

МИНИСТЕРСТВО ОБЩЕГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ СВЕРДЛОВСКОЙ  
ОБЛАСТИ «КАМЫШЛОВСКИЙ ТЕХНИКУМ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И  
ТРАНСПОРТА»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К  
ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ  
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ «Материаловедение»**

для студентов специальности  
23.01.09. «Машинист локомотива»

Составил:  
преподаватель спец.  
дисциплин  
Ботвинко С. И.

Камышлов  
2016

## АННОТАЦИЯ

Методические рекомендации к выполнению практических работ по учебной дисциплине «Материаловедение» предназначены для студентов специальности 23.01.09. «Машинист локомотива».

Пособие соответствует государственному образовательному стандарту учебной дисциплины «Материаловедение», оно содержит рекомендации для студентов по проведению и обработке результатов практических работ в рамках общеобразовательного цикла ОПОП.

Данные методические рекомендации предназначены для студентов первых курсов техникума. Они помогут студентам приобрести практические навыки экспериментальной работы и обработки экспериментальных данных, усвоить основные понятия более глубоко усвоить теоретический материал.

В методических рекомендациях определены цели и задачи выполнения практических работ, описание каждой работы включает в себя необходимые для выполнения работы теоретические сведения, экспериментальную часть, указания по обработке результатов и их представлению в отчете. В приложении дан минимальный справочный материал.

## Оглавление

1. ВВЕДЕНИЕ .....	4
2. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА: ОЗНАКОМЛЕНИЕ С МЕТОДИКОЙ ИЗМЕРЕНИЯ ТВЕРДОСТИ ПО РОКВЕЛЛУ И БРИНЕЛЛЮ .....	5
3. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА : ПОСТРОЕНИЕ ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗО ЦЕМЕНТИТ, ЖЕЛЕЗО - ГРАФИТ .....	10
4. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА : РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ДИАГРАММЕ СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО - УГЛЕРОД.....	12
5. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА: ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ СТАЛЕЙ, БЕЛОГО И СЕРОГО ЧУГУНОВ.....	14
6. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА :ПРОВЕДЕНИЕ ЗАКАЛКИ И ОТПУСКА УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ .....	18
7. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА :РАСШИФРОВКА ОБОЗНАЧЕНИЯ МАРОК СПЛАВОВ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ .....	20
8. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА :ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РЕЗИНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	23
9. ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	27
10. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	28

## ВВЕДЕНИЕ

Материаловедение является общепрофессиональной дисциплиной, устанавливающей базовые знания для освоения профессионального модуля ПМ 01. Техническое обслуживание и ремонт автотранспорта.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен уметь:

- выбирать материалы на основе анализа их свойств для конкретного применения;
- выбирать способы соединения материалов;
- обрабатывать детали из основных материалов.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать:

- строение и свойства машиностроительных материалов;
- методы оценки свойств машиностроительных материалов;
- области применения материалов;
- классификацию и маркировку основных материалов;
- методы и способы защиты от коррозии;
- способы обработки материалов.

Профессиональные компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:  
ПК-1.1. Организовывать и проводить работы по техническому обслуживанию и ремонту автотранспорта.

ПК-1.2. Осуществлять технический контроль при хранении, эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте автотранспортных средств.

ПК-1.3. Разрабатывать технологические процессы ремонта узлов и деталей. ПК-2.2. Контролировать и оценивать качество работы исполнителей работ.

ПК-2.3. Организовывать безопасное ведение работ при техническом обслуживании и ремонте автотранспорта.

Практические работы - важнейшая составная часть обучения материаловедению, направленная на гармоничное развитие личности студента. Они имеют большое теоретическое и практическое значение. Основной целью практических работ является углубление и закрепление знаний, полученных на теоретических занятиях по материаловедению.

Методические указания по выполнению практических работ по материаловедению разработаны в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Содержание методических указаний по выполнению практических работ по материаловедению соответствует требованиям Федерального государственного стандарта среднего профессионального образования.

Пособие включает практические работы по темам курса материаловедения. Каждая практическая работа содержит сведения о цели ее проведения и практическом использовании результатов исследования, о необходимых для проведения работы материалах, приборах, инструментах, приспособлениях; включает описание работы и нормативные данные об испытуемых материалах.

К выполнению практических работ студенты приступают после подробного изучения соответствующего теоретического материала. Перед проведением практической работы необходимо ознакомиться с устройством оборудования и приборов, ознакомиться с правилами обращения с ними. При проведении испытаний необходимо соблюдать правила техники безопасности. Нельзя без разрешения преподавателя включать рубильники и пускатели, приводить в действие лабораторные машины и оборудование, использовать реактивы не по назначению.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА: ОЗНАКОМЛЕНИЕ С МЕТОДИКОЙ ИЗМЕРЕНИЯ ТВЕРДОСТИ ПО РОКВЕЛЛУ И БРИНЕЛЛУ

**Цель:** научиться определять твердость металлов различными способами.

**Оборудование:** твердомер Бринелля; твердомер Роквелла; образцы в виде пластин или дисков из различных металлов; таблицы показателей механических свойств металлов и сплавов.

Время на проведение работы – 2 часа

**Задание:**

1. Изучите методику определения твердости по Бринеллю и Роквеллу.
2. Определите твердость металлов и сплавов различными способами.
3. Составьте отчет о работе по форме 1.

### Подготовительные работы

Заранее подготавливают образцы различных металлов и сплавов, твердость которых будут определять. Образцы изготавливают в виде пластин или дисков с параллельными плоскостями. Толщина пластин или дисков зависит от предполагаемой твердости металла. Так, толщина образцов из мягких сталей, алюминия, меди должна быть не меньше 6 мм, из других сталей, дюралюмина, силуминов, никеля, бронз, латуней – не менее 4 мм.

Поверхность образцов очищают от окалины и других посторонних веществ. На ней не должно быть вмятин, следов от ударов, раковин.

### Содержание работы

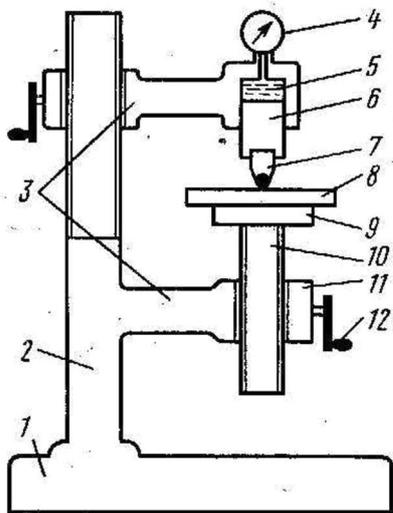
Твердостью металла называют его способность сопротивляться проникновению в него другого, более твердого тела. Твердость металлов определяют, измеряя деформации в поверхностном слое металла при вдавливании в него шарика или индикатора (деталь в виде острия) под действием регламентированной нагрузки.

**Определение твердости по Бринеллю.** Твердость металла по Бринеллю оценивают по диаметру отпечатка на поверхности испытуемого металла, оставленного вдавливаемым шариком.

Твердость определяют с помощью твердомера Бринелля (рис. 1).

Испытуемый образец 8 кладут на рабочий стол твердомера 9 так, чтобы центр отпечатка отстоял от края образца не менее чем на 2,5 диаметра предполагаемого отпечатка (для меди и алюминия 3,0d), а расстояние между центрами двух соседних отпечатков должно быть не менее 4,0d, а для меди и алюминия 6,0d. Вращением рукоятки 12, насаженной на червячный вал редуктора 11, поднимают стол 9 с образцом 8. При этом шарик наконечника вдавливается в поверхностный слой образца 8. Одновременно наконечник через поршень 6 сжимает в гидроцилиндре 5 масло, давление в котором определяют по манометру 4.

Шарики наконечника - съемные, изготовлены из термически обработанной стали с твердостью, определенной по методу Виккерса не менее HV 850. Диаметр применяемых шариков 2, 5 и 10 мм. Для образцов, толщина которых указана в описании подготовительных работ, используют шарики диаметром 10 мм.



Загружают образец равномерно, что достигается плавным вращением рукоятки со скоростью примерно один оборот в секунду. После того как нагрузка достигнет требуемой величины, ее выдерживают определенное время. Размер нагрузки и время выдержки под нагрузкой образца зависит от твердости металла и толщины испытуемого образца (табл. 1).

Рисунок 1 – Твердомер Бринелля

1- станина; 2 - колонна; 3- консоли; 4 - манометр; 5 - гидроцилиндр; 6 - поршень; 7- сменный наконечник; 8 - испытуемый образец; 9-рабочий стол; 10-червячный винт; 11-червячный редуктор; 12 – рукоять

Таблица 1- Размер нагрузки и время выдержки под нагрузкой при диаметре шарика 10 мм

Материал	Интервал твердости в числах Бринелля	Нагрузка на шарик Р, кгс	Выдержка под нагрузкой, с
Черные металлы (мягкие стали)	140	1000	10
Черные металлы (мягкие стали)	140-450	3000	10
Никель, дюралюмины, силумины, латуни, бронзы	35-130	1000	30
Алюминий, медь	8-35	250	60

Нагрузку на образец определяют по показанию манометра 4, который в некоторых случаях градуирован на величину нагрузки в кгс. Требуемое показание манометра устанавливают по формуле:  $M=P/F_{п}$ , (1) где М – показание манометра, кгс/см; Р – требуемая нагрузка по таблице 1, кгс;  $F_{п}$  – площадь поршня цилиндра, см<sup>2</sup>.

После того как время выдержки истечет, нагрузку снимают, вращая рукоять 12 в обратном направлении. Образец снимают со стола 9 и измеряют диаметр отпечатка отсчетным микроскопом, который входит в комплект прибора. Замер производят с погрешностью не более 0,01 мм. Твердость металла характеризуется числом твердости по Бринеллю НВ, которое определяют по формуле:

$$HB = \frac{P}{S} = \frac{2P}{D(D + \sqrt{D^2 - d^2})}, \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}, \quad (2)$$

где P – усилие, действующее на шарик, кг;  
 S- площадь поверхности отпечатка, мм;  
 D- диаметр шарика, мм.;  
 d – диаметра отпечатка, мм;  
 HB – твердость по Бринеллю.

Например, при измерении твердости шариком диаметром 10 мм под нагрузкой 3000 кгс, выдерживаемой в течение 10 с, число твердости по Бринеллю выражается символом HB, например HB 180. При других параметрах испытания их символ дополняется индексом. Например, HB 5/750/30-200, что означает число твердости по Бринеллю 200 при испытании шариком диаметром 5 мм, под нагрузкой 750 кгс, приложенной в течение 30 с.

К прибору Бринелля прилагается таблица, в которой число твердости по Бринеллю указано в зависимости от диаметра отпечатка и нагрузки. При наличии таких таблиц подсчеты по формуле (2) можно не делать.

Результаты испытания записывают в тетрадь по форме 1.

Форма 1

Измерение твердости									
Металл или сплав	По Бринеллю					По Роквеллу			
	диаметр вдавливаемого шарика мм,	нагрузка кгс,	диаметр отпечатка на металле мм,	символ числ. твердости	число твердости по Бринеллю	вид наконечника	общая нагрузка	символ числ. твердости	число твердости по Роквеллу

**Определение твердости по Роквеллу.** Твердость металлов по Роквеллу оценивается глубиной проникновения в него наконечника (алмазного конуса или стального шарика), вдавливаемого с определенной силой. За условную единицу твердости по Роквеллу принята величина, соответствующая проникновению наконечника на 0,002 мм.

Твердость определяют на рычажном твердомере Роквелла (рис. 2).

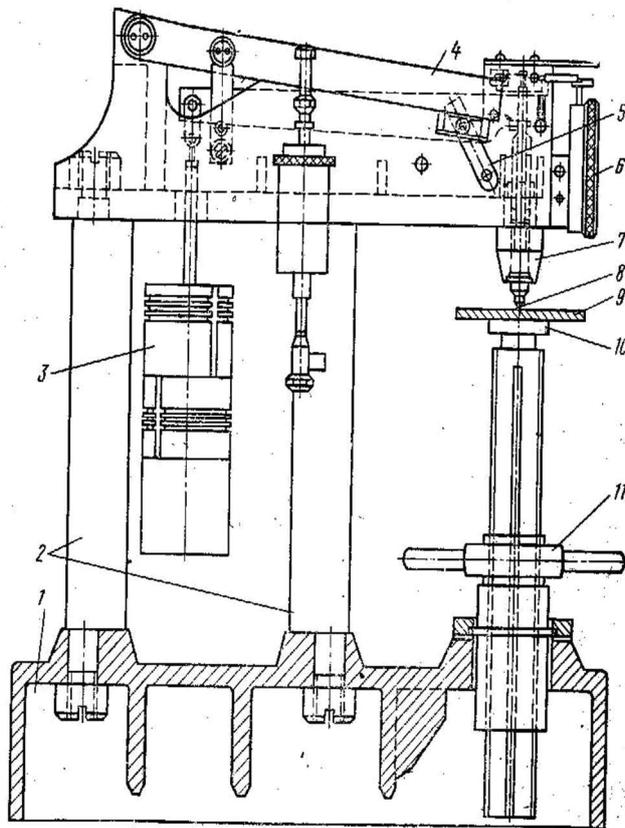


Рис. 2 - Твердомер Роквелла:

1 – станина, 2 – колонны, 3 – груз, 4 – рычажное устройство, 5 – рукоятка включения, 6 – индикатор, 7 – сменный наконечник, 8 – стальной шарик или индектор (алмазный конус), 9 – испытуемый образец, 10 – рабочий стол, 11 – маховик

Сменные наконечники 7 прибора оканчиваются стальным шариком диаметром 1,588 мм или индектором 8, представляющим собой алмазный конус.

На циферблате индикатора 6, по которому определяют число твердости, нанесены три шкалы: А, В, С. Шкала А служит для отсчетов при испытаниях алмазным конусом под общей нагрузкой 60 кгс. Число твердости в этом случае обозначается индексом HRA; пределы измерений HRA 70 – 90 единиц твердости. По шкале С твердость измеряют при том же наконечнике, но при общей нагрузке 150 кгс. Пределы измерений HRC 20 – 67. Шкала В предназначена для отсчетов при испытаниях шариком с общей нагрузкой 100 кгс. Пределы измерений по этой шкале HRB 25 – 100.

Наименьшая цена деления индикатора на всех шкалах равна 0,5 единиц твердости, что соответствует проникновению на 0,001 мм.

Твердость определяют в такой последовательности. В зависимости от ориентировочно ожидаемой твердости металла вставляют наконечник 7 и подвешивают груз 3. Образец 9 устанавливают на рабочий стол 10 твердомера таким образом, чтобы расстояние от отпечатка до края и до предыдущего отпечатка было не менее 30 мм.

Общая нагрузка на наконечник Р складывается из предварительной  $P_0$  и основной  $P_1$ . Предварительная нагрузка  $P_0$ , которая во всех случаях равна 10 кгс, создается путем приближения образца к неподвижному наконечнику с помощью вращения маховика 11. В этот момент, когда предварительная нагрузка достигнет 10 кгс, маленькая стрелка индикатора совпадет с красной точкой, нанесенной на его циферблате. Затем, вращая ободку индикатора, совмещают его большую стрелку с нулевой точкой.

После этого рукояткой 5 плавно отводят опоры от рычажного устройства 4, передавая тем самым нагрузку от груза 3 через рычажное устройство на наконечник 7. Проникновение индикатора 8 наконечника в образец фиксируется по одной из шкал

индикатора. Для этого через 1-3 с после резкого замедления движения стрелки индикатора снимают основную нагрузку. Отсчет берут при продолжающемся действии предварительной нагрузки. Погрешность отсчета не более  $\pm 0,5$  единиц шкалы. Взяв отсчет, снимают предварительную нагрузку. Результаты испытания записывают в отчет по форме 1.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА : ПОСТРОЕНИЕ ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗО ЦЕМЕНТИТ, ЖЕЛЕЗО - ГРАФИТ

**Цель работы:** формирование умений строить диаграммы двойных сплавов; описывать превращения, происходящие в сплавах.

**Оборудование:** карандаш, линейка.

### Содержание работы

#### Теоретическая часть

Диаграмма состояния показывает изменение состояния сплавов в зависимости от их концентрации и температуры. По диаграмме можно судить о структурных превращениях, происходящих в любом сплаве данной системы при нагревании и медленном охлаждении. Имея диаграмму состояния, можно заранее определять технологические и механические свойства всех сплавов данной системы. Она позволяет также установить температуры начала и конца кристаллизации сплавов, что имеет большое практическое значение. Кроме того, диаграмма состояния позволяет выбрать из данной системы сплавы определенного состава, наиболее удовлетворяющие требованиям практики.

#### Построение диаграммы состояния двойных сплавов термическим методом.

Существует много методов построения. Наиболее простым из них является *метод, при котором используются результаты термического анализа*. Сущность его состоит в том, что на основании опытных данных строят кривые охлаждения для сплавов одной системы, но разной концентрации. По остановкам и перегибам на этих кривых, вызванным тепловым эффектом превращений, определяют критические точки и по ним строят диаграмму состояния в координатах температура - концентрация.

Для построения диаграммы состояния сплавов системы Pb-Sb необходимо экспериментально получить кривые охлаждения для серии сплавов данной системы, а также кривые охлаждения чистого свинца и сурьмы. На рис. 9 приведены шесть кривых охлаждения:

- чистого свинца – I;
- сплава, состоящего из 5% сурьмы и 95% свинца, - II;
- сплава, состоящего из 10% сурьмы и 90% свинца, - III
- сплава, состоящего из 5% сурьмы и 95% свинца, - IV;
- сплава, состоящего из 5% сурьмы и 95% свинца, - V;
- чистой сурьмы – VI.

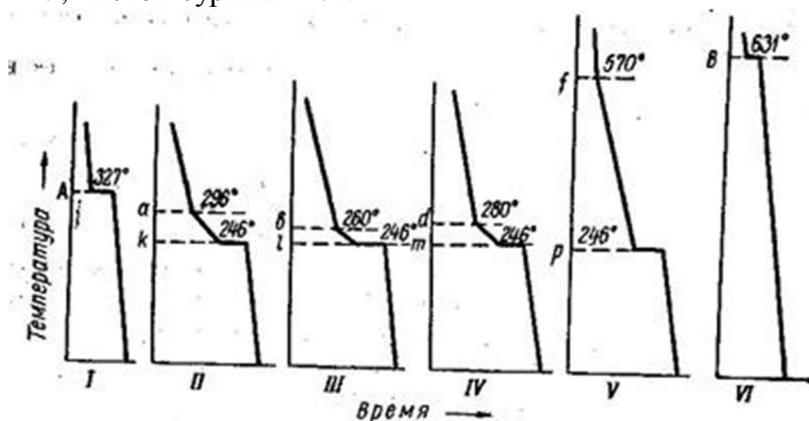


Рис.9 - Кривые охлаждения сплавов системы свинец – сурьма

Полученные критические точки перенесем на диаграмму состояния, на которой по горизонтальной оси откладываем в определенном масштабе процентное содержание сурьмы, а по вертикальной оси – температуры. Из отмеченных на горизонтальной оси точек восстанавливаем перпендикуляры. На них откладываем соответствующие критические температуры, полученные опытным путем. При этом на крайних вертикальных прямых откладываем критические температуры простых металлов: слева –

свинца (0% Sb) – 327 °С., справа – сурьмы (100% Sb) - 631°С. На промежуточных перпендикулярах отмечаем температуры начала и конца кристаллизации соответствующих сплавов (рис.9, кривые I, II, III, IV, V). Соединив полученные точки начала и конца кристаллизации сплавов плавными линиями, получим диаграмму состояния сплавов системы свинец – сурьма.

### Задания для работы

**Задание 1.** Постройте диаграмму состояния сплавов системы Pb-Sb, используя данные рис. 9.

**Задание 2.** Пользуясь рис.9, II, III, IV, V, заполните таблицу 4 по следующему образцу:

Таблица 4 – Критические точки сплавов

Содержание компонентов (концентрация сплава системы Pb-Sb)		Температура кристаллизации, °С	
Pb	Sb	начало	конец
95	5		
90	10		
80	20		
20	80		

**Задание 3.** Пользуясь диаграммой состояния системы Pb-Sb, опишите превращения, происходящие в сплавах, состоящих из 10% Sb и 90% Pb; 80% Sb и 20% Pb, охлаждаемых из расплавленного состояния до комнатной температуры.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА : РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ДИАГРАММЕ СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО - УГЛЕРОД

**Цель работы:** формирование умений исследовать структуру и свойства железоуглеродистых сплавов.

**Оборудование:** таблицы.

### Содержание работы

#### Теоретическая часть

Пользуясь диаграммой состояния железо – углерод, можно определить температуры начала и окончания кристаллизации для железоуглеродистого сплава с любой концентрацией. Для этого находят нужную концентрацию, в этой точке восстанавливают перпендикуляр до пересечения с линиями начала и конца кристаллизации. Из полученных точек проводят горизонтали на оси температур и получают нужные критические точки.

Состав сплава заданной концентрации при любой температуре можно определить по диаграмме состояния (рис. 10). Для этого из заданной точки нужно провести горизонталь. Зоны, в которые она попадает, укажут на структурные составляющие сплава. Эвтектическому сплаву, получившему название ледебурит, соответствует на диаграмме точка *S*. Ледебурит является механической смесью аустенита и цементита.

Сплавы с содержанием углерода менее 4,3 % называются доэвтектическими, сплавы, у которых углерода более 4,3 %, - заэвтектическими. После окончания кристаллизации при температуре 1130 °С доэвтектические чугуны будут состоять из аустенита и ледебурита. Заэвтектические чугуны будут состоять из первичного цементита и ледебурита.

В интервале температур от 1130 до 723 °С в доэвтектических чугунах будет выделяться вторичный цементит. Их структура в этом интервале температур: ледебурит + аустенит + вторичный цементит.

Ниже температуры 723 °С, когда аустенит превратится в перлит, структура станет такой: ледебурит + перлит + вторичный цементит. При комнатной температуре ледебурит будет состоять из перлита и цементита. Заэвтектические чугуны будут иметь следующую структуру: ледебурит + первичный цементит.

В сталях с содержанием углерода 0,83 % распад аустенита происходит при постоянной и притом самой низкой температуре 723 °С – точка *S*. При этом в условиях медленного охлаждения образуется механическая смесь феррита и цементита, которая называется *перлитом*.

Стали с содержанием углерода менее 0,83 % называются доэвтектоидными. Заэвтектоидные стали содержат более 0,83 % углерода. Ниже температуры 723 °С доэвтектоидная сталь будет иметь структуру: феррит + перлит, а заэвтектоидная сталь – перлит + вторичный цементит.

**Задания для работы Задание 1.** Охарактеризуйте сплав с содержанием углерода 3 % при температурах 1350, 1180 и 1130 °С.

**Задание 2.** Пользуясь диаграммой состояния железо-углерод, определите для сплавов с содержанием углерода 0,4; 0,8; 1,3; 2,5 и 4,8 % температуры начала и окончания процесса первичной кристаллизации. Укажите состав этих сплавов между линиями

ликвидуса и солидуса и после окончания кристаллизации. Какие из этих сплавов являются сталями, какие – чугунами? Данные сведите в таблицу 5.

Таблица 5 – Результаты решения задачи

Содержание углерода	Какой сплав	Температура начала кристаллизации	Температура конца кристаллизации	Структура сплава между линиями ликвидуса и солидуса	Структура после завершения первичной кристаллизации
0,4					
1,3					
2,5					
4,8					

**Задание 3.** Пользуясь диаграммой состояния железоуглеродистых сплавов, укажите, какие превращения происходят в сталях с содержанием углерода 0,45; 0,8 и 1,2 % углерода при охлаждении жидкого раствора до комнатной температуры. Для каждого превращения укажите примерные температуры.

**Задание 4.** Для чугунов с содержанием углерода 3; 4,3 и 5 % опишите все превращения с указанием соответствующих температур (начиная от жидкого раствора до комнатной температуры).

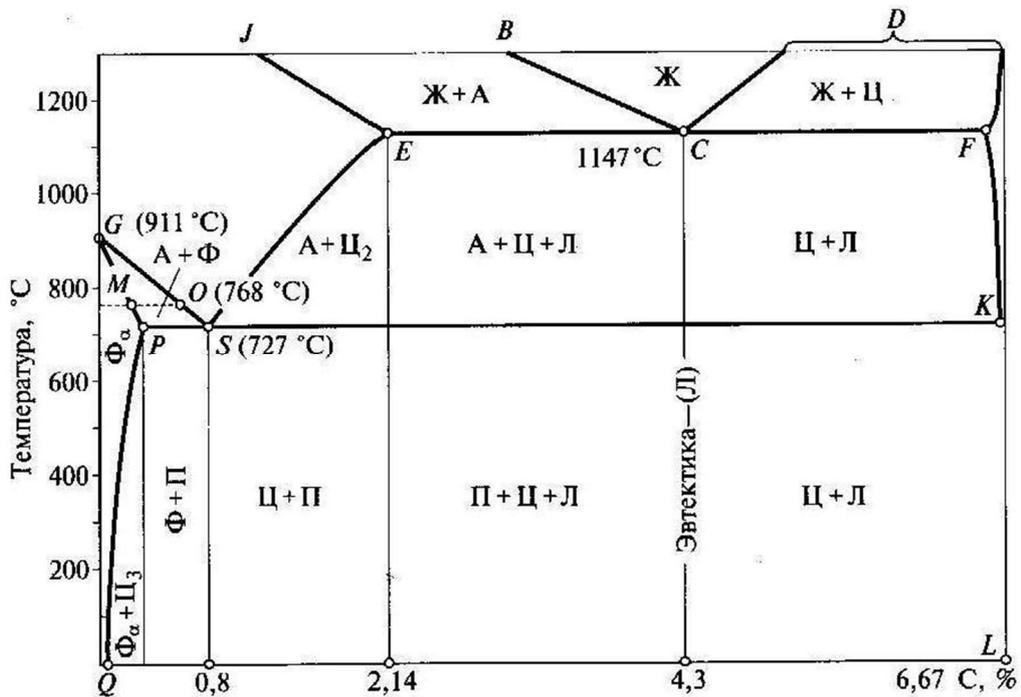


Рис 10 - Диаграмма состояния сплава железо – углерод

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА: ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ СТАЛЕЙ, БЕЛОГО И СЕРОГО ЧУГУНОВ

**Цель:** изучить микроструктуру сталей, белого и серого чугунов.

**Оборудование:** металлографический микроскоп; наборы микрошлифов углеродистых сталей: доэвтектоидной, эвтектоидной и заэвтектоидной; набор микрошлифов чугунов – белые чугуны (доэвтектический, эвтектический, заэвтектический), серые чугуны на одной из приводимых основ (ферритной, ферритно-перлитной).

Время на проведение работы – 2 часа

**Задание:**

1. Изучите устройство и принцип работы металлографического микроскопа.
2. По рис.3 и рис.4 изучите микроструктуры углеродистых сталей и чугунов.
3. Рассмотрите в микроскоп микрошлифы углеродистых сталей, белых и серых чугунов, определите структуры сталей и чугунов. Сделайте зарисовки каждой из этих структур в отчете с указанием структурных составляющих.

### Содержание работы

*Сталью* называются железоуглеродистые сплавы с содержанием углерода до 2%. Свойства углеродистых сталей зависят от содержания в них углерода. Углерод, вступая в химическое взаимодействие с железом, образует карбид железа Fe<sub>3</sub>C, который носит название *цементит*. В небольшом количестве (0, 006%) углерод растворяется в железе, образуя твердый раствор, который носит название *феррит*. Углеродистые стали состоят из феррита и цементита.

В сталях, содержащих 0,8% углерода и называемых *эвтектоидными* (рис.4, а), весь цементит 2 находится в пластинках, равномерно рассеянных в феррите 1. Такая структура носит название перлита. В сталях, содержащих углерода менее 0,8% и называемых *доэвтектоидными* (рис.4, б), структура состоит частично из перлита 3 и частично из чистого феррита 1. В сталях, содержащих углерода более 0,8% и называемых *заэвтектоидными* (рис. 4, в), структура состоит из зерен перлита 3, окруженных сеткой цементита 2.

Растворимость (протравливаемость) цементита и феррита в кислоте различна. Чтобы рассмотреть под микроскопом структуру металла, зеркально отполированную поверхность стальных образцов обрабатывают сильной кислотой. Из-за большой протравливаемости феррита в местах его выхода на полированную поверхность образуются углубления. Обработанная таким образом зеркальная поверхность получит микрорельеф. Такие образцы носят название *микрошлифов*.

*Чугунами* называют железоуглеродистые сплавы с содержанием углерода более 2%.

Чугуны, в составе которых весь углерод связан, называют *белыми*. Такие чугуны делятся на *доэвтектические* (рис.3, а), *эвтектические*, содержащие 4,3% углерода (рис. 3, б), *заэвтектические* (рис. 3, в), содержащие углерода более 4,3%.

В технике и строительстве применяют серые, серые высокопрочные и ковкие чугуны, в которых углерод частично или почти полностью находится в несвязанном состоянии в виде графита. Их структура состоит из металлической основы: ферритной (рис. 3, г, е), перлитной (рис. 3, д) и графитовых включений различной конфигурации, зависящей от способа получения серого чугуна.

*Серые чугуны* получают введением в процессе плавки кремния. Образовавшиеся графитовые включения в серых чугунах имеют форму лепестков (см. рис. 3, г).

Высокопрочные серые чугуны, получаемые при введении магния или церия, имеют шаровидные включения графита (рис. 3, е).

*Ковкие чугуны* получают путем длительного выдерживания при высоких температурах (томлении) белых чугунов. В структуре ковких чугунов присутствуют хлопьевидные включения графита (см. рис.3, д).

Перед работой ознакомьтесь с металлографическим микроскопом (рис. 5). Образец 1 устанавливают на столик 2 микроскопа. От источника света 3 луч преломляется призмой 4 на зеркальную поверхность образца под углом  $\alpha$ . Отраженный от зеркальной поверхности луч второй призмой преломляется в окуляр 5.

Так как поверхность имеет микрорельеф, то при падении луча на поверхность образца под углом  $\alpha$  от выступающих компонентов сплава на поверхность будут падать тени, которые можно наблюдать в поле зрения микроскопа. Так как тени будут располагаться по границам структурных составляющих сплава, то по ним можно судить о структуре металла.

Рассмотрев в микроскоп шлифы углеродистой стали, пользуясь рис. 4, студенты определяют структуру стали и делают зарисовки каждой из этих структур в отчете с указанием структурных составляющих.

Микрошлифы чугунов необходимо начинать рассматривать с белых чугунов, затем – микрошлифы серых чугунов. Все рассмотренные микрошлифы необходимо зарисовать в отчет с названием структурных составляющих.

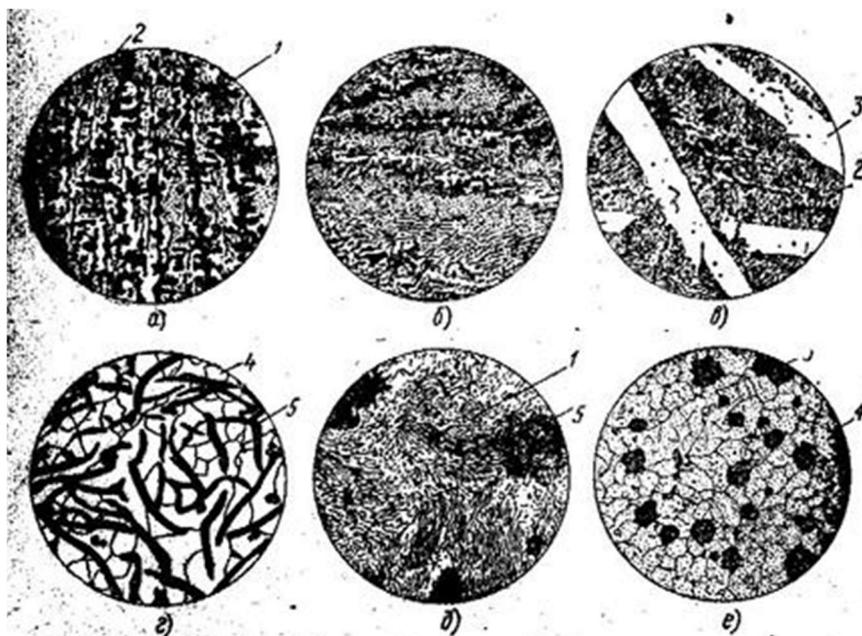


Рис. 3 - Структуры чугунов:

а – белый доэвтектический, б – белый эвтектический (ледебурит), в – белый заэвтектический, г – серый на ферритной основе, д – ковкий на перлитной основе, е – модифицированный, высокопрочный на ферритной основе; 1 – перлит, 2 – ледебурит, 3 – цементит, 4 – феррит, 5 – графит

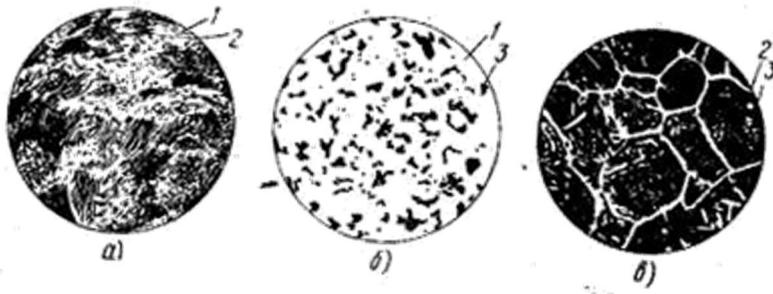


Рис. 4 - Микроструктура углеродистых сталей:  
 а – эвтектоидная, б – доэвтектоидная, в –  
 заэвтектоидная; 1 – феррит, 2 – цементит, 3 – перлит

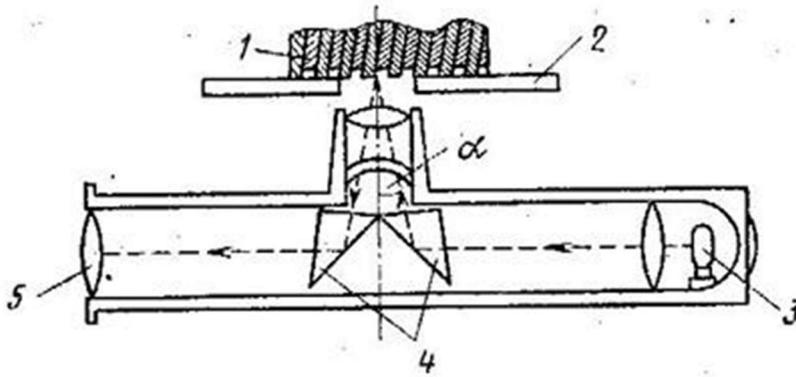


Рис. 5 - Схема металлографического микроскопа:  
 1 – образец, 2 – столик, 3 – источник света, 4 – призмы, 5 –  
 окуляр



## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА :ПРОВЕДЕНИЕ ЗАКАЛКИ И ОТПУСКА УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

**Цель:** ознакомиться с практическими приемами закалки и отпуска стали и с влиянием операций на механические свойства сталей.

**Оборудование:** муфельная электропечь; пресс Бринелля и специальная лупа к нему; прибор Роквелла, ванночки с водой, набор нумерованных пластинок из различных сталей, целых и в изломе, секундомер, щипцы; маятниковый копер.

Время на проведение работы – 2 часа

### **Задание:**

1. Определите твердость стальных пластинок до проведения закалки.
2. Произведите закалку и отпуск стальных пластинок.
3. Определите твердость стальных пластинок после закалки и отпуска.
4. Соотнесите полученные числа твердости до и после закалки с отпуском.
5. Составьте отчет о работе по форме 2.

### **Содержание работы**

Закалка стали состоит в нагреве стали до определенных высоких температур (выше 723 °С), выдержке при требуемой температуре и последующем быстром охлаждении в воде, масле или другой охлаждающей среде. Цель закалки: придать высокую твердость режущим инструментам, высокую прочность и упругость деталям машин. Результаты закалки зависят от скорости температуры нагрева, продолжительности выдержки при этой температуре и скорости охлаждения, а также от прокаливаемости стали.

Детали и инструменты, прошедшие закалку, нельзя применять без дополнительной термообработки – отпуска, так как у них велики внутренние напряжения вследствие наличия мартенситной структуры и эти изделия хрупки. Операцией термообработки, посредством которой ослабляют напряжения и придают закаленным изделиям требуемую структуру и надлежащие свойства, является отпуск, выполняемый сразу же после закалки.

Сущность отпуска состоит в том, что при отпуске происходит распад мартенсита и аустенита в закаленной стали, вместо них образуются более устойчивые структуры, а именно троостит и сорбит. Последние придают стали вязкость и пластичность в сочетании с определенной твердостью и прочностью. Температуру нагрева при отпуске контролируют приборами, а также по цветам побежалости.

Термическое улучшение – это совместно проводимые закалка и высокий отпуск – операции, повышающие механические свойства стали.

### **Экспериментальная часть**

#### **Порядок выполнения работы**

1. Вычертите таблицу для записи данных практических работ по форме 2.

## Форма 2

Номер пластинки	Диаметр отпечатка в мм		Твердость НВ	
	до термообработки	после термообработки	до термообработки	после термообработки
1	2	3	4	5

2. Возьмите две пластинки и запишите их номера в графе 1 таблицы.

3. Зачистите напильником поверхность пластинок и произведите на прессе Бринелля вдавливание в пластинки стального шарика диаметром 5 мм.

4. Измерьте при помощи лупы диаметры отпечатков, полученных на пластинках, и запишите результат в графе 2 таблицы.

5. По известной вам таблице "Соотношение между числами твердости" определите число твердости по Бринеллю для испытанных образцов и запишите это число в графе 4 оформленной таблицы.

6. Произведите закалку пластинок в такой последовательности: поместите пластинки в электропечь для нагрева до красного каления; через 10 мин. щипцами выньте поочередно пластинки из печи и погрузите их в ванночки с холодной водой.

7. Произведите высокий отпуск закаленных пластинок (нагрев до 500 °С – 650 °С).

8. После этого испытайте пластинки на приборе Бринелля при тех же условиях, какие указаны в пункте 3. Запишите результаты в графе 3 таблицы.

9. По таблице «Соотношение между числами твердости» найдите числа твердости для закаленных пластинок по Бринеллю и запишите эти данные в графе 5 таблицы.

10. Произведите дополнительные наблюдения:

- а) сравните твердость сырой и закаленной пластинок царапанием;
- б) рассмотрите излом сырой и закаленной пластинки.

11. Сделайте выводы:

- а) напишите, как изменилась твердость стали в результате закалки и отпуска;
- б) опишите результаты дополнительных наблюдений.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА :РАСШИФРОВКА ОБОЗНАЧЕНИЯ МАРОК СПЛАВОВ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

**Цель работы:** развитие умений классифицировать, расшифровывать и характеризовать область применения сплавов цветных металлов.

**Оборудование:** учебник А.А. Черепихина «Материаловедение», плакаты: «Область применения медных сплавов», «Свойства алюминиевых сплавов», «Область применения баббитов».

### Содержание работы

#### Теоретическая часть

Классифицировать сплав – значит отнести его к соответствующему классу материалов по признакам:

- химическому составу,
- структуре,
- применению.

Расшифровывая марку сплава, необходимо дать его полное название и раскрыть содержание всех букв и цифр марки. Следует иметь в виду, что в ряде сплавов содержание компонентов прямо не указано в марке, но следует из принципов маркировки данного материала и должно быть отражено при расшифровке.

Характеризуя область применения сплава, можно сослаться на круг наиболее распространенных изделий из данного сплава. Необходимые для выполнения данного задания сведения содержатся в главе 2 учебника А.А. Черепихина «Материаловедение».

**Сплавы на основе меди.** Медные сплавы обладают высокими механическими свойствами, хорошо сопротивляются износу и коррозии. По составу легирования различают латуни, бронзы и медно-никелевые сплавы.

Традиционная маркировка имеет следующий вид. Латунни обозначаются буквой *Л*, бронзы – *Бр*. У латуни после буквы *Л* указываются буквенные обозначения легирующих компонентов, далее проставляется массовое процентное содержание меди, затем подряд – массовое процентное содержание легирующих компонентов, содержание цинка – остальное. Например: ЛМцЖ55-3-1 – латунь, медь- 55 %, марганец – 3 %, железо – 1 %, цинк – остальное. У бронзы после букв *Бр* указываются буквенные обозначения легирующих компонентов, далее подряд – массовое процентное содержание легирующих компонентов, содержание меди – остальное. Например: БрОЦС4-4-2,5 – бронза, олово – 4%, кремний – 2.5 %, остальное – медь.

**Сплавы на основе титана.** Титановые сплавы обладают высокой коррозионной стойкостью и прочностью при малой плотности. Наибольшее распространение получили сплавы, легированные алюминием, оловом, марганцем, хромом и ванадием. Сплавы широко используются в машиностроении, особенно в авиа- и судостроении.

**Сплавы на основе алюминия.** Для алюминиевых сплавов характерна относительно большая удельная прочность. *Литейные сплавы* имеют хорошие литейные свойства, хорошо обрабатываются резанием. Маркируют буквами *АЛ*, затем цифрами, указывающими порядковый номер сплава. *Деформируемые сплавы* обладают удовлетворительной пластичностью, высокой коррозионной стойкостью, в основном применяются для сварных и клепаных соединений элементов конструкций, испытывающих небольшие нагрузки, но требующих высокого сопротивления коррозии. Марки дюралюминиевых сплавов начинаются с буквы *Д*, за которой стоит цифра, обозначающая условный порядковый номер сплава.

**Антифрикционные сплавы.** Такие сплавы применяют для заливки подшипников скольжения. Применяются сплавы на основе олова или свинца (баббиты), меди, алюминия, цинка. Баббиты обозначаются буквой *Б*, далее ставится цифра, показывающая процентное содержание олова, или буква, характеризующая специальный элемент, входящий в сплав. Например: Б88 – сплав содержит 88 % олова, БТ – сплав содержит теллур, БК2 – основа свинец.

**Задания для работы Задание 1.** Из перечисленных ниже марок оловянных бронз укажите сначала

литейные, а затем деформируемые бронзы: БрОЦ4-3, БрОЦС4-4-4, БрО10, БрОЦСНЗ-7-5-1, БрОФ10-1, БрОФ4-0,25, БрОЦС5-5-5, БрОФ6,5-0,4. Для ответа необходимо учитывать влияние олова на механические свойства оловянных бронз, а также руководствоваться данными табл. 6 и 7. Укажите их химический состав.

**Задание 2.** Какой химический состав имеют следующие материалы: БрАЖ9-4, БрКМц3-1, БрБ2, БрМц5, БрС30, Л96, ЛС80-3, ЛЖМц59-1-1, ЛА77-2.

**Задание 3.** Из перечисленных марок металлических материалов выберите марки антифрикционных сплавов: БрС30, АК4, ШХ6, У7, Б83, Р!8, БН, БСт5, БрОЦС5-5-5, АСЧ-1, Б16, ШХ15, БК, БСт6, БТ, Т15К6, ВТ14.

**Задание 4.** Какие из указанных марок литейных алюминиевых сплавов наиболее пригодны для производства отливок и почему: АЛ7, АЛ2, АЛ4, АЛ8, АЛ23, АЛ9, АЛ19?

**Задание 5.** Каков химический состав и назначение следующих марок латуней: Л68, ЛС59-1Л, ЛКС80-3-3, ЛАЖ60-1-1?

Таблица 6 – Бронзы оловянные литейные

Марка	Вид литья	Механические свойства			Примерное назначение
		$\sigma_b$ , МН/м <sup>2</sup>	$\delta$ , %	НВ	
БрОЦСНЗ-7-5-1	В кокиль	210	5	60	Арматура, работающая в морской и пресной воде, маслах и других слабокоррозионных средах, антифрикционные детали
	В землю	180	8	60	
БрОЦС3-12-5	В кокиль	210	5	60	Арматура, работающая в пресной воде и парах под давлением до 25кг/см <sup>2</sup> (может быть использована для антифрикционных деталей)
	В землю	180	8	60	
БрОЦС5-5-5	В кокиль	180	4	60	Антифрикционные детали
	В землю	150	6	60	
БрОЦС4-4-17	В землю	150	5	60	Антифрикционные детали
БрОЦС3,5-7-5	В кокиль	180	4	60	Антифрикционные детали
	В землю	150	6	60	

Таблица 7 – Бронзы оловянные деформируемые

Марка	Вид литья	Механические свойства			Примерное назначение
		$\sigma_b$ , МН/м <sup>2</sup>	$\delta$ , %	НВ	
БрОЦС4-4-4	Мягкий	310	310	62	Ленты и полосы для прокладок во втулках и подшипниках
БрОФ7-0,2	Мягкий	360	360	75	Ленты, полосы, проволока для пружин, прутки, подшипниковые детали
БрОФ6,5-0,4	Мягкий	350	60	70	Проволока для металлических сеток в целлюлозно-бумажной промышленности
	Твердый	700	7,5	160	
БрОФ4-0,25	Мягкий	340	52	55	Трубки различных размеров, применяемые в производстве контрольно-измерительных приборов
	Твердый	600	8	100	

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА :ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РЕЗИНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Цель:** определить параметры резины, характеризующие ее основные свойства.

**Оборудование:** образцы резины для испытания, прибор Шоба, твердомер, секундомер 2-го класса точности.

Время на проведение работы – 2 часа

**Задание:**

1. Определите эластичность резины по отскоку на приборе типа Шоба.
2. Определите твердость резины по методу Шору.
3. Составьте отчет о работе.
3. Ответьте на контрольные вопросы.

### **Содержание работы** Определение эластичности по отскоку на приборе типа Шоба. Сущность метода

заключается в определении величины отскока бойка физического маятника, падающего на образец с определенной высоты:

$$R = \frac{h}{H} \cdot 100$$

где  $h$  – высота отскока маятника после удара, мм;

$H$  – высота подъема бойка маятника в исходном положении, мм.

Испытания проводятся в соответствии с ГОСТ 27110-86 при температуре 21-25 °С. Если температура при испытаниях будет другой, то вводят в соответствии с ГОСТ 269-66 погрешность измерения или помещают прибор в специальный термостат.

Образцы должны иметь форму шайб с диаметром не менее 29 мм или квадрата со стороной не менее 29 мм. Толщина образцов берется 12, 5 или 6,25 мм. Поверхности образцов должны быть параллельными, ровными, гладкими. Пружинный захват 7 прибора (рис. 6) должен быть прикреплен к маятнику 2 так, чтобы при горизонтальном положении маятника стрелка находилась против деления 100%, а при вертикальном положении маятника – против деления 0%. Испытание проводят не менее чем на 2 образцах в следующей последовательности.

1. Измеряют толщину образцов не менее, чем в трех местах.

2. Образец 12 закрепляют пружиной 6 так, чтобы точка удара была на расстоянии не менее 10 мм от его краев.

3. Освобождают маятник 2 из защелки 5 и производят удар по образцу. После каждого удара маятник поднимают в исходное положение (к защелке 5), не давая ему повторно ударять по образцу. Сначала осуществляют 3 удара, чтобы произошла механическая стабилизация материала, а при последующих трех ударах снимают показания на дуговой шкале 11 в процентах. Для возврата стрелки в исходное положение (0%) используют пружинный механизм 9 с ручкой. Находят среднее арифметическое из трех замеров и опыты повторяют для второго образца.

За результат испытаний принимают среднее арифметическое двух выбранных значений. Чем выше полученное значение, тем лучше эластичные свойства резины.

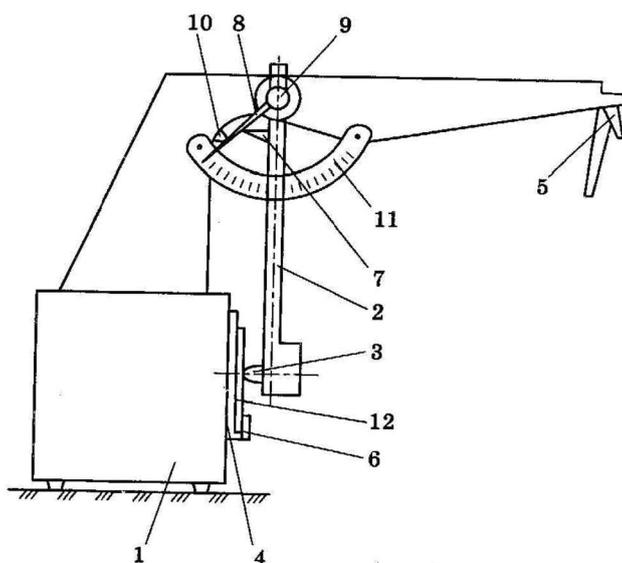


Рис. 6 - Схема прибора Шоба:

1 – станина; 2 – маятник; 3 – боек; 4 – площадка; 5 – защелка; 6 – пружина; 7 – пружинный захват; 8 – стрелка; 9 – пружинный механизм; 10 – ограничитель; 11 – дуговая шкала; 12 – образец

**Определение твердости резины по методу Шору А.** Твердость характеризует способность сопротивляться проникновению в него постороннего твердого предмета, вдавливаемого под действием определенной силы. Сопротивление резины измеряется прибором с пружиной определенной характеристики и выражается в условных единицах твердости по Шору А (от 100 до 0). Максимальное проникновение индентора в резину соответствует значению 0, а 100 – нулевому проникновению. Индентор представляет собой иглу из закаленной стали (рис. 7).

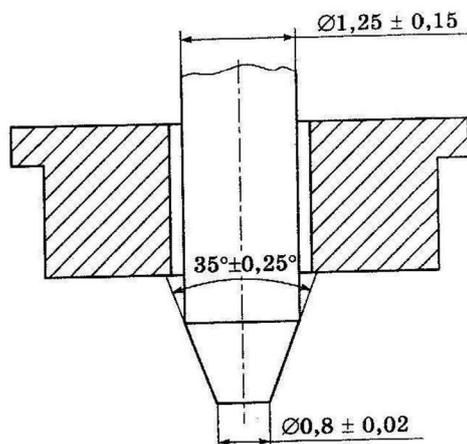


Рис.7 - Индентор твердомера

Образец для испытания должен быть в виде пластины или шайбы с параллельными плоскостями и таких размеров, чтобы расстояние между точками замера было не менее 5 мм, а расстояние от каждой точки измерения до края образца не менее 13 мм. Толщина образца должна быть не менее 6 мм. Допускается применять образцы, состоящие из нескольких (не более 3) слоев одной и той же резины, но толщина верхнего слоя должна быть не менее 2 мм. Испытуемая поверхность должна быть гладкой. Перед испытаниями проводят ориентировочную проверку прибора, ставя его на гладкую стеклянную

поверхность и, нажимая на головку прибора, прижимают опорные площадки 2,3 (рис. 8) к поверхности. Стрелка прибора должна показывать на шкале значение 100  $\pm$  1.

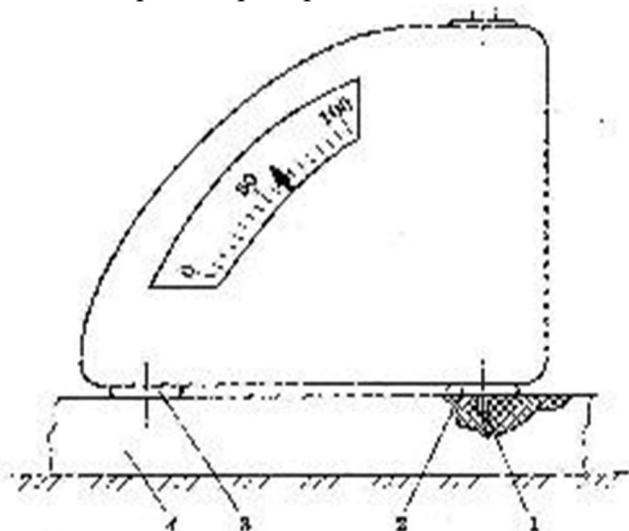


Рис. 8 - Твердомер:

1 – индентор; 2,3 – площадки; 4 – образец

Испытания проводят по ГОСТ 263-75 при температуре 21-25°C. Образец помещают на гладкую твердую поверхность. Твердомер устанавливают в приспособление, позволяющее создавать усилие прижима 10...12,5 Н, или по оси индентора монтируют груз массой 1 кг. Можно твердомер нагружать вручную минимальным усилием, но так, чтобы его нижние площадки плотно прилегли к поверхности резины.

Показатель твердости отсчитывают по шкале по истечении 3 с с момента приложения нагрузки. Если наблюдается дальнейшее погружение наконечника, то твердость отсчитывают по истечении 15 с. Проверку проводят не менее чем в 3 точках и за результат принимают их среднее арифметическое, причем расхождение между замерами не должно превышать 5%.

#### Содержание отчета

1. Схема прибора типа Шоба.

2. Характеристика образца резины:

образец №1

образец №2

размер

\_\_\_\_\_

размер

\_\_\_\_\_

форма

\_\_\_\_\_

форма

\_\_\_\_\_

эластичность \_\_\_\_\_

эластичность \_\_\_\_\_

Эластичность резины \_\_\_\_\_.

Таблица 2 – Результаты замера эластичности

Номера образцов	Опыт №1 (h)	Опыт №2 (h)	Опыт №3 (h)	Средн. (h)
№1				
№2				

3. Схема прибора для определения твердости резины.

4. Характеристика образца:  
размер \_\_\_\_\_,  
форма \_\_\_\_\_.

Таблица 3 – Результаты замера твердости

Измеряемая характеристика	Опыт №1	Опыт №2	Опыт №3	Средн.
Твердость				

5. Рекомендации по применению резины.

**Контрольные вопросы**

1. Перечислите методы получения резины.
2. Назовите основные характеристики резины
3. Расскажите методику определения эластичных свойств резины.
4. Какова методика определения твердости резины?
5. Расскажите о правилах хранения и эксплуатации резинотехнических изделий.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном пособии описаны обязательные практические работы студентов при изучении материаловедения. В описании лабораторных и практических работ указан алгоритм их проведения и источники получения информации.

Пособие содержит список основной и справочной литературы, необходимой при выполнении практических работ студентами.

В дальнейшем пособие может перерабатываться при изменении Федеральных государственных стандартов и требований к содержанию и оформлению методических разработок.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### **Основные источники:**

1. Моряков О.С. Материаловедение (по техническим специальностям) - М.: «Академия», 2014.
2. Пейсахов А.М. Материаловедение и технология конструкционных материалов, - СПб, Высшая школа, 2013.
3. Стерин И.С. Материаловедение - М.: «Дрофа», 2013.
4. Степанов Б.И. Материаловедение - М.: «Академия», 2013.
5. Фетисов Г.П. Материаловедение и технология металлов, М.: ИД «Оникс», 2012.
6. Черепашин А.А. Материаловедение - М.: Издательство «КноРус», 2014.
7. Чумаченко Ю.Т. Материаловедение для автомехаников – Р/Д, Феникс, 2013.

### **Дополнительные источники:**

1. Адашкин А.М., Зуев В.М. Материаловедение (металлообработка): Учеб. пособие. - М.: ОИЦ «Академия», 2011.
2. Заплатин В.Н. Справочное пособие по материаловедению. - М.: Академия, 2012.
3. Заплатин В.Н. Основы материаловедения (металлообработка), Рабочая тетрадь. - М.: Академия, 2013.
4. Соколова Е.Н. Материаловедение, Рабочая тетрадь. - М.: Академия, 2011.