?
- Опишите диаграмму растяжения стали, полученную в результате испытания.
- 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

- (образцы изготавливают в слесарной мастерской на уроках производственного обучения) из низкоуглеродистой конструкционной стали; углеродистой инструментальной стали; алюминиевого сплава; серого чугуна; штангенциркуля.

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 копере

(рис. 3).

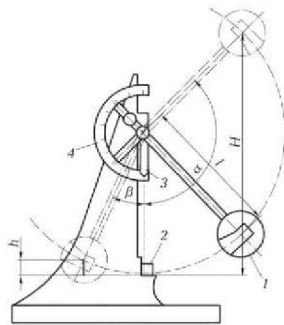


Рис. 3. Схема маятникового копра:

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 ($\pm 0,1$) 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; T-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:	
$K = Gl (\cos\alpha - \cos\beta),$	(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 K_C , Дж/м², рассчитывают по формуле:

$K_C = K/S_0,$	(2.2)
----------------	-------

где S_0 — площадь поперечного сечения образца с учетом надреза (концентратора), м²

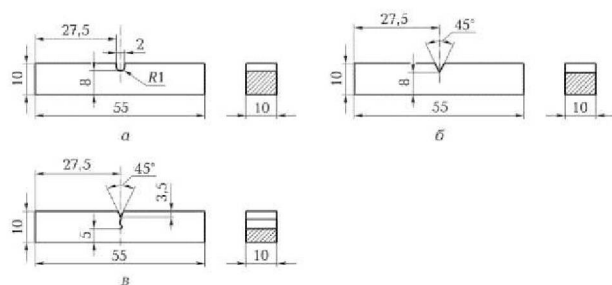


Рис. 4. Образцы для испытания на маятниковом копре:

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

- 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.

- Изучить инструкцию по охране труда при испытании материалов, устройство и принцип действия маятникового копра.
- Установить образец на опоре так, чтобы концентратор напряжений (надрез) был обращен в сторону, противоположную направлению удара маятника.
- Поднять маятник до высшего положения Н, 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 .
- Рассчитать работу, затраченную на разрушение образца, по формуле (2.1), ударную вязкость материала по формуле (2.2).

Содержание отчета

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

Табл
ица
5

Результаты испытаний по определению ударной вязкости образцов

Углеродиста
я

сталь марок
30, 40

Углеродиста
я

сталь марок
У8, У10

Алюминие-в
ый сплав

Серый чугун

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- На каких приборах определяется ударная вязкость?
- Опишите устройство маятникового копра.
- Что называется ударной вязкостью? В каких единицах она измеряется?
- Назовите виды концентраторов напряжений в образцах. Как они обозначаются?
- 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.

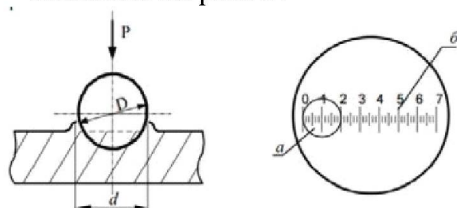
Задание: на образцах для испытаний определить значение твердости материала образца, сделать выводы о соответствии полученных значений стандартным значениям. **Материальное оснащение:** пресс Бринеля со съемными грузами; отсчетный микроскоп для измерения диаметра отпечатка; образцы для испытаний (образцы 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 P . Схема испытаний на твердость по Бринелю показана на рис. 5.



а)

б)

Рис. 5. Схема испытаний на твердость по Бринеллю:

- - схема испытаний; б - схема измерения отпечатка: D – диаметр шарика; d – диаметр отпечатка а – поверхность отпечатка, б – шкала отсчётного микроскопа

- этом случае отношение усилия P к площади поверхности полученного отпечатка лунки F

дает значение твердости, обозначаемое HB .

$$HB = \frac{P}{F}, \quad \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$$

Число твердости, выраженное через диаметр шарика D и диаметр отпечатка (лунки) d , определяется следующей формулой:

$HB =$	$\frac{2}{D - \sqrt{D^2 - d^2}}$	$\frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$	(3.1)
		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

- длительным и довольно сложным вычислениям твердости по вышеприведенной формуле, на практике пользуются специальной таблицей, которая дает перевод диаметра отпечатка и число твердости HB .

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 HB 5/750/30. Твёрдость 250 единиц, шарик диаметром 5 мм, нагрузка 750 кг. Время выдержки под нагрузкой 30 с, по умолчанию 10-15 с.

- недостаткам метода Бринелля относятся: невозможность испытания металлов, имеющих твёрдость выше 450 HB , 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 $HV < 175 \sigma_{\text{в}} = 0,34 HV$, для сталей с $HV > 175 \sigma_{\text{в}} = 0,36 HV$.

Порядок проведения занятия.

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

Табл
ица 6

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

Материал	Твёрдость, HV	Толщина образца, мм	Соотношение между нагрузкой P и диаметром шарика D	Диаметр шарика D, мм	Нагрузка P, кгс	Выдержка под нагрузкой, с
Чёрные 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	
Чёрные металлы и сплавы	До 140	Более 6	$P = 10 D^2$	10	1000,0	10
		От 6 до 3		5	250,0	
		Менее 3		2,5	62,0	
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

- Название и цель работы,
- Применяемое оборудование, материалы и образцы.
- Результаты испытаний оформить в виде табл. 7.
- 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				Сред.				
			I	II	III	I	II	III	кгс/ мм ²		кгс/ мм ²	кгс/ мм ²		
			М	М	М	кгс/ мм ²	мм ²	мм ²	мм ²	мм ²				
			М	М	М									

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- Что такое твердость?
- Что принимается за единицу твердости по Бринеллю?
- Как осуществляется выбор нагрузки?
- Условия выбора диаметра шарика.
- Как определяется твердость по методу Бринелля?
- Способ записи числа твердости по Бринеллю.
- 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-7и ЕС МЕТАМ РВ-22, приготовить микрошлиф для исследования структуры, изучить и зарисовать исследуемую микроструктуру.

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

Теоретические основы.

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

- оптическом микроскопе используется луч света и обычные оптические системы, в которых увеличение изменяется благодаря комбинации стеклянных линз, призм, объективов

- 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.

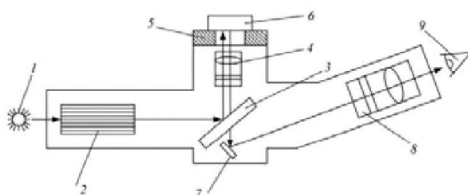


Рис. 6. Оптическая схема металлографического микроскопа:

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

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

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

где 250 – нормальное расстояние от глаза до объекта исследования, мм; L – длина (оптическая) тубуса;

F_{OK} , $F_{об}$ – 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...4 %-ный спиртовый 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 про-травились. 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.

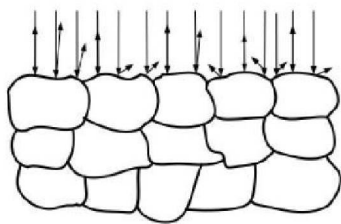


Рис. 7. Схема отражения света.

Порядок проведения занятия.

- Ознакомиться с устройством микроскопов МИМ-7 и ЕС МЕТАМ РВ-22.
- Приготовить микрошлиф для исследования структуры.
- Изучить и зарисовать исследуемую микроструктуру.
- Составить отчет.

Содержание отчета

- Название и цель работы,
- Применяемое оборудование, материалы и образцы.
- Схема металлографического микроскопа.
- Схема микроструктуры образца.
- Описание микроструктуры исследуемого образца.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- Каков порядок приготовления микрошлифа?
- Для чего проводится травление?
- От чего зависит выбор травителя?
- Как определяется увеличение микроскопа?
- Чем отличается шлифование от полирования?
- Что называется микроанализом?
- 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 закалки.

Задание: определить твёрдость образцов, нагретых до температуры $A_{c3} + (30 \dots 50)^\circ C$ и охлажденных в различных средах, для каждого образца определить предполагаемую структуру, построить график зависимости твёрдости стали от скорости охлаждения
Материальное оснащение: комплект лабораторных образцов, твердомер Роквелла ТК-2.

Теоретические основы.

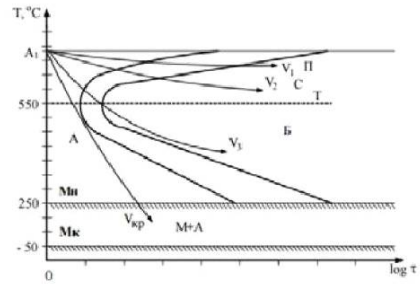
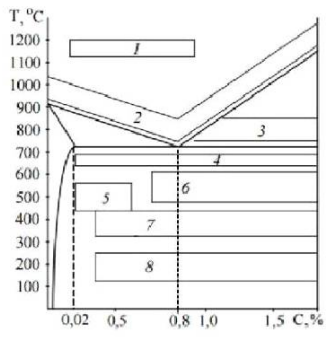
Способом, позволяющим изменять структуру и свойства сплавов, является термическая обработка. Термическая обработка сплавов, в частности стали, в большинстве случаев состоит в нагреве до определённой температуры, выдержке при этой температуре и охлаждении с разными скоростями в зависимости от требуемой 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, твёрдости 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.



а)

б)

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

• - 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 Ас₃, 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_{c1} . Неполный отжиг для доэвтектодных сталей применяется тогда, когда требуется только снижение твёрдости. Заэвтектоидные стали подвергаются только неполному отжигу. Нормализация заключается в нагреве стали до температуры $A_{c3} + (30...50) ^\circ\text{C}$ или $A_{cT} + (30...50) ^\circ\text{C}$, 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 доэвтектодных сталей до температур на 30...50 °С выше A_{c3} (полная закалка), а заэвтектоидных – на 30...50 оС выше A_{c1} (неполная закалка). Неполная закалка доэвтектоидных сталей $A_{c1} + (30...50) ^\circ\text{C}$ и полная заэвтектоидных $A_{cT} + (30...50) \text{ оС}$, 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.

**Табл
ица 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.

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

Табл
ица 9

Результаты измерения твердости

Номер образца	Темпера- тура на- грева, °C	Охлаж- дающая среда	Скорость охлаждения	Измеренная твердость			Предпола- гаемая структура
				HRC	HRB	MB	

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

Содержание отчета

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

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

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

Практическое занятие №6.

СОПОСТАВИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ.

Цель работы: изучить классификацию, микроструктуру, свойства и назначение типовых цветных сплавов машиностроения.

• КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ

К цветным относится обширная группа металлов следующих классов:

- *легкие* металлы являются основой сплавов для машиностроения, судостроения, самолетостроения. Это преимущественно алюминий и титан, реже магний;

- *легкоплавкие* металлы преимущественно используются для изготовления антифрикционных сплавов: это свинец, олово, цинк. Такие сплавы часто в виде тонкого слоя наносятся на рабочую поверхность стальной основы подшипников скольжения машин и механизмов;

- *редкоземельные* металлы применяются в качестве добавок к различным сплавам (сталям и др.) с целью улучшения их свойств;

- *благородные* металлы (золото, серебро, платина и др.) используются в электротехнике, электронике, радиотехнике;

- *урановые* металлы получили применение в атомной энергетике;

- *тугоплавкие* металлы (ниобий, тантал, молибден, вольфрам) применяются для изготовления изделий, работающих при особо высоких температурах до 1500...2000 °С.

Из цветных металлов наибольшее использование имеет **алюминий**, содержание которого в земной коре равно 8,8 %. Алюминиевые сплавы применяют для кузовов, рам, элементов дверей, радиаторов, колес автомобилей, блоков цилиндров, головок блоков, поршней двигателей внутреннего сгорания и других деталей машин.

Алюминиевые сплавы остаются одним из основных конструкционных материалов в производстве летательных аппаратов. Из них изготавливают элементы конструкций самолетов, воспринимающие действие механических сил: шпангоуты, лонжероны, нервюры и др. Сплавы в виде листов применяют для обшивки корпусов ракет и самолетов, изготовления топливных и масляных баков (сплав алюминий-магний, дуралюмин, алюминий - литиевые сплавы и др.). Поковки и штамповки получают из ковочных сплавов марок 1360 (АК6) и 1380 (АК8). В серийном производстве освоены новые алюминиевые сплавы, имеющие в два раза меньшее содержание вредных примесей и повышенное сопротивление к образованию трещин. Из этих сплавов промышленность производит листы длиной до 9 метров и плиты длиной до 25 метров.

Расширяется применение титановых сплавов преимущественно в судостроении и авиационной технике. Сплавы обычно получают способом вакуумно-дуговой плавки с расходуемым электродом. Выплавляемые титановые слитки имеют диаметр 500...800 мм, массу 5...8 тонн и далее подвергаются обработке давлением: ковке на молотах, прокатке на станах и др. Основными видами деформируемых титановых полуфабрикатов являются поковки, штамповки, прутки, профили, трубы.

На основе алюминия, меди, магния, титана и некоторых других цветных металлов разработаны сплавы, перечень основных видов которых по государственным стандартам приведен в табл. 16.

Таблица 16. Перечень основных разновидностей промышленных цветных материалов по государственным стандартам

№ ГОСТа	Наименование стандарта
493-79	Бронзы безоловянные литейные. Марки
613-79	Бронзы оловянные литейные. Марки
1320-74	Баббиты оловянные и свинцовые. Технические условия
1583-89Е	Сплавы алюминиевые литейные. Марки
2856-79	Сплавы магниевые литейные. Марки
4784-74	Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки
5017-74	Бронзы оловянные, обрабатываемые давлением. Марки
14957-76	Сплавы магниевые деформируемые. Марки
15527-70	Сплавы медноцинковые (латуни), обрабатываемые давлением. Марки
17711-80	Сплавы медно-цинковые (латуни) литейные. Марки
18175-78	Бронзы безоловянные, обрабатываемые давлением. Марки
19807-91	Титан и сплавы титановые деформируемые. Марки
28873-90	Сплавы на основе тяжелых цветных металлов, обрабатываемые давлением. Унифицированные марки.

Описание микроструктур цветных сплавов лабораторной коллекции шлифов дано в табл. 17, а схемы микроструктур приведены на рис. 14. Применяемые в современной технике цветные материалы на основе алюминия, меди, титана и других металлов подразделяются на деформируемые и литейные. Из *деформируемых сплавов* получают различными способами горячей и холодной обработки давлением кованные и штампованные заготовки, прутки, листы и прочие полуфабрикаты. Основу их структуры составляют твердые растворы.

Детали из *литейных сплавов* не обрабатываются давлением и ставятся в конструкцию машин в литом состоянии в виде фасонных отливок. Для изготовления из них отливок они должны обладать хорошими литейными технологическими свойствами: высокой способностью жидких сплавов к заполнению полостей литейной формы (жидкотекучестью), малой усадкой, небольшой склонностью к образованию трещин и др.

Таблица 17. Перечень лабораторной коллекции микрошлифов цветных сплавов

№	Наименов	Марка	ГОСТ	Химически	Обработка	Структурные
---	----------	-------	------	-----------	-----------	-------------

шлифа	ание			й состав, %	сплава	составляющие
42	Дураломин	Л160	4784-74	Al-основа; 3,8...4,8Cu; 1,2...1,8Mg ; 0,3...0,9Mn	Отжиг	-раствор и частицы интерметалл идов
43	Медно-цинковый сплав (латунь)	Л68	15527-70	Cu – основа 30- 33 Zn	Холодная деформация и отжиг	Зерна -раствора с двойниковыми кристаллами (светлые и темные)
44	Титановый сплав	BT3-1	19807-91	Ti-основа; 5,5...7Al; 2...3Mo;1; 2...5Cr; 0,15...0,4 Si; 0,2...0,7 Fe.	Отжиг	-раствор (светлый) и - раствор (темный)
45	Силумин	AK12	1583-89E	Al-основа; 10...13 Si	Литьё без модифицирования	Эвтектика (+Si) и крупные кристаллы Si.
46	Силумин	AK12	1583-89E	Al-основа; 10...13 Si	Литьё с модифицированием	Дисперсная эвтектика (+Si) и - раствора (светлый)
47	Магниево-цинковый сплав	МЛ5	2856-79	Mg – основа 7,5...9 Al; 0,2...0,8 Zn; 0,15...0,5 Mn.	Литьё и закалка	Перенасыщенный - раствор и Mg ₄ Al ₃
48	Бронза оловянная	BrO10 Ф1	-	Cu – основа 9...11 Sn; 0,8...1,2 P	Литьё	Дендриты - раствора (темные), эвтектоид (светлый) и Cu ₃ P
49	Баббит	Б83	1320-74	Sn – основа;	Литьё	-раствор, светлые

				10...12 Sb; 5,5...6,5 Cu		крупные кристаллы и мелкие Cu ₃ Sn
--	--	--	--	-----------------------------	--	--

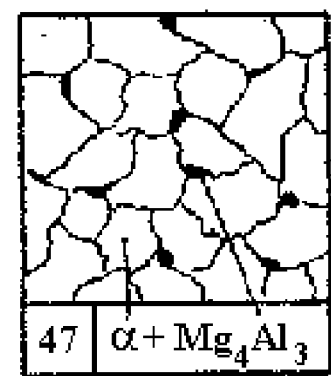
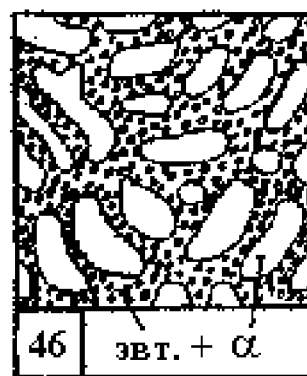
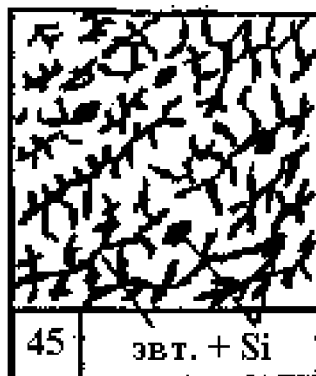
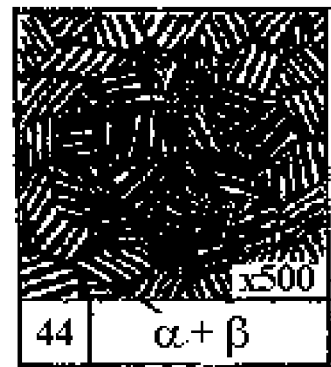
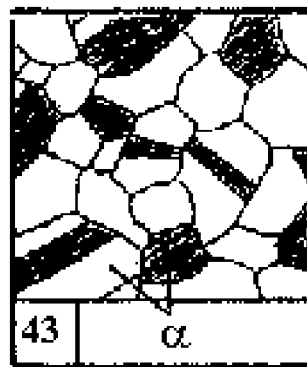
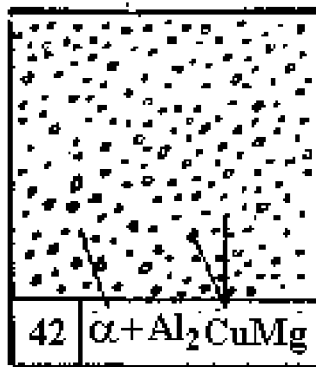


Рис. 14. Схемы микроструктур цветных сплавов.

Широкое использование получили материалы алюминий – медь – магний, дополнительно легированные марганцем (дуралюмины). В отожженном состоянии при содержании 3,8...4,8 % меди микроструктура дуралюминов состоит из - твердого раствора меди в алюминии и вторичных дисперсных включений интерметаллических соединений $CuAl_2$, Al_2CuMg (S-фазы).

Наиболее распространенными деформируемыми медными сплавами являются *медно-цинковые сплавы* (латуни). Двухкомпонентные сплавы медь-

цинк при содержании до 39 % цинка имеют микроструктуру из одного -твердого раствора цинка в меди (латунь Л68). Микроструктура образца, подвергнутого холодной деформации и рекристаллизационному отжигу, состоит из равновесных зерен твердого раствора, имеющих вследствие анизотропии (зависимости свойств от направления) различный цвет от светлого до разных оттенков темного. Эти латуни применяются для получения ленты, трубок.

У латуней с содержанием 39...46 % цинка микроструктура состоит из зерен - твердого раствора и фазы ' (упорядоченный твердый раствор на основе соединения CuZn). Такие двухфазные латуни имеют повышенную прочность при пониженной пластичности и изготавливаются в виде прутков и других полуфабрикатов.

Большинство деформируемых промышленных *титановых сплавов* получают после отжига микроструктуры из - раствора или + - растворов на основе титана. Твердый раствор на основе Ti имеет гексагональную кристаллическую решетку, - раствор на основе Ti - решетку объемно-центрированного куба. Титановые сплавы характеризуются высокой удельной прочностью, хорошей сопротивляемостью коррозии.

Широкое применение имеют литейные сплавы алюминий-кремний (*силумины*). У заэвтектического сплава микроструктура состоит из эвтектики и первичных более крупных кристаллов кремния, например, у силумина АК12. Эвтектика представляет собой смесь - твердого раствора кремния в алюминии и грубых игольчатых кристаллов кремния, играющих роль внутренних надрезов (концентраторов напряжения). При модифицировании жидкого силумина натрием в количестве 0,05...0,08 % эвтектика измельчается и состоит из раствора и мелких зерен кремния. Микроструктура модифицированного доэвтектического силумина имеет первичные светлые дендриты твердого раствора и мелкозернистую эвтектику. Измельчение эвтектики и отсутствие в микроструктуре грубых кристаллов первичного хрупкого кремния позволяет несколько повысить прочность и пластичность силумина. Силумины применяют для изготовления фасонных отливок сложной формы.

Из литейных сплавов меди используются наиболее широко *бронзы*. Литая оловянная бронза с содержанием олова до 5...6 % имеет структуру - твердого раствора олова в меди с развитой дендритной ликвацией. Микроструктура литой бронзы, содержащей более 6 % олова, состоит из дендритов твердого раствора и извилистых светлых включений хрупкого эвтектоида (дисперсной смеси двух фаз: - раствора и $Cu_{31}Sn_8$ (-фазы)).

Оловянная бронза, раскисленная фосфором, дополнительно имеет в микроструктуре небольшие включения химического соединения Cu_3P светло-голубого цвета, например, бронза марки БрО10Ф1. Оловянные

бронзы применяются для изготовления сложных по форме отливок, подшипников скольжения, арматуры.

Из *магневых* литейных сплавов наиболее широко используются сплавы магний – алюминий – цинк, например, марки МЛ5. В литом состоянии микроструктура сплава МЛ5 состоит из α -твердого раствора алюминия и цинка в магнии и включений хрупкого химического соединения Mg_4Al_3 . Применение длительного нагрева отливок при 400 °С приводит к растворению части включений химического соединения в твердом растворе, что позволяет повысить пластические свойства. Охлаждение в воде дает перенасыщенный α -раствор с частицами Mg_4Al_3 (закалка). Магневые сплавы характеризуются небольшой плотностью (1,7 г/см³).

Для заливки вкладышей подшипников скольжения широкое применение получили сплавы олово – сурьма – медь, например, *оловянный баббит* Б83. Микроструктура баббита состоит из мягкого β -твердого раствора сурьмы в олове и крупных светлых кристаллов упорядоченной α -фазы на основе химического соединения $SnSb$ с высокой твердостью. Введение небольшого количества меди обеспечивает кристаллизацию в жидком растворе олова с сурьмой разветвленных дендритов ранее затвердевающего химического соединения $Cu_{31}Sn_8$, которые препятствуют ликвации в сплаве по плотности ("всплыванию") кристаллов α -фазы.

Наличие в микроструктуре баббита мягкой, пластичной основы из раствора β и включений кристаллов химических соединений с высокой твердостью обеспечивает сочетание прирабатываемости подшипника к валу с износостойкостью и небольшой коэффициент трения между валом и подшипником при наличии жидкостного трения.

2. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТЫ

В работе используются металлографические микроскопы и коллекции микрошлифов. Описание микроскопов дано в лабораторной работе № 2.

3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ И ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Практическая часть работы заключается в изучении микроструктуры типовых цветных сплавов машиностроения: алюминиевых, медных, титановых, магневых, баббита. Микроанализ проводится, как правило, при увеличении микроскопа 100. Студентам предоставляется лабораторная коллекция микрошлифов, подготовленных для анализа.

При изучении микроструктуры с помощью описания в табл. 17 и схем микроструктур (рис. 14) устанавливают, какие структурные составляющие имеет каждый образец, наименование и марку сплава, химический состав и обработку.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Итоги проведенной работы оформляют в отчете, который должен содержать следующие разделы:

- Цель работы.
- Оборудование, приборы и материалы, использованные при выполнении работы.
- Теоретические положения: перечень классов цветных металлов; краткие сведения о типовых литейных и деформируемых цветных сплавах машиностроения.

- Методика проведения работы и полученные результаты. Зарисовка схем микроструктур всех цветных сплавов коллекции шлифов; наименование сплава, марка, химический состав, обработка, структурные составляющие.

В конце занятия преподаватель путем устного опроса проверяет усвоение знаний студентами по вопросам для самопроверки. Оформленные отчеты проверяются и подписываются преподавателем.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К РАБОТЕ И САМОПРОВЕРКИ

1. Как классифицируются цветные металлы?
2. Где применяются редкоземельные, благородные, урановые, тугоплавкие, легкие, легкоплавкие металлы?
3. Какие типичные цветные металлы используются в качестве основы для создания конструкционных материалов машиностроения?
4. Какие цветные металлы применяются в качестве основы для антифрикционных сплавов подшипников скольжения?
5. Какое применение находит алюминий и его сплавы в машиностроении?
6. Какие требования предъявляются к микроструктуре деформируемых и литейных цветных сплавов?
7. Какую микроструктуру должны иметь антифрикционные сплавы?
8. Что представляет собой твердый раствор в дуралюминах?