

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЮ В МАШИНОСТРОЕНИИ И МЕТАЛЛООБРАБОТКЕ

Под редакцией В. Н. ЗАПЛАТИНА

Рекомендовано

*Федеральным государственным учреждением
«Федеральный институт развития образования»
в качестве учебного пособия для использования
в учебном процессе образовательных учреждений,
реализующих программы начального
профессионального образования*

*Регистрационный номер рецензии 396
от 02 июля 2009 г. ФГУ «ФИРО»*

4-е издание, стереотипное



Москва
Издательский центр «Академия»
2016

УДК 620.22(075.32)
ББК 30.3я722
Л125

Рецензенты:

преподаватель материаловедения профессионального училища № 94
г. Екатеринбург, отличник профессионально-технического образования
РСФСР *А. Н. Бочкарёв*;
преподаватель материаловедения и технологии обработки материалов
Политехнического колледжа № 31, г. Москва *А. М. Клубничкина*;
преподаватель специальных дисциплин ГОУ СПО «Колледж автоматизации
и радиоэлектроники № 27 им. П. М. Вострухина», г. Москва *М. В. Галкина*

Лабораторный практикум по материаловедению в машиностроении и металлообработке : учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / [В. Н. Заплатин, Ю. И. Сапожников, А. В. Дубов, Е. М. Духнеев] ; под ред. В. Н. Заплатина. — 4-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2016. — 240 с.

ISBN 978-5-4468-4146-2

Приведены лабораторно-практические работы по всем темам дисциплины «Основы материаловедения». Представленные задания способствуют закреплению материала, изучаемого на уроках, развивают техническое мышление студентов.

Учебное пособие может быть использовано при изучении общепрофессиональной дисциплины «Основы материаловедения» в соответствии с ФГОС СПО для профессий, связанных с металлообработкой.

Для студентов учреждений среднего профессионального образования.

УДК 620.22(075.32)
ББК 30.3я722

Оригинал-макет данного издания является собственностью Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом без согласия правообладателя запрещается

- © Заплатин В. Н., Сапожников Ю. И., Дубов А. В., Новосёлов В. С., 2010
- © Заплатин В. Н., Сапожников Ю. И., Дубов А. В., Духнеев Е. М., 2013, с изменениями
- © Заплатина Т. А. (наследница Заплатина В. Н.), 2016
- © Образовательно-издательский центр «Академия», 2013
- © Оформление. Издательский центр «Академия», 2013

ISBN 978-5-4468-4146-2

Уважаемый читатель!

Данный практикум является частью учебно-методического комплекта по дисциплинам общепрофессионального цикла для технических профессий.

Практикум предназначен для изучения общепрофессиональной дисциплины «Основы материаловедения».

Учебно-методические комплекты нового поколения включают в себя традиционные и инновационные учебные материалы, позволяющие обеспечить изучение общеобразовательных и общепрофессиональных дисциплин и профессиональных модулей. Каждый комплект содержит учебники и учебные пособия, средства обучения и контроля, необходимые для освоения общих и профессиональных компетенций, в том числе и с учетом требований работодателя.

Учебные издания дополняются электронными образовательными ресурсами. Электронные ресурсы содержат теоретические и практические модули с интерактивными упражнениями и тренажерами, мультимедийные объекты, ссылки на дополнительные материалы и ресурсы в Интернете. В них включены терминологический словарь и электронный журнал, в котором фиксируются основные параметры учебного процесса: время работы, результат выполнения контрольных и практических заданий. Электронные ресурсы легко встраиваются в учебный процесс и могут быть адаптированы к различным учебным программам.

Предисловие

В условиях постоянного развития производства металлов и сплавов, внедрения новых конструкционных материалов возникают повышенные требования к знаниям, умениям и навыкам квалифицированных рабочих в области конструкционных материалов.

Лабораторный практикум включает в себя лабораторно-практические работы по дисциплине «Материаловедение», изучаемой при подготовке рабочих в металлургической промышленности, машиностроении, металлообрабатывающей промышленности и на транспорте.

Данный лабораторный практикум позволит обучающимся:

- закрепить теоретические знания;
- приобрести навыки:
 - по определению технологических, механических и эксплуатационных свойств материалов и изделий;
 - по определению качества термической и химико-термической обработки конструкционных материалов, паяния и сварки, автомобильного топлива и моторного масла, технического кислорода.

При подборе лабораторно-практических работ за основу были взяты тарифно-квалификационные (профессиональные) характеристики рабочих профессий металлургии, машиностроения, металлообработки и транспорта. На проведение каждой лабораторно-практической работы авторы рекомендуют отводить по 2—4 академических часа в зависимости от сложности.

Существенный охват учебного материала предлагаемого пособия позволяет проводить лабораторно-практические работы на интегративных уроках, для проведения которых необходимо проанализировать и выявить круг межпредметных связей дисциплины «Материаловедение» с профессиональной деятельностью рабочих в различных сферах экономики. Проведение интегративных уроков исключает дублирование учебных тем, сокращает учебные занятия по отдельным предметам (например, по материаловедению),

демонстрирует учащимся применение теоретических основ материаловедения в конкретной профессии.

В некоторых лабораторно-практических работах приведены необходимые справочные данные.

В Приложении представлены Положение об охране труда и пожарной безопасности в лабораториях и мастерских по испытанию материалов и Инструкция по охране труда при испытании материалов в учебных мастерских (кабинетах, лабораториях).

Авторы благодарят зам. генерального директора ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» А. Д. Козлова за предоставленную нормативно-техническую документацию, а также педагога Т. М. Сапожникову за помощь в подготовке пособия к изданию.

Лабораторно-практическая работа № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ И ПЛАСТИЧНОСТИ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Цель работы — 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.

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. Механические свойства испытывают в процессе металлургического производства металлов и сплавов, на машиностроительных предприятиях, в научно-исследовательских и учебных лабораториях.

Лабораторно-практические работы по определению механических свойств разработаны в соответствии со следующими нормативными документами:

- ГОСТ 7564—97 «Прокат. Общие правила отбора проб, заготовок и образцов для механических и технологических испытаний»;
- ГОСТ 9454—78 «Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при повышенных, комнатной и пониженных температурах»;
- ГОСТ 15.309—98 «Система разработки и постановки продукции на производство. Испытания и приемка выпускаемой продукции. Основные положения»;
- ПР 50.2.009—94 «Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок проведения испытаний и утверждения типа средств измерений»;
- ГОСТ 1497—84 «Металлы. Методы испытаний на растяжение»;
- ГОСТ 7268—82 «Сталь. Метод определения склонности к механическому старению по испытанию на ударный изгиб»;
- ГОСТ 9012—59 «Металлы. Метод измерения твердости по Бринеллю»;
- ГОСТ 9013—59 «Металлы. Метод измерения твердости по Роквеллу»;
- ГОСТ 4670—91 «Пластмассы. Определение твердости. Метод вдавливания шарика»;
- ГОСТ 28033—89 «Сталь. Метод рентгенофлюоресцентного анализа»;
- ГОСТ 27208—87 «Отливки из чугуна. Методы механических испытаний»;
- ГОСТ 2999—75 «Металлы и сплавы. Методы измерения твердости по Виккерсу»;
- ГОСТ 8.563—96 «Государственная система обеспечения единства измерений. Методика выполнения измерений»;
- РМГ 29—99 «Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения»;
- ГОСТ 8.417—2002 «Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин»;
- ГОСТ 15.101—98 «Система разработки и постановки продукции на производство. Порядок выполнения научно-исследовательских работ».

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

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

В технике различают истинное сопротивление разрыву S_k и временное сопротивление (предел прочности при растяжении) σ_b .

Истинное сопротивление разрыву S_k , МПа, — это отношение нагрузки P_k , Н, к площади поперечного сечения образца после разрыва F_k , 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 , %:

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

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

- относительное сужение ψ , %:

$$\psi = \frac{F_0 - F_k}{F_0} 100. \quad (1.6)$$

По ГОСТ 1497—84, ГОСТ 27208—87 и ГОСТ 7564—97 временное сопротивление металлов и их сплавов определяют на разрывных машинах при испытании на растяжение.

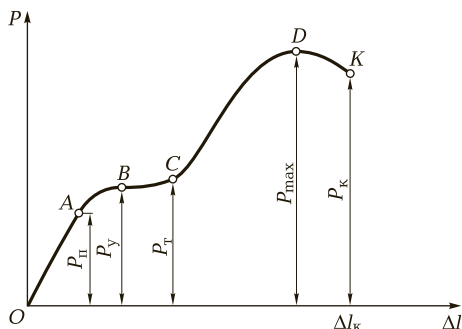


Рис. 1.1. Диаграмма растяжения низкоуглеродистой стали:

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_n — нагрузка, соответствующая пределу пропорциональности; P_T — нагрузка, соответствующая пределу текучести; P_{max} — максимальная нагрузка, предшествующая разрушению образца; P_k — нагрузка в процессе разрушения образца; Δl — абсолютное удлинение; Δl_k — абсолютное удлинение образца, соответствующее его разрыву

В процессе растяжения образца на разрывной машине самопишущее устройство строит **диаграмму растяжения** (рис. 1.1). На диаграмме растяжения на оси ординат (вертикальная ось) откладывается величина нагрузки P в ньютонах, прикладываемая к образцу, на оси абсцисс (горизонтальная ось) — величина абсолютного удлинения Δl в миллиметрах. В процессе растяжения образец испытывает характерные деформации:

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

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

Механические характеристики некоторых конструкционных материалов представлены в табл. 1.1.

Сущность метода испытания заключается в растяжении цилиндрических или плоских образцов на специальном оборудовании.

Таблица 1.1. Механические характеристики некоторых конструкционных материалов

Марки материалов	Временное сопротивление $\sigma_{в}$, МПа	Относительное удлинение δ , %	Относительное сужение ψ , %	Марки материалов	Временное сопротивление $\sigma_{в}$, МПа	Относительное удлинение δ , %	Относительное сужение ψ , %
Ст2сп	330...430	32	—	У7, У7А	690	16	30
Ст3сп	380...470	26	—	У12, У12А	590...690	20	45...55
Ст5сп	490...639	15...17	—	15Х	550	—	60
Сталь 10	340	31	55	60С2	1 270	6	25
Сталь 40	580	19	45	ШХ15	2 550	—	—
Сталь 75	1 100	7	30	Р9М4К8	960	7	10
КЧ 30-6	300	6	—	СЧ30	300	9	—
ВЧ 100	1 000	4	—	АМц	90...150	18...22	—
Д12	Более 16	15	—	Л62	330	49	—

Размеры образцов и методы испытаний различного сортового проката (круглого, лент, листов, проволоки и т. д.) при отрицательных, нормальных и повышенных температурах устанавливаются стандартами.

В данной лабораторно-практической работе испытание на растяжение проводят при нормальной температуре 18...20 °С. В процессе испытания определяют временное сопротивление, истинное сопротивление разрыву, относительное удлинение и относительное сужение образцов из различных конструкционных материалов.

ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для выполнения лабораторно-практической работы необходимы:

- разрывная машина или школьный гидравлический пресс (рис. 1.2);

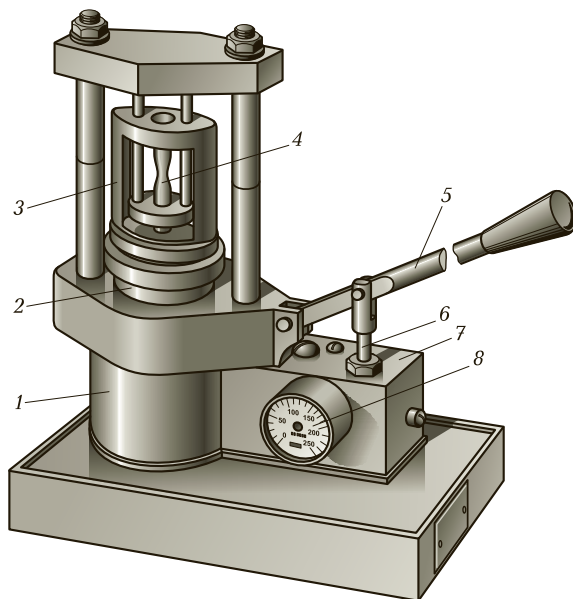


Рис. 1.2. Школьный гидравлический пресс:

1 — большой цилиндр гидравлического пресса; 2 — поршень гидравлического пресса; 3 — реверсор для преобразования усилия сжатия в усилие растяжения; 4 — испытуемый образец; 5 — рычаг; 6 — шток малого поршня; 7 — малый цилиндр с насосом; 8 — манометр

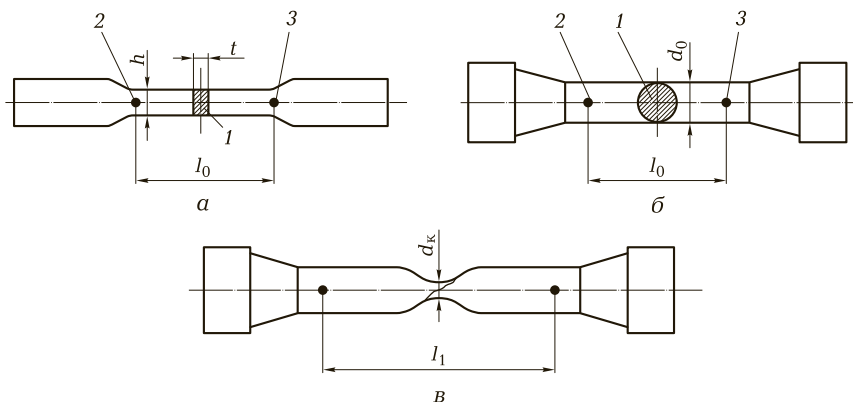


Рис. 1.3. Образцы для испытания металлов на растяжение:

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

- реверсор для превращения усилия сжатия в усилие растяжения;
- образцы для испытаний из круглого или полосового проката (рис. 1.3): на разрывной машине — длиной $l = 160$ мм, диаметром $d = 10$ мм; на школьном гидравлическом прессе — длиной $l = 60$ мм, диаметром $d = 6$ мм;
- штангенциркуль;
- кернер;
- масштабная линейка;
- молоток.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Испытание на разрывной машине выполните в такой последовательности.

1. Изучите инструкцию по охране труда при испытании материалов, устройство и принцип действия разрывной машины.

2. Подберите образцы для испытания на растяжение (образцы изготавливают в токарной мастерской на уроках производственного обучения).

3. Нанесите на образце с помощью молотка и кернера две точки (керны), ограничивающие расчетную длину образца $l_0 = 100$ мм для разрывной машины.

4. Измерьте штангенциркулем с точностью до 0,1 мм начальный диаметр образца d_0 . Замер производите в двух взаимно-перпендикулярных направлениях посередине и по концам отрезка, равного расчетной длине образца (сечения 1, 2, 3). Данные измерений занесите в табл. 1.2.

5. Рассчитайте среднее значение диаметра в каждом сечении как среднее арифметическое измерений 1 и 2. Определите общее среднее значение диаметра образца как среднее арифметическое средних диаметров в каждом сечении. Результаты расчетов занесите в табл. 1.2.

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

7. Для проведения механических испытаний на разрывной машине:

- выберите необходимый груз и шкалу;
- присоедините самопишущее устройство;
- установите миллиметровую бумагу, нанесите на ней оси координат;
- установите образец в захват машины;
- проверьте положение стрелок прибора, установив их на «ноль» шкалы;
- включите электродвигатель и проведите испытание;
- выключите электродвигатель после разрушения образца.

8. Проанализируйте диаграмму растяжения, вычерченную самопишущим устройством, расставив на ней соответствующие точ-

Таблица 1.2. Результаты расчета среднего диаметра образца

Измерение	d_0 , мм, в сечениях		
	1	2	3
1			
2			
Среднее значение			
Общее среднее значение			

ки. По шкале определите максимальную нагрузку P_{\max} , предшествующую разрушению образца.

9. По формуле (1.3) определите временное сопротивление образца. По формуле (1.1) рассчитайте истинное сопротивление разрыву.

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

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

При испытании на школьном гидравлическом прессе применяют реверсор для превращения усилия сжатия в усилие растяжения. Замеры диаметров образцов и расчет площади поперечного сечения выполняют аналогично замерам и расчету при испытании на разрывной машине.

Испытание на школьном гидравлическом прессе выполняйте в такой последовательности.

1. Изучите инструкцию по охране труда при испытании металлов, устройство и принцип действия школьного гидравлического прессы (см. рис. 1.2).

2. Определите площадь поперечного сечения образца до испытания F_0 по формуле (1.3).

3. Установите образец в замок реверсора с помощью двух разрезных шайб. Создайте давление при помощи гидравлического насоса до полного разрушения образца. При нагнетании давления внимательно следите за показаниями манометра и зафиксируйте наибольшее усилие прессы, предшествующее разрушению образца.

4. Определите площадь поперечного сечения образца F_k после испытания по формуле (1.2).

5. Соедините образец по месту излома и замерьте расстояние l_1 между двумя накерненными точками (см. рис. 1.3, в).

6. Определите механические характеристики материала при испытании на школьном гидравлическом прессе аналогично испытанию материала на разрывной машине.

7. Выполните пп. 2—6 для каждого образца.

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование, материалы и образцы. Данные измерений и результаты испытаний оформите в виде табл. 1.3 и 1.4.

Таблица 1.3. 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_v , МПа
<i>Испытания на разрывной машине</i>					
<i>Испытания на гидравлическом прессе</i>					

Таблица 1.4. Результаты испытаний по определению относительного удлинения и 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 , %

Сделайте выводы о соответствии полученных значений механических характеристик материала стандартным значениям, указанным в табл. 1.1.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

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

Лабораторно-практическая работа № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДАРНОЙ ВЯЗКОСТИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ (ПРОЧНОСТЬ НА УДАР)

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

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

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

Ударная вязкость — это способность материала оказывать сопротивление действию ударных нагрузок. Ударная вязкость определяется на специальной установке — маятниковом копре (рис. 2.1).

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 $55 \times 10 \times 10 (\pm 0,1)$ 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. 2.2). Различные формы концентратора напряжений позволяют создать в образцах неравномерные напряжения, способствующие хрупкому разрушению (или изгибу под определенным углом) испытываемых 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

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

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

Ударную вязкость K_C , Дж/м², рассчитывают по формуле

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

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

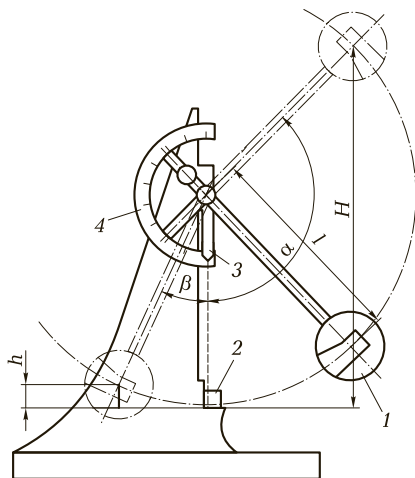


Рис. 2.1. Схема маятникового копра:

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

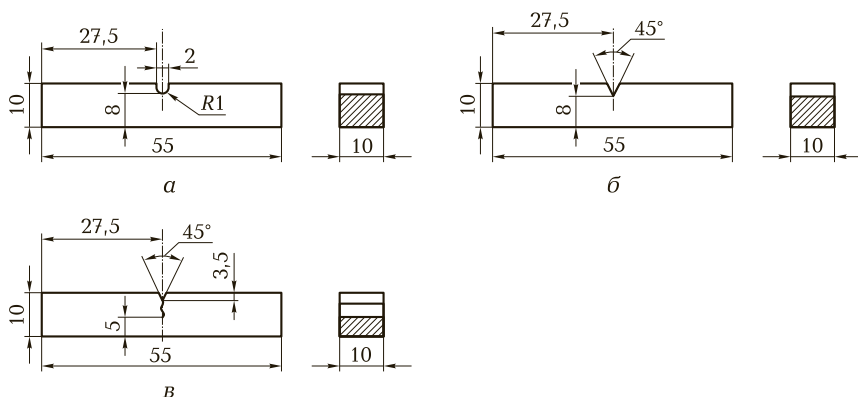


Рис. 2.2. Образцы для испытания на маятниковом копре:

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

В зависимости от вида концентратора ударную вязкость обозначают КСУ, КСV, КСТ. Пример обозначения ударной вязкости: КСV⁺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 55 × 10 × 11 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.

ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для выполнения лабораторно-практической работы необходимы:

- маятниковый копер;
- образцы для испытаний размерами $55 \times 10 \times 10$ мм (образцы изготавливают в слесарной мастерской на уроках производственного обучения):
 - из низкоуглеродистой конструкционной стали;
 - углеродистой инструментальной стали;
 - алюминиевого сплава;
 - серого чугуна;
- штангенциркуль.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

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

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

3. Поднимите маятник до высшего положения H , закрепите его защелкой и по шкале определите угол подъема α . Установите стрелку 3 шкалы 4 в нулевое положение и плавно, освободив защелку, отпустите 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 определите угол отклонения β .

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

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование, материалы и образцы. Данные измерений и результаты испытаний оформите в виде табл. 2.1.

Таблица 2.1. Результаты испытаний по определению ударной вязкости материалов

Материал	Размеры образца, мм	Сечение образца в месте концентратора S_0 , м^2	Наибольший угол подъема α , ...°	Угол отклонения β , ...°	Эскиз разрушаемых деталей, форма излома	Работа удара K , Дж	Ударная вязкость KCV , Дж/м ²
Углеродистая сталь марок 30, 40							
Углеродистая сталь марок У8, У10							
Алюминиевый сплав							
Серый чугун							

Сравните ударную вязкость испытуемых образцов и сделайте выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

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

Лабораторно-практическая работа № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОСТИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ ПО МЕТОДУ БРИНЕЛЛЯ

Цель работы — определение твердости металлов и сплавов по методу Бринелля, приобретение навыков определения твердости методом вдавливания в образец стального закаленного шарика.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Твердость — это способность материала сопротивляться внедрению в него другого более твердого тела. Твердость металлов проявляется при обработке резанием (точение, фрезерование, сверление, пиление и другие технологические процессы). При эксплуатации изделий наблюдается изнашивание контактных пар. Чем выше износостойкость материала деталей, тем меньше изнашивание контактной пары. Износостойкость материала зависит от его твердости.

Твердость является одним из основных свойств материалов, которое оказывает существенное влияние на качественные характеристики продукции. Показатели твердости учитываются при установлении оптимального режима механической обработки, выбора оборудования и инструмента для обработки поковок и изделий.

Методы определения твердости подразделяют на статические, динамические и царапания (резания).

Статические методы основаны на относительно медленном и непрерывном вдавливании индентора в испытуемый материал с определенной силой. Динамические методы основаны на упругой отдаче индентора от испытуемого материала.

При определении твердости для обеспечения единства измерений внедряемому телу (индентору) придают определенную форму и размеры.

При выполнении лабораторно-практических работ по определению твердости материалов любыми методами могут быть использованы технические средства различных модификаций. Однако для обеспечения единства измерений (показаний) необходимо выполнять единые требования, установленные для этих методов, регламентированные ПР 50.2.009—94 «Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок проведения испытаний и утверждения типа средств измерений».

В качестве инденторов в приборах (твердомерах) Бринелля (рис. 3.1, а) используют закаленные стальные шарики различных диаметров, установленных стандартами.

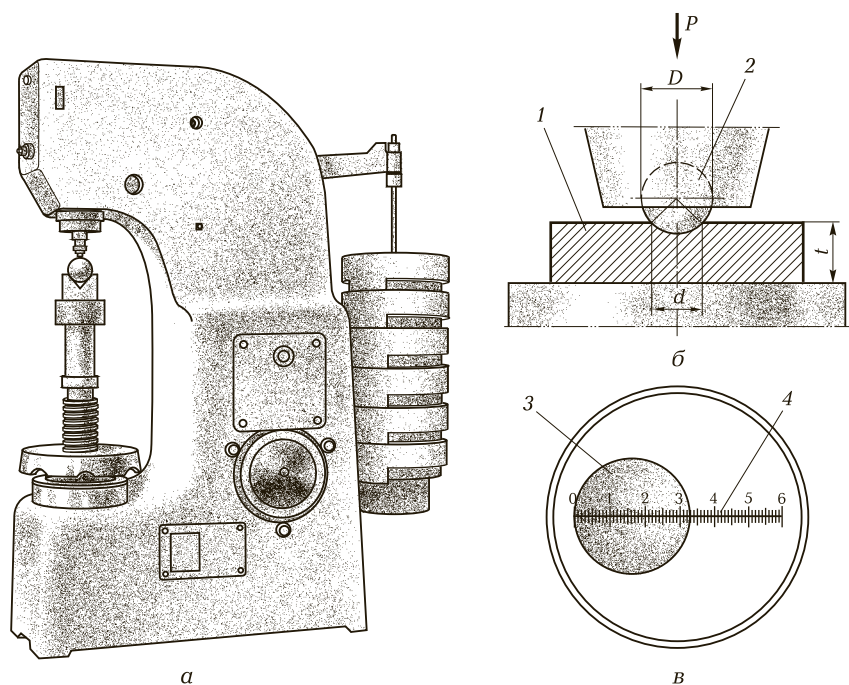


Рис. 3.1. Определение твердости по методу Бринелля:

а — общий вид твердомера типа ТШ; б — схема действия индентора (шарика) при испытании; в — схема измерения диаметра отпечатка по методу Бринелля; 1 — образец; 2 — шарик; 3 — отпечаток; 4 — шкала лупы; P — нагрузка на шарик; D — диаметр шарика; d — диаметр отпечатка; t — толщина образца

При испытании по методу Бринелля должны соблюдаться следующие условия:

- испытывать разрешается материалы с твердостью не более 450 НВ во избежание деформации индентора (закаленного шарика);
- расстояние от центра отпечатка до боковой поверхности образца должно быть не менее $2,5d$, где d — диаметр отпечатка;
- минимальная толщина образца должна быть больше десятикратной глубины отпечатка;
- расстояние между центрами соседних отпечатков должно быть не менее $2d$;
- диаметр отпечатка должен находиться в пределах $0,2D < d < 0,6D$, где D — диаметр шарика.

Твердость материала, определенную по методу Бринелля, обозначают НВ. Например, при определении твердости материала шариком, имеющим диаметр $D = 10$ мм, под нагрузкой $P = 30$ кН (3 000 кгс) с выдержкой времени $\tau = 10$ с твердость равна 200 НВ. При других условиях испытаний указывают и другие параметры. Пример обозначения 350 НВ/5/750/30 означает следующее: твердость по Бринеллю, полученная при испытании шариком диаметром 5 мм под нагрузкой 750 кгс в течение 30 с.

Существует связь между значениями твердости материала, полученными методом Бринелля, и пределом прочности материала при растяжении. Например, для стали предел прочности при растяжении σ_b и число твердости НВ связаны соотношением $\sigma_b = \text{НВ}/3$.

Сущность метода испытания по определению твердости методом Бринелля заключается во вдавливании в образцы на приборах Бринелля стальных закаленных шариков диаметром 2,5; 5 и 10 мм под нагрузкой от 156 до 3 000 кН в зависимости от материала и толщины образца.

После снятия нагрузки твердость по Бринеллю НВ определяют по специальной таблице или рассчитывают по формуле

$$\text{НВ} = \frac{2P}{\pi D \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)}, \quad (3.1)$$

где P — нагрузка, Н; D — диаметр вдавливаемого шарика, мм; d — диаметр отпечатка, мм.

ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для выполнения лабораторно-практической работы необходимы:

- твердомер для определения твердости по методу Бринелля;
- образцы для испытаний из углеродистой стали, чугуна, дюралюминия, меди, латуни или бронзы (образцы изготавливают в слесарной мастерской на уроках производственного обучения);
- специальная лупа для измерения диаметра отпечатка шарика;
- напильники и шлифовальная шкурка для зачистки образцов.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучите инструкцию по охране труда при испытании материалов, устройство и принцип действия имеющегося твердомера типа ТШ-2.

2. При проведении испытаний выполните требования безопасности труда:

- надежная установка образца на прессе;
- ограждение рабочей части установки для предотвращения выброса обломков образца в случае его разрушения;
- при определении твердости по методу Бринелля не располагать индентор у края образца во избежание его вылета при нагружении;
- снятие образца производить только после полной разгрузки и отключения установки.

3. Подготовьте образцы (не менее 4—5 образцов) к испытанию. Поверхность образцов должна быть обработана шлифованием и не иметь вмятин и грубых рисок.

4. В зависимости от испытываемого материала и типа образца выберите столик прибора, нагрузку, диаметр шарика и время выдержки образца под нагрузкой (табл. 3.1 и 3.2).

5. Установите образец на столик прибора. Подъемом столика к наконечнику индентора создайте предварительную нагрузку (1 000 Н) на образец, а затем приложите основную нагрузку.

Таблица 3.1. Выбор нагрузки и диаметра шарика

Толщина испытываемого образца, мм	Диаметр шарика D , мм	Нагрузка P , Н (кгс)		
		Чугун, сталь	Медь, латунь, бронза, магниевые сплавы	Алюминиевые сплавы
Более 6	10	30 000 (3 000)	10 000 (1 000)	2 500 (250)
3...6	5	7 500 (750)	2 500 (250)	625 (62,5)
Менее 3	2,5	1 875 (187,5)	625 (62,5)	156 (15,6)

Примечание. Нагрузка выбирается пропорционально диаметру шарика.

Таблица 3.2. Выбор времени выдержки образца под нагрузкой в зависимости от диаметра шарика и нагрузки

Металлы	Твердость НВ	Минимальная толщина образца, мм	Рекомендуемый диаметр шарика, мм	Нагрузка P , Н (кгс)	Время выдержки под нагрузкой, с
Черные	Более 140	3...6 2...4	10 5	30 000 (3 000) 7 500 (750)	10
	Менее 140	Более 6	10	10 000 (1 000)	10
Цветные	Менее 130	3...6 2...4	10 5	30 000 (3 000) 7 500 (750)	30
	35...130	3...9 3...9 Менее 3	10 5 2,5	10 000 (1 000) 2 000 (200) 625 (62,5)	30
	8...35	Более 6 3...4 Менее 3	10 5 2,5	2 500 (250) 625 (62,5) 165 (16,5)	60

6. После окончания испытания снимите образец и замерьте диаметр отпечатка при помощи лупы в двух взаимно-перпендикулярных направлениях (рис. 3.1, б, в).

7. По величинам диаметров отпечатков шариков определите значение твердости по методу Бринелля, используя формулу (3.1). По полученной твердости определите примерную прочность материала.

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование, материалы и образцы. Данные измерений и результаты испытаний оформите в виде табл. 3.3.

Таблица 3.3. Результаты испытаний по определению твердости металлов и сплавов по методу Бринелля

Номер испытания	Материал	Толщина образца, мм	Диаметр шарика D , мм	Нагрузка P , Н (кгс)	Диаметр отпечатка d , мм	Твердость НВ

Сравните твердость образцов и дайте характеристику материалам с самым большим числом твердости НВ.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется твердостью?
2. В чем заключается сущность определения твердости по методу Бринелля?
3. Определите твердость по Бринеллю следующих образцов: из серого чугуна толщиной 10 мм при диаметре отпечатка 3,1 мм; из латуни толщиной 10 мм при диаметре отпечатка 4,5 мм.
4. Определите предел прочности при растяжении углеродистой конструкционной стали марки 20кп, если ее твердость 143 НВ.

Лабораторно-практическая работа № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОСТИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ ПО МЕТОДУ РОКВЕЛЛА

Цель работы — определение твердости металлов и сплавов по методу Роквелла, приобретение навыков определения твердости методом вдавливания в образец алмазного конуса.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Метод Бринелля применяют для определения твердости незакаленных материалов. Для определения твердости закаленных материалов используют метод Роквелла.

По методу Роквелла твердость материалов определяют на твердомерах Роквелла типа ТР (рис. 4.1) путем вдавливания индентора (алмазного или твердосплавного конуса с углом при вершине 120° либо стального шарика диаметром 1,588 мм) в материалы твердостью более 450 НВ. К испытуемому образцу последовательно прикладывают предварительную и основную нагрузку. Число твердости является мерой глубины проникновения индентора в испытуемый образец после снятия основной нагрузки.

Твердость по Роквеллу HR определяют по формуле

$$HR = \frac{K - (h - h_0)}{C},$$

где K — постоянная величина, для шарика $K = 0,26$, для алмазного конуса $K = 0,2$; h , h_0 — глубина внедрения наконечника в образец под действием общей и предварительной нагрузки соответственно, мм; C — цена деления циферблата индикаторного прибора, соответствующая углублению наконечника на 0,002 мм.

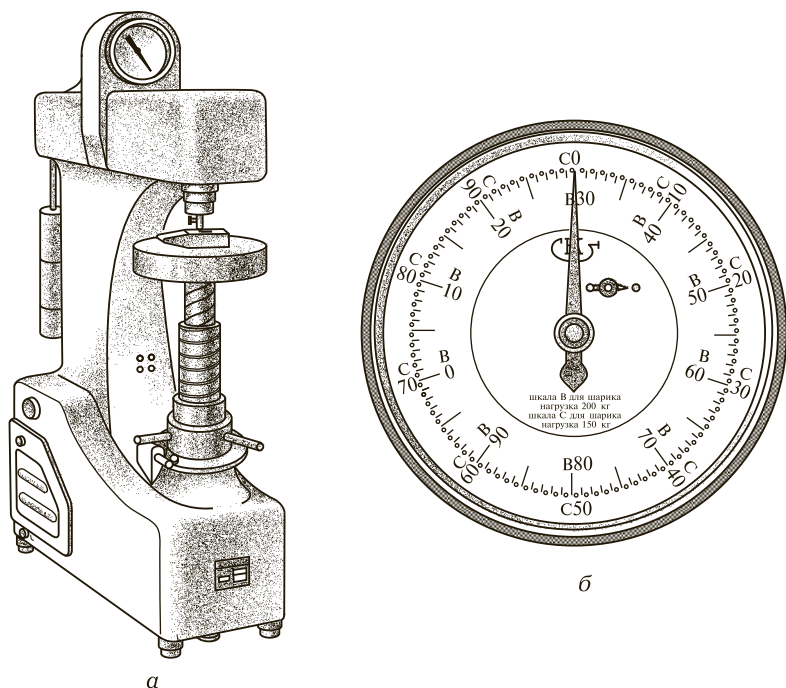


Рис. 4.1. Твердомер Роквелла типа ТР:
 а — общий вид прибора; б — шкала прибора

Практически твердость по методу Роквелла отсчитывают по индикатору прибора непосредственно в процессе испытания. Значение твердости выражается в условных единицах.

Твердость по Роквеллу обозначается цифрами и последующими за ними символом HR с указанием шкалы твердости (А, В, С), например: 61,5 HRC — твердость по Роквеллу равна 61,5 единицам по шкале С.

На приборах типа ТК (ТР), определяющих твердость материала, имеются несколько различных шкал измерения: А, В, С и др.

Шкала А (индентор — алмазный конус) применяется для хрупких твердых сплавов, тонких деталей высокой поверхностной твердости 70... 90 HRA. В отдельных случаях вместо алмазного конуса используется конус из твердого сплава. Испытания по этой шкале производятся при общей нагрузке $P = 600 \text{ Н}$ (60 кгс).

Шкала В (индентор — стальной шарик) имеет диапазон измерений 25... 100 HRB, применяется для мягких металлов и сплавов, не

закаленных изделий из цветных сплавов. Испытания по этой шкале производятся при общей нагрузке $P = 1\,000\text{ Н}$ (100 кгс).

Шкала С (индентор — алмазный конус) имеет диапазон измерений 20...67 HRC, применяется для закаленных изделий толщиной более 1 мм при общей нагрузке $P = 1\,500\text{ Н}$ (150 кгс).

Согласно ГОСТ 8.064—94 «Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений твердости по шкалам Роквелла и Супер-Роквелла» введена единая шкала твердости С в целях обеспечения единства измерений.

При использовании технической документации и литературы числа твердости HRC переводят в числа твердости HB по специальным таблицам (табл. 4.1).

Единицы твердости HRA (при $P = 600\text{ Н}$) переводят в единицы твердости HRC (при $P = 1\,500\text{ Н}$) по формуле

$$\text{HRC} = 2\text{HRA} - 104. \quad (2.13)$$

Таблица 4.1. Значения твердости, определенной методами Роквелла, Виккерса и Бринелля

Твердость HRC	Твердость HV	Твердость HB	Твердость HRC	Твердость HV	Твердость HB
70	1 056	—	44	435	415
69	1 004	—	43	424	404
68	942	—	42	413	393
67	894	—	41	403	383
66	854	—	40	393	372
65	820	—	39	383	362
64	789	—	38	373	352
63	763	—	37	363	332
62	739	—	35	353	332
61	715	—	35	343	323
60	695	—	34	334	313
59	675	—	33	325	305
58	655	—	32	317	297

Твердость HRC	Твердость HV	Твердость HB	Твердость HRC	Твердость HV	Твердость HB
57	636	—	31	309	290
56	617	—	30	301	283
55	598	—	39	293	276
54	580	—	28	285	270
53	562	—	27	278	265
52	545	—	26	271	260
51	528	—	25	264	255
50	513	—	24	257	250
49	498	—	23	251	245
48	485	—	22	246	240
47	471	448	21	441	235
46	458	437	20	236	230
45	446	426			

Таблица 4.2. Выбор нагрузки в зависимости от формы индентора

Шкала	Индентор	Нагрузка, Н (кгс)		
		Предварительная P_0	Основная P_1	Общая P
A	Алмазный конус	100 (10)	500 (50)	600 (60)
B	Стальной шарик	100 (10)	900 (90)	1 000 (100)
C	Алмазный конус	100 (10)	1 400 (140)	1 500 (150)

Значения твердости, полученные по методу Роквелла, не соответствуют значениям твердости, полученным по методу Бринелля. Считается, что одного и того же материала значение твердости, полученное по методу Бринелля, больше значения, полученного по методу Роквелла, примерно в 10 раз: $250 \text{ HB} \approx 25 \text{ HRC}$.

Сущность метода испытания по определению твердости методом Роквелла заключается во вдавливании в образец индентора с предварительным выбором индентора (наконечника) в зависимости от материала образца, шкалы измерения (A, B, C) и прилагаемой нагрузки (табл. 4.2).

ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для выполнения лабораторно-практической работы необходимы:

- твердомер Роквелла;
- образцы для испытаний (образцы изготавливают в слесарной мастерской на уроках производственного обучения):
пластина из закаленной стали марки 45 толщиной 20 мм;
закаленный инструмент из инструментальной стали марки У7 толщиной более 5 мм;
пластина из твердого сплава ВК3 толщиной более 5 мм;
закаленная втулка из латуни марки Л60;
- напильники и шлифовальная шкурка для зачистки образцов.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучите инструкцию по охране труда при испытании материалов, устройство и принцип действия имеющегося твердомера типа ТК-14-250, ТР 5006 или другой модификации.

2. Подготовьте образцы к испытанию. Поверхность образцов должна быть обработана шлифованием и не иметь вмятин и грубых рисок.

3. Выберите в зависимости от испытываемого материала индентор и соответствующий столик. Индентор для измерения твердости закаленных материалов выбирают в виде алмазного конуса с углом при вершине 120°.

4. Установите образец на столик прибора. Подъемом столика к наконечнику индентора создайте предварительную нагрузку 100 Н (10 кгс) на образец, при этом большая стрелка индикатора должна сделать от 2,5 до 3 об и остановиться на отметке «ноль», а малая стрелка — на черной риске. Для закаленных образцов приложите основную нагрузку 140 Н (140 кгс).

5. Снимите действующую нагрузку после замедления или остановки движения стрелки не менее чем через 2 с.

6. Выполните по три испытания каждого образца.

7. По табл. 4.2 сделайте перевод полученных чисел твердости НРС в числа твердости НВ.

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование, материалы и образцы.

Таблица 4.3. Результаты испытаний по определению твердости металлов и сплавов методом Роквелла

Номер испытания	Материал	Толщина образца, мм	Форма индентора	Нагрузка $P = P_0 + P_1$	Твердость HRC		Твердость HB
					Результаты измерений	Среднее значение	
1	Сталь марки 45 закаленная	20	Алмазный конус				
2							
3							
1	Сталь марки У7	15	Алмазный конус				
2							
3							
1	Твердый сплав марки ВК3	5	Алмазный конус				
2							
3							
1	Латунь марки Л60	10	Стальной зака- ленный шарик				
2							
3							

Данные измерений и результаты испытаний оформите в виде табл. 4.3.

Сравните твердость образцов и дайте характеристику материалам с самым большим числом твердости HRC.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем заключается сущность определения твердости по методу Роквелла?
2. Какие шкалы для измерений имеет твердомер Роквелла?
3. Какая нагрузка прикладывается при измерении твердости образцов?
4. Какое соотношение единиц в числовом выражении имеет твердость по Роквеллу по отношению к твердости по Бринеллю?
5. Укажите твердость по Бринеллю, если твердость по Роквеллу 10 HRC; 20 HRC; 50 HRC.
6. Почему при определении твердости по Роквеллу сталей в качестве индентора (наконечника) используется алмазный конус, а цветных металлов и их сплавов — стальной закаленный шарик?

Лабораторно-практическая работа № 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОСТИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ ПО МЕТОДУ ВИККЕРСА

Цель работы — определение твердости металлов и сплавов по методу Виккерса, приобретение навыков определения твердости материалов вдавливанием четырехгранной пирамиды.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Метод Виккерса позволяет определять твердость образцов толщиной от 0,3 мм и более или поверхностных слоев толщиной до 0,03 мм. Твердость материала по методу Виккерса определяется вдавливанием в испытуемый образец индентора в виде четырехгранной алмазной пирамиды с углом при вершине 136° . Толщина испытуемого образца или слоя должна быть в 1,5 раза больше диагонали отпечатка. Расстояние между краями отпечатка и образца или соседнего отпечатка должна быть не менее чем в 2,5 раза больше длины диагонали отпечатка.

Общий вид прибора и схема испытания представлены на рис. 5.1.

Время выдержки под нагрузкой 10... 15 с для черных металлов и 30 с — для цветных. Нагрузку выбирают в зависимости от размеров образца и твердости материала в пределах 1... 1 200 Н (0,1... 120 кгс) (табл. 5.1).

В качестве стандартных значений нагрузки при определении твердости материала по методу Виккерса приняты, Н (кгс): 9,807 (1); 19,61 (2); 24,52 (2,5); 294,2 (30); 490,3 (50); 980,7 (100).

Твердость по Виккерсу обозначают HV и определяют как нагрузку, приходящуюся на единицу поверхности отпечатка алмазной пирамиды, по формуле

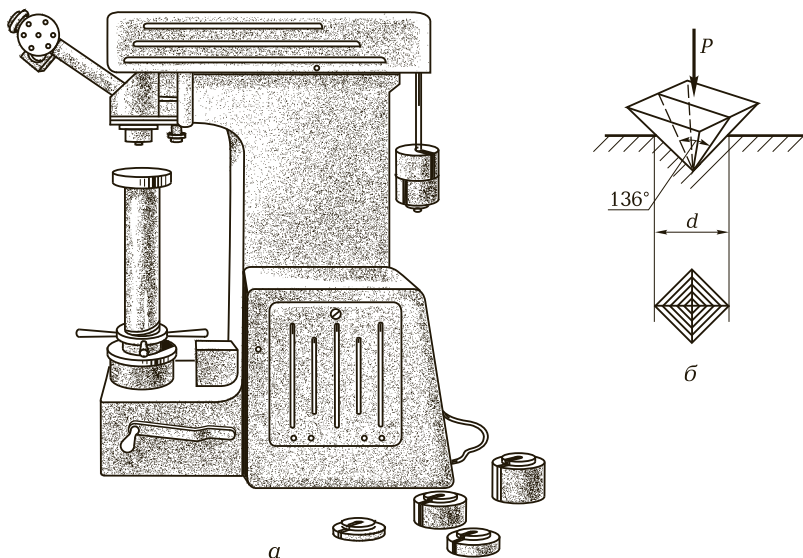


Рис. 5.1. Определение твердости методом Виккерса:

а — общий вид прибора; *б* — схема испытания; P — нагрузка, действующая на индентор; d — диагональ отпечатка

$$HV = 2P \sin(\alpha/2) / d^2 = 1,854P / d^2,$$

где P — нагрузка на пирамиду, Н; d — среднее арифметическое значение длины двух диагоналей отпечатка после снятия нагрузки, мм; α — угол между противоположными гранями пирамиды, $\alpha = 136^\circ$.

Если при измерении твердости по методу Виккерса основными параметрами были выбраны нагрузка $P = 294,2$ Н (30 кгс) и время выдержки 10... 15 с, то твердость по Виккерсу обозначается HV, например 350 HV. При других условиях нагрузка и время выдержки указываются после символа твердости, например 200 HV10—25: твердость образца по Виккерсу составляет 200 единиц при нагрузке 100,07 Н (10 кгс) и времени выдержки 25 с.

Сущность метода испытания по определению твердости методом Виккерса заключается во вдавливании в образец индентора с предварительным выбором нагрузки в зависимости от толщины испытуемого образца и времени выдержки под нагрузкой. После испытания с помощью микроскопа производится замер диагонали отпечатка, полученного в процессе испытания. По длине диагонали отпечатка индентора определяют твердость материала (табл. 5.2).

Таблица 5.1. Рекомендуемые нагрузки при определении твердости по методу Виккерса

Толщина образца или слоя, мм	Рекомендуемая нагрузка P , Н (кгс) при твердости HV	
	20...30	50...100
0,3...0,5	—	—
0,5...1,0	—	—
1,0...2,0	50...100 (5...10)	50...100 (5...10)
2,0...4,0	100...200 (10...20)	100...300 (10...30)
Свыше 4,0	200 (20) и выше	300 (30) и выше

Продолжение табл. 5.1

Толщина образца или слоя, мм	Рекомендуемая нагрузка P , Н (кгс) при твердости HV	
	100...300	300...900
0,3...0,5	—	50
0,5...1,0	50...100 (5...10)	50...100 (5...10)
1,0...2,0	100...200 (10...20)	100...200 (10...20)
2,0...4,0	200...500 (20...50)	100...200 (10...20)
Свыше 4,0	500 (50) и выше	200...500 (20...50)

ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для выполнения лабораторно-практической работы необходимы:

- твердомер типа ТП (ТВ);
- образцы для испытания (образцы изготавливают в слесарной мастерской на уроках производственного обучения):
 - лента из стали марки 50 толщиной 3 мм;
 - лента из латуни марки Л60 толщиной 5 мм;
 - пластина из алюминиевого сплава толщиной 5 мм;
- оборудование для шлифования и полирования поверхности образцов.

Таблица 5.2. Значения твердости, определенной по методу Виккерса, в зависимости от диагонали отпечатка

Длина диагонали отпечатка, мм	Твердость HV	Длина диагонали отпечатка, мм	Твердость HV	Длина диагонали отпечатка, мм	Твердость HV	Длина диагонали отпечатка, мм	Твердость HV	Длина диагонали отпечатка, мм	Твердость HV
Нагрузка 50 Н		Нагрузка 100 Н		Нагрузка 150 Н		Нагрузка 200 Н		Нагрузка 300 Н	
0,10	927	0,15	824	1,45	8,82	0,15	1 649	0,20	1 391
0,15	412	0,20	464	1,50	8,24	0,20	927	0,25	890
0,20	232	0,25	297	1,55	7,72	0,25	593	0,30	618
0,25	148,3	0,30	206	1,60	7,24	0,30	412	0,35	454
0,30	103,0	0,35	151,4	1,65	6,81	0,35	303	0,40	348
0,35	75,7	0,40	115,9	1,70	6,42	0,40	232	0,45	275
0,40	58,0	0,45	91,6	1,75	6,06	0,45	183	0,50	223
0,45	45,8	0,50	74,2	1,80	5,72	0,50	148	0,55	184
0,50	37,1	0,55	61,3	1,85	5,42	0,55	123	0,60	155
0,55	30,7	0,60	51,5	1,90	5,14	0,60	103	0,65	132
0,60	25,8	0,65	43,9	1,95	4,88	0,65	87,8	0,70	114
0,65	22,0	0,70	37,8	2,00	4,64	0,70	75,7	0,75	98,9
0,70	18,9	0,75	33,0	—	—	0,75	65,9	0,80	86,9

0,75	16,5	0,80	29,0	—	—	0,80	58,0	0,85	77,0
0,80	14,5	0,85	25,7	—	—	0,85	51,4	0,90	68,7
0,85	12,8	0,90	22,9	—	—	0,90	45,8	0,95	61,5
0,90	11,5	0,95	20,5	—	—	—	—	1,00	55,8
0,95	10,3	1,00	18,54	—	—	—	—	1,05	50,5
1,00	9,27	1,05	16,82	—	—	—	—	1,10	46,0
1,05	8,41	1,10	15,33	—	—	—	—	—	—
1,10	7,66	1,15	14,02	—	—	—	—	—	—
1,15	7,01	1,20	12,88	—	—	—	—	—	—
1,20	6,44	1,25	11,87	—	—	—	—	—	—
1,25	5,93	1,30	10,07	—	—	—	—	—	—
1,30	5,49	1,35	10,18	—	—	—	—	—	—
1,35	5,09	1,40	9,46	—	—	—	—	—	—

Примечание. Для определения твердости при нагрузке 500 и 1 000 Н следует умножить на 10 значения данных, указанных для нагрузки 50 и 100 Н соответственно.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучите инструкцию по охране труда при испытании материалов, устройство и принцип действия твердомера типа ТП (ТВ).

2. Подготовьте образцы к испытанию. Поверхность образцов должна быть обработана шлифованием или полированием и не иметь дефектов.

3. Выберите опорный столик в зависимости от формы образца и установите алмазный наконечник. Выберите величину нагрузки и установите на подвеску грузы.

4. Установите на столик испытуемый образец. Включите механизм грузового привода. Вращением маховика столика поднимите образец до его соприкосновения с торцом алмазной пирамиды.

5. Нажмите педаль приложения нагрузки. При этом загорается сигнальная лампа и происходит внедрение индентора в поверхность образца. После того как лампа погаснет, опустите столик вниз, выведя образец из-под нагрузки. Переместите головку прибора в крайнее правое положение и подъемом столика добейтесь четкого изображения отпечатка в окуляре микроскопа.

6. Измерьте диагонали отпечатка. Отсчет показаний производится по шкале окуляра и лимбу микрометрического винта. На объективе с десятикратным увеличением цена деления окуляра 100 мкм. На объективе с увеличением $3,7^{\times}$ полученный результат увеличивают в 2,5 раза.

7. Выполните по три испытания каждого образца.

8. По табл. 5.2 определите твердость образцов по методу Виккерса. По табл. 4.2 сделайте перевод чисел твердости HV в числа твердости HRC.

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование, материалы и образцы. Данные измерений и результаты испытаний оформите в виде табл. 5.3.

Сравните твердость образцов и дайте характеристику материалам с самым большим числом твердости HV.

Сравните твердость по Виккерсу с твердостью по Роквеллу (табл. 5.4). Сделайте выводы о соотношении значений твердости, определенной разными методами.

Таблица 5.3. Результаты испытаний по определению твердости методом Виккерса

Номер испытания	Образец	Толщина образца, мм	Нагрузка $P, Н$	Средние арифметические длины обеих диагоналей отпечатка, мм	Средняя длина диагонали отпечатка $d_{ср}, мм$	Твердость HV
1	Лента из стали марки 50	3				
2						
3						
1	Лента из латуни марки Л63	5				
2						
3						
1	Пластина из алюминиевого сплава	5				
2						
3						

Таблица 5.4. Результаты сравнения твердости материалов, определенной методами Виккерса и Роквелла

Образец	Толщина образца, мм	Нагрузка $P, Н$	Твердость HV	Твердость HRC
Лента из стали марки 50	3			
Лента из латуни марки Л60	5			
Пластина из алюминиевого сплава	5			

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что применяют в качестве наконечника при определении твердости по методу Виккерса? В каких случаях твердость материалов определяют по методу Виккерса?
2. Как рассчитывают твердость по методу Виккерса?
3. Укажите достоинства и недостатки определения твердости по методу Виккерса.

Лабораторно-практическая работа № 6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОСТИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ ПО МЕТОДУ ШОРА

Цель работы — определение твердости металлов и сплавов по методу Шора, приобретение навыков определения твердости методом упругой отдачи.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

В производственной практике при ремонтных работах, как правило, необходимо знать твердость рабочих поверхностей изнашиваемых деталей и механизмов (направляющих станин крупногабаритных станков, зубчатых колес, коленчатых валов, муфт сцепления и др.), не вырезая образцов из этих деталей. Твердость определяют на рабочем месте или в ремонтной мастерской с помощью твердомера Шора (рис. 6.1, а).

Метод испытания основан на упругой отдаче испытуемого материала в момент удара бойка (индентора). В твердомере Шора в специальном устройстве размещен боек с алмазным наконечником массой 2,5 г. Прибор устанавливают на испытуемую деталь. Боек с высоты H (рис. 6.1, б) свободно падает на поверхность детали, ударяясь о которую отскакивает на высоту h . Каждое положение бойка фиксируется отклонением стрелки прибора. Показание по шкале, соответствующее этому отклонению, будет определять условную твердость по Шору — HSD.

Чем тверже деталь, тем выше высота отскока и наоборот. Высота отскока бойка зависит от модуля упругости испытуемого материала образца и его твердости.

Отметка шкалы 100 соответствует твердости высокоуглеродистой инструментальной стали марок У11, У11А—У13 и У13А, быст-

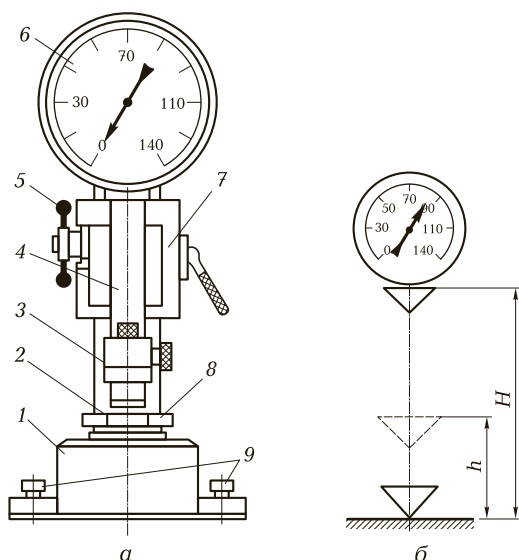


Рис. 6.1. Определение твердости методом Шора:

а — общий вид твердомера: 1 — основание станины (пустотелое); 2 — исследуемый образец; 3 — механизм возврата бойка в исходное положение; 4 — трубка, внутри которой размещен боек; 5 — механизм высвобождения бойка; 6 — циферблат (шкала со стрелкой), имеющий 140 делений высоты отскока бойка; 7 — зажим, фиксирующий высоту трубки; 8 — установка с отверстием для образца; 9 — регулировочные винты для установки прибора; *б* — схема определения твердости: H — высота падения бойка; h — высота отскока бойка

рорежущей стали марок P9, P18 и других материалов, твердость которых 60...64 HRC. Отметка шкалы 140 соответствует твердости твердых сплавов групп ВК—ТК, твердость которых 89...92,5 HRA.

К недостаткам этого метода относится то, что твердомер Шора точных показаний не имеет. Твердость отсчитывается в условных единицах пропорционально высоте отскока бойка.

Достоинство твердомера Шора заключается в том, что он позволяет определять твердость крупногабаритных деталей и изделий, отдельных агрегатов, станков и другого оборудования, твердость которых невозможно проверить иными методами. Кроме того, можно определить твердость после отдельных технологических операций (шлифование, полирование, нанесение керамических покрытий), не нарушая при этом качество обработанной поверхности. Прибор имеет высокую производительность.

Прибор имеет небольшие габаритные размеры и массу, изготавливается, как правило, в портативном варианте.

ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для выполнения лабораторно-практической работы необходимы:

- твердомер Шора;
- образцы для измерения твердости:
 - детали произвольных размеров из стали марок Ст2, Ст5, 40, У10, Р18;
 - пластины из твердого сплава ВК6;
 - крупногабаритные детали оборудования (коленчатый вал автомобиля и др.);
- напильники, шлифовальная шкурка.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучите инструкцию по охране труда при испытании материалов, устройство и принцип действия твердомера Шора.
2. Подготовьте образцы (изделия) для испытания. Поверхность образцов должна быть обработана шлифованием и не иметь дефектов.
3. Проведите испытания образцов.

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование, материалы и образцы. Данные измерений и результаты испытаний оформите в виде табл. 6.1 в порядке возрастания твердости образцов.

Таблица 6.1. Результаты испытаний по определению твердости методом Шора

Номер образца	Марка материала	Примерная твердость HRC	Твердость HSD

Сравните значения твердости, определенной по методу Шора, со значениями твердости тех же материалов, определенной по методам Бринелля, Роквелла, Виккерса. Укажите достоинства и недостатки каждого метода.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем заключается сущность определения твердости по методу Шора?
2. Какова твердость инструментального материала по Роквеллу HRC, если по шкале Шора она равна 100 единицам?
3. Какова твердость инструментального материала по Роквеллу HRA, если по шкале Шора она равна 140 единицам?
4. Укажите достоинства и недостатки определения твердости методом Шора.

Лабораторно-практическая работа № 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОСТИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ ПО МЕТОДУ ПОЛЬДИ

Цель работы — определение твердости металлов и сплавов по методу Польди, приобретение навыков в определении твердости методом ударного отпечатка, закрепление теоретических знаний о механических свойствах материалов.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

На практике часто приходится определять твердость изделий в полевых условиях или крупногабаритных деталей (переносной вариант). Для этой цели широкое применение нашел метод ударного отпечатка определения твердости — метод Польди.

Принцип работы прибора (рис. 7.1) заключается в следующем. В паз прибора вставляют эталон $З$ с известной твердостью. Индентор 1 устанавливают на испытуемый образец (вал, ступица, станина, зубчатое колесо и т.д.). По бойку 8 молотком наносится удар средней силы. Сила удара, преодолевая силу упругости пружины, передается индентору (шарику). Индентор оставляет отпечатки снизу на испытуемом образце и сверху на эталонном.

Схема определения твердости по методу Польди представлена на рис. 7.2, а.

С помощью микрометрической лупы измеряют диаметры отпечатков (рис. 7.2, б) и определяют их площадь по формулам

$$F_0 = \frac{\pi D}{2} \left(D - \sqrt{D^2 - d_0^2} \right); \quad (7.1)$$

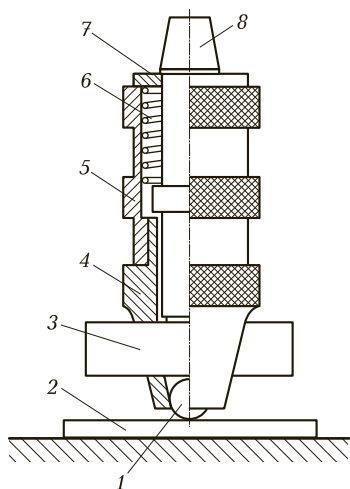


Рис. 7.1. Прибор для определения твердости по методу Польди:

1 — индентор (шарик); 2 — испытываемый образец; 3 — эталон; 4 — головка с пазом и коническим отверстием; 5 — корпус; 6 — пружина; 7 — накладная гайка; 8 — боек

$$F_3 = \frac{\pi D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d_3^2}), \quad (7.2)$$

где F_0 — площадь поверхности отпечатка на испытываемом образце, мм²; D — диаметр индентора, мм; d_0 — диаметр отпечатка на испытываемом образце, мм; F_3 — площадь поверхности отпечатка на эталоне, мм²; d_3 — диаметр отпечатка на эталоне, мм.

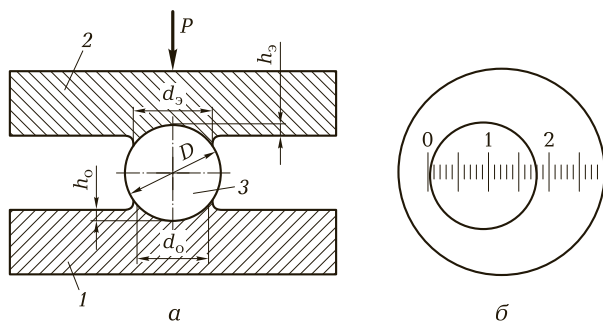


Рис. 7.2. Схемы определения твердости по методу Польди (а) и измерения диаметра отпечатка с помощью микрометрической лупы (б):

1 — испытываемый образец; 2 — эталон; 3 — индентор; P — приложенная нагрузка; h_0 , h_3 — глубина отпечатка на образце и эталоне соответственно; D , d_0 , d_3 — диаметр индентора, его отпечатка на образце и эталоне соответственно

Площади отпечатков индентора на образце и эталоне можно также рассчитать по формуле

$$F = \pi Dh,$$

где h — глубина отпечатка, мм.

Число твердости НР испытуемого образца определяют по формуле

$$\text{НР} = (H_3 F_3) / F_0, \quad (7.3)$$

где H_3 — число твердости эталона в единицах Бринелля (НВ).

Сущность метода испытания по определению твердости методом Полюди заключается в сравнении полученных отпечатков на испытуемом образце с отпечатками на эталоне с известной твердостью. Идентичность нагрузки и условия испытания обеспечиваются прибором, в котором при ударе закаленный шарик произвольного диаметра одновременно действует на оба образца с одинаковым усилием.

ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для выполнения лабораторно-практической работы необходимы:

- прибор для измерения твердости методом Полюди;
- набор эталонных брусков, твердость которых известна;
- образцы для испытания;
- лупа с мерной сеткой для измерения диаметров отпечатков;
- молоток.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучите инструкцию по охране труда при испытании материалов, устройство и принцип действия прибора.

2. Выберите эталонный брусок, твердость которого близка к предполагаемой твердости испытуемого материала, и вставьте в прибор. Установите прибор на испытуемый образец. Произведите удар молотком по верхней части бойка.

3. Измерьте диаметры отпечатков шарика диаметром 10 мм на эталоне и испытуемом образце с помощью лупы с мерной сеткой.

4. Определите площадь отпечатков по формулам (7.1) и (7.2). Вычислите твердость по методу Полюди (НР) по формуле (7.3).

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование, материалы и образцы. Данные измерений и результаты испытаний оформите в виде табл. 7.1.

Таблица 7.1. Результаты испытаний по определению твердости методом Польди

Диаметр отпечатка, мм		Площадь отпечатка, мм ²		Твердость НР	
на эталоне d_s	на образце d_o	на эталоне F_s	на образце F_o	эталона	образца

Сравните твердость материала образцов со справочными данными.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Опишите принцип действия прибора для определения твердости методом ударного отпечатка (методом Польди).
2. Расскажите об устройстве прибора.
3. Укажите область применения прибора.
4. Каковы преимущества и недостатки определения твердости металлов методом Польди по сравнению с методом Бринелля?

Лабораторно-практическая работа № 8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОСТИ МАТЕРИАЛОВ ПО МЕТОДУ (ШКАЛЕ) МООСА

Цель работы — определение твердости материалов по шкале Мооса, приобретение навыков определения твердости методом царапания.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

По шкале Мооса определяют твердость минералов, металлов и их сплавов, кристаллов и других материалов с помощью склерометров. Величина твердости берется в условных единицах и устанавливается визуально по ширине царапины, оставленной алмазным или стальным наконечником (игла или пирамида) под нагрузкой.

Шкала Мооса — десятичная шкала, соответствующая набору из десяти эталонных минералов, расположенных последовательно в зависимости от твердости, выраженной в условных единицах.

В качестве эталонов приняты следующие минералы с числом твердости от 1 до 10:

<i>Минерал</i>	<i>Число твердости</i>
Тальк	1
Гипс	2
Кальцит	3
Флюорит (плавиковый шпат)	4
Апатит	5
Ортоглаз (полевой шпат)	6
Кварц	7
Топаз	8
Корунд	9
Алмаз	10

Сущность метода испытания по определению твердости при отсутствии склерометра заключается в последовательном царапании (резании) образцов.

Если царапать (резать) эталонные минералы, то алмаз царапает все 9 минералов набора, корунд — 8, топаз — 7 и т. д. Таким образом, получается шкала твердости от 1 до 10.

Используя шкалу минералов при последовательном царапании исследуемых образцов из конструкционных и инструментальных материалов, выявляют самый мягкий (твердость — 1), самый твердый (твердость — 10) и промежуточной твердости материалы.

ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для выполнения лабораторно-практической работы необходимы:

- десять образцов для испытаний (в состоянии поставки):
из углеродистой конструкционной, инструментальной стали марок Ст05, Ст08, 20, 30, 50, У7, У13, Р18, Р9, Р6, М5К5;
твердых сплавов марок Т15К6, ВК15;
- ножовочный станок;
- напильники, шлифовальная шкурка.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучите инструкцию по охране труда при работе на заточном станке, опиливании и шлифовании заготовок.

2. Подберите заготовки (сортаменты) из углеродистой конструкционной, инструментальной (в том числе легированной) стали в состоянии поставки и пластины из твердых сплавов.

3. Выпилите из заготовок образцы произвольных размеров (образцы изготавливают в слесарной мастерской на уроках производственного обучения). Опилите напильником одну из плоскостей образца и три смежные плоскости, образующие вершину. Отшлифуйте опиленные плоскости.

4. Произведите последовательное царапание (резание) острой вершиной плоскость образцов. Разложите образцы в порядке возрастания твердости.

5. Измерьте твердость каждого образца по методу Роквелла.

6. Сравните твердость, полученную по шкале Мооса, с твердостью, определенной по методу Роквелла.

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование, материалы и образцы. Данные измерений и результаты испытаний оформите в виде табл. 8.1 в порядке возрастания твердости образцов.

Таблица 8.1. Результаты испытаний по определению твердости по шкале Мооса

Номер образца	Марка материала	Массовая доля основного химического элемента, %	Характер царапины	Твердость	
				HRC	по шкале Мооса

Проанализируйте определение твердости по шкале Мооса, укажите его преимущества по сравнению с другими методами.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем заключается сущность метода определения твердости материалов по шкале Мооса?
2. Укажите, какой из указанных материалов тверже: P9 или T15K6, P6M5K5 или BK15.

Лабораторно-практическая работа № 9

ОЗНАКОМЛЕНИЕ С СОВРЕМЕННЫМИ МЕТОДАМИ И ПРИБОРАМИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТВЕРДОСТИ МАТЕРИАЛОВ

Цель работы — ознакомление с современными методами и приборами определения твердости материалов, приобретение навыков определения твердости материалов современными ультразвуковыми и динамическими приборами.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

В технике наряду с механическими твердомерами стационарного типа, с помощью которых определяли твердость материалов в лабораторно-практических работах № 3—7, широко применяют ультразвуковые и динамические твердомеры.

С помощью твердомеров этих типов, имеющих малую погрешность, измеряют широкий диапазон значений твердости материа-

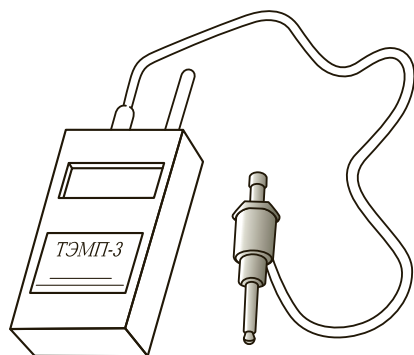


Рис. 9.1. Общий вид твердомера динамического действия ТЭМП-3

Таблица 9.1. Характеристика твердомеров отечественного производства

Показатели	УЗИТ-3 (ультразвуковой)	ЭЛИТ-2Д (динамический)	ТЭМП-2 (динамический)	ТЭМП-3 (динамический)	ТЭМП-4 (динамический)
Диапазон измерения: шкала Бринелля HB шкала Роквелла HRC шкала Виккерса HV шкала Шора HSD	80...450 20...70 – –	80...450 20...70 – –	95...460 22...68 95...950 23...99	95...460 22...68 95...950 23...99	95...460 22...68 95...950 23...99
Прямые показания по шкалам HB, HRC, HV, HSD	+	+	+	+	+
Размещение электронного блока и преобразователя в одном корпусе	+	+	+	+	+
Погрешность измерения HB и HRC, %, не более	2	1,5...2	15* 1,5**	3	3
Применяемая батарея 6F22 (типа «корунд»)	+	+	A-316	A-316	A-316
Время работы на одной батарее, ч, не менее	25	750	120	300	250
Автоматический контроль и отключение питания	+	+	+	+	+

Показатели	УЗИТ-3 (ультразвуковой)	ЭЛИТ-2Д (динамический)	ТЭМП-2 (динамический)	ТЭМП-3 (динамический)	ТЭМП-4 (динамический)
Определение пределов прочности (σ_b) автоматическим перерасчетом с твердости НВ по ГОСТ 22761—77 для углеродистых сталей	–	–	+	–	–
Ввод результатов измерений в память и распечатка данных	–	–	+	+	+
Тип (форма) индентора (наконечника)	Электрод с насадками	Электрод с насадками	Шаровидный	Шаровидный	Шаровидный
Габаритные размеры, мм	140 × 65 × 20	120 × 60 × 20	170 × 85 × 35	130 × 60 × 30	135 × 65 × 30

Примечания: 1. Знаки «+» и «–» обозначают наличие и отсутствие данной характеристики.

2. ГОСТ 22761—77 «Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Бринеллю переносными твердомерами статического действия».

* При определении твердости НВ.

** При определении твердости HRC.

лов в единицах HRC, HB и HSD. Измерение твердости проводится на любой контролируемой поверхности небольших габаритных размеров, обеспечивается возможность измерения твердости объектов сложной формы.

В практике используют твердомеры отечественного производства УЗИТ-3, ЭЛИТ-2Д, ТЭМП-2, ТЭМП-3, ТЭМП-4 и твердомеры иностранного производства HLN-11A (Time Group Inc), TH-130 (Time Group Inc), MLC-10 (Krautruamter), MLC10DL и др. На рис. 9.1 изображен твердомер мод. ТЭМП-3 динамического действия.

Краткая характеристика ультразвуковых и динамических приборов отечественного производства приведена в табл. 9.1.

Малые габаритные размеры и масса, универсальность и удобство применения — отличительные черты твердомеров, разработанных на основе достижений научно-технического прогресса.

Сущность изучения современных методов и приборов по измерению твердости заключается в ознакомлении с этими приборами и их техническими характеристиками. При наличии приборов по методам, указанным в паспортах приборов, необходимо измерить твердость образцов, ранее исследованных в лабораторно-практических работах № 3—7.

ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для выполнения лабораторно-практической работы необходимы:

- твердомеры мод. УЗИТ-3, ЭЛИТ-2Д, ТЭМП-2, ТЭМП-3, ТЭМП-4 или твердомеры иностранного производства (при наличии);
- образцы для испытаний, используемые в лабораторно-практических работах № 3—7.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучите инструкцию по охране труда при испытании материалов, устройство и способ измерения твердости представленными приборами.

2. Подберите по одному образцу, твердость которых определялась в лабораторно-практических работах № 3—7. Проведите измерение твердости по шкале Бринелля (HB), Роквелла (HRC), Виккерса (HV) и Шора (HSD) с помощью имеющихся твердомеров.

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование, материалы и образцы. Результаты измерений оформите в виде табл. 9.2 в порядке возрастания твердости образцов.

Таблица 9.2. Результаты измерений твердости материалов с помощью современных твердомеров					
Номер образца	Модель прибора	Твердость материала образца			
		HB	HRC	HV	HSD

Сделайте вывод о достоинствах и недостатках современных твердомеров.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите модели твердомеров нового поколения.
2. В чем преимущества определения твердости конструкционных материалов на твердомерах нового поколения по сравнению с твердомерами Бринелля, Роквелла и Виккерса?
3. Каковы принципы действия твердомеров нового поколения?
4. Укажите погрешность измерения твердости по методам Бринелля, Роквелла, Виккерса и с помощью твердомера ТЭМП-3.
5. Перечислите технические характеристики твердомеров УЗИТ-3, ЭЛИТ-2Д, ТЭМП-3, ТЭМП-4.
6. Что применяют в качестве наконечника (индентора) в твердомерах ультразвукового и динамического типов?

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИГОДНОСТИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ К ОПЕРАЦИЯМ ДЕФОРМИРОВАНИЯ

Цель работы — изучение методики технологических испытаний (проб) по определению пригодности конструкционного материала к операциям деформирования, приобретение навыков проведения технологических испытаний (проб) и определения пригодности металла к той или иной операции деформирования.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Технологические свойства — это группа свойств, которые определяют способность металлов, сплавов и других материалов подвергаться различным видам обработки в холодном и горячем состоянии. Технологические свойства влияют на качество получаемых изделий и производительность труда. Технологические свойства обусловлены физико-механическими особенностями конструкционных материалов, которые определяют технологичность заготовок в процессе изготовления деталей, изделий в целом. Например, если металл имеет низкую твердость, заготовка из него легко обрабатывается резанием. К технологическим свойствам относятся обрабатываемость резанием, деформируемость, свариваемость, паяемость, литейные свойства и др.

Эксплуатационные, или служебные, свойства — это группа свойств, которые определяют долговечность работы машин и механизмов в процессе их эксплуатации: износостойкость, циклическая вязкость, жаростойкость, антифрикционность, прирабатываемость и др. Эксплуатационные свойства также обусловлены физико-механическими и химическими характеристиками материалов.

Знание технологических и эксплуатационных свойств и их практическое применение в производственном процессе гарантирует высокое качество изделий.

Технологические и эксплуатационные свойства определяются специальными испытаниями, методы которых регламентируются следующими стандартами:

- ГОСТ 8817—82 «Металлы. Метод испытания на осадку»;
- ГОСТ 14019—2003 «Материалы металлические. Метод испытания на изгиб»;
- ГОСТ 13813—68 «Металлы. Метод испытания на перегиб листов и лент толщиной менее 4 мм»;
- ГОСТ 1579—93 «Проволока. Метод испытания на перегиб»;
- ГОСТ 8818—73 «Металлы. Метод испытания на расплющивание»;
- ГОСТ 10447—93 «Проволока. Метод испытания на навивание»;
- ГОСТ 1545—80 «Проволока. Метод испытания на скручивание»;
- ГОСТ Р 52246—2004 «Прокат листовой горячеоцинкованной. Технические условия»;
- ГОСТ 8695—75 «Трубы. Метод испытания на сплющивание»;
- ГОСТ 10510—80 «Металлы. Метод испытания на выдавливание листов и лент по Эриксену».

Деформируемость — это технологическое свойство, которое определяет способность металлов, сплавов и других материалов подвергаться различным видам обработки давлением: штамповке, прессованию, ковке, прокату, гибке и др.

От способности конструкционного материала подвергаться различным видам деформирования зависит качество таких технологических операций, как штамповка в холодном или горячем состоянии, ковка на молотах и прессах, завивание пружин и другие виды обработки.

Свойство подвергаться различным видам технологических операций определяется методом технологических испытаний (проб). Как правило, все технологические испытания (пробы) стандартизированы. Технологическая проба позволяет по внешним признакам, без применения измерительных приборов и исследований определять пригодность того или иного конструкционного материала подвергаться различным видам обработки.

В данной лабораторно-практической работе определяется способность конструкционного материала подвергаться различным видам технологических операций деформирования (штамповка, прессование, гибка, расплющивание, осадка и др.). Способность к деформированию во многом зависит от механических свойств конструкционных материалов (пластичности, твердости и вязкости). Чем ниже твердость, тем выше пластичность и, следовательно, выше способность подвергаться операции деформирования.

Сущность метода испытания на пригодность конструкционного материала к операциям деформирования заключается в проведении простейших технологических проб (испытаний) в соответствии с приведенными стандартами:

- проба стали на изгиб в горячем и холодном состоянии;
- проба стали на перегиб;
- проба алюминия на осадку на гидравлическом прессе;
- проба алюминия и стали на расплющивание прутков и готовых заклепок;
- проба стали на навивание проволоки;
- проба стали на скручивание проволоки;
- проба стали на двойной кровельный замок;
- проба алюминия и стали на выдавливание и вытяжку.

Проведение простейших технологических испытаний позволяет визуально, по внешним признакам наблюдать характер деформирования при формоизменении заготовок (трещины, сколы, расслоения, надрывы, разрывы и др.), делать заключение о возможности (или невозможности) выполнения соответствующей технологической операции.

ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для выполнения лабораторно-практической работы необходимы:

- слесарные тиски;
- гидравлический или винтовой пресс;
- заточный станок;
- оправки по прилагаемым схемам;
- слесарный инструмент;
- образцы листовой стали толщиной 1 ... 5 мм, шириной 50 мм, длиной 150 мм;

- образцы стальной ленты толщиной 0,8 мм, шириной 20 мм, длиной 150 мм;
- образцы стальной проволоки диаметром 1 ... 3 мм;
- образцы алюминиевого проката диаметром до 30 мм, длиной 50 мм;
- заклепки из низкоуглеродистой стали и алюминиевого сплава.

Примечание. Образцы для испытаний изготавливают в слесарной мастерской на уроках производственного обучения.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучите инструкции по охране труда при работе в слесарной мастерской, на гидравлическом и винтовом прессах.

2. Проведите испытания стали на изгиб в горячем и холодном состоянии (рис. 10.1). Признаком того, что образцы выдержали ис-

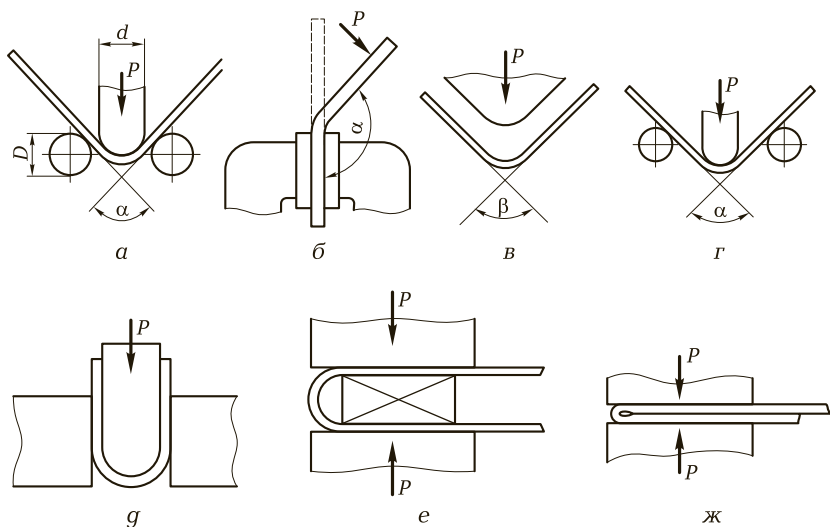


Рис. 10.1. Испытание стали на изгиб до заданного угла α :

а — при заданных диаметрах валиков D и оправки d на гидравлическом прессе; *б* — в тисках; *в* — с заданным углом оправки β ; *г* — до появления первой трещины в растянутой зоне образца с фиксацией угла изгиба α ; *д* — под прессом с помощью овальной оправки или пуансона; *е* — в тисках с помощью плоской оправки; *ж* — в тисках до соприкосновения сторон; P — приложенная нагрузка

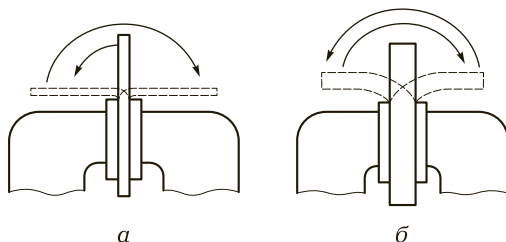


Рис. 10.2. Испытание на перегиб:

а — на угол 90° , затем на угол 180° (в противоположную сторону); *б* — на угол 180° до разрушения образца

пытание на изгиб, является отсутствие изломов, трещин, разрывов и расслоений, видимых невооруженным глазом.

3. Проведите испытание на перегиб (рис. 10.2) по ГОСТ 13813—68 и ГОСТ 1579—93:

лент, листов и полос толщиной до 4 мм, длиной 100...150 мм и шириной 20 мм;

проволоки круглой, квадратной и других сечений максимальным размером сечения 10 мм.

Признаком того, что испытуемые заготовки можно подвергать технологическим операциям деформирования, является отсутствие трещин, надломов, заусениц.

4. Проведите испытание на осадку на гидравлическом прессе по ГОСТ 8817—82 для определения способности сталей и алюминиевых сплавов принимать заданную по размерам и форме деформацию сжатия. Это испытание применяется для сортового проката размерами до 30 мм в холодном и до 150 мм в горячем состоянии, согласно схеме, приведенной на рис. 10.3.

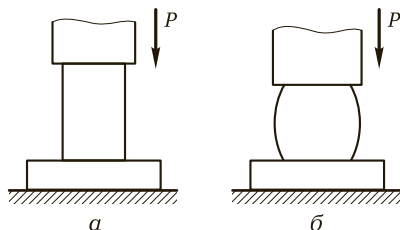


Рис. 10.3. Испытание на осадку на гидравлическом прессе:

а — установка заготовки; *б* — осадка (деформирование) заготовки; *P* — приложенная нагрузка

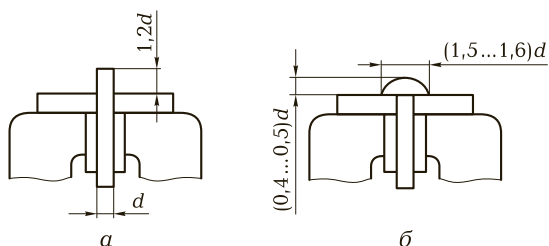


Рис. 10.4. Испытание на расплющивание прутков и готовых заклепок:

а — установка прутка (заклепки); *б* — расплющивание прутка (заклепки)

5. Проведите испытание на расплющивание прутков и готовых заклепок (рис. 10.4). Признаком того, что образцы выдержали испытание, является отсутствие трещин на деформированной части.

6. Проведите испытание по ГОСТ 10447—93 на навивание проволоки диаметром 1 ... 3 мм (рис. 10.5) для определения способности металла навиваться на цилиндр, диаметр которого определяется конкретными техническими требованиями. Качество навивки проволоки определяют по внешним признакам (отсутствие трещин, надломов, заусениц и порывов).

7. Проведите испытание проволоки на скручивание по ГОСТ 1545—80 для определения способности металлов принимать заданные кручения (рис. 10.6). По числу витков проволоки судят о пластичности металла, а по излому — о его структуре.

8. Проведите испытание на двойной кровельный замок по ГОСТ Р 52246—2003 по схеме, представленной на рис. 10.7. О качестве

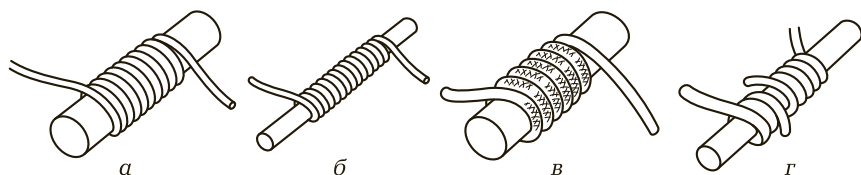


Рис. 10.5. Испытание на навивание проволоки (пружины):

а, б — качественное навивание при заданных диаметрах оправки и проволоки; *в, г* — некачественное навивание (на пружине видны сколы, заусеницы, порывы)

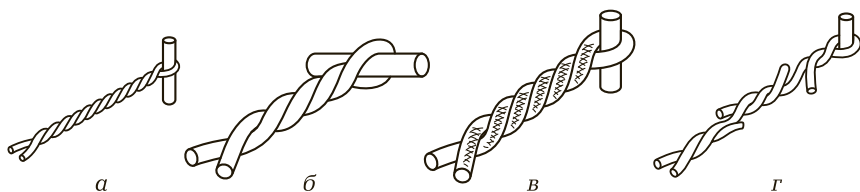


Рис. 10.6. Испытание на скручивание проволоки:

а, б — качественное скручивание проволоки; *в, г* — некачественное скручивание проволоки (заусенцы, порывы, сколы)

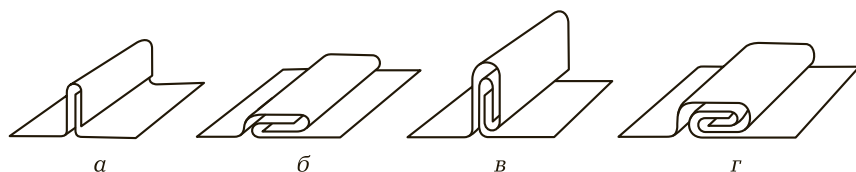


Рис. 10.7. Проба листовой стали на двойной кровельный замок:

а — изготовление одинарного вертикального фальца; *б* — укладка горизонтального одинарного фальца; *в* — изготовление вертикального двойного фальца (кровельного замка); *г* — укладка горизонтального двойного фальца (кровельного замка)

изготовления двойного кровельного замка судят по отсутствию трещин, сколов и разрывов.

9. Проведите испытание по ГОСТ 10510—80 на выдавливание и вытяжку на гидравлическом или винтовом прессе листового кон-

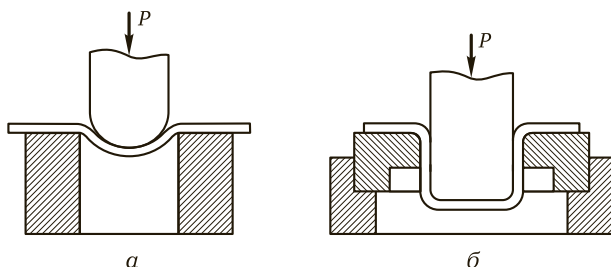


Рис. 10.8. Испытание на выдавливание и вытяжку листового металла на гидравлическом прессе:

а — установка заготовки; *б* — деформация заготовки; *P* — приложенная нагрузка

струкционного материала из черных и цветных металлов толщиной 0,1 ... 2 мм (рис. 10.8). О качестве формоизменения листового материала судят по изготовлению готового изделия без трещин, надрывов и сколов.

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование, материалы и образцы. Сделайте вывод о пригодности каждого материала к данному виду деформирования.

Проанализируйте, какие из проведенных испытаний указывают на более высокие технологические свойства материалов подвергаться обработке давлением. Результаты испытаний оформите в виде табл. 10.1.

Таблица 10.1. Результаты испытаний на пригодность конструкционных материалов к выполнению технологических операций деформирования

Технологическая проба (испытание)	Материал, размеры образца	Вид испытания	Характер деформации при испытании (определяется визуально)	Заключение о пригодности материала к данному виду деформирования (обработке давлением)

Эскизы испытаний изобразите на отдельном листе. Укажите на эскизах характерные дефекты, полученные при испытаниях.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие свойства называются технологическими?
2. Дайте определение технологического свойства деформируемости.
3. Перечислите технологические испытания конструкционных материалов на деформируемость.
4. Как определяется качество технологических операций на деформируемость?

ПРОБА НА ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ СТАЛИ РЕЗАНИЕМ

Цель работы — определение способности стали (конструкционного материала) подвергаться различным видам обработки резанием (определение коэффициента резания), проведение сравнительной характеристики и выбора конструкционного материала в зависимости от обрабатываемости резанием.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Качество деталей, обработанных на металлорежущих станках или подвергшихся слесарной обработке, во многом зависит от технологического свойства конструкционного материала — обрабатываемости резанием.

Обрабатываемость резанием — это способность конструкционных материалов подвергаться различным видам механической обработки в целях получения оптимального качества деталей при высокой производительности труда. Обрабатываемость резанием зависит от металлургических, металловедческих и технологических факторов процесса производства и обработки конструкционных материалов.

К **металлургическим факторам** относятся химический состав, условия выплавки и раскисления, разливки и кристаллизации (охлаждения) металлов и сплавов.

К **металловедческим факторам** относятся условия деформации, природа (морфология) неметаллических включений, макро- и микроструктура, напряженное состояние (наклеп), состояние поверхности заготовок и механические свойства материала.

К технологическим факторам относятся характер изделия, условия резания, материал и геометрия режущего инструмента, форма стружки, режимы резания и вид применяемой смазочно-охлаждающей жидкости.

Показателями обрабатываемости резанием металлов и сплавов являются технологические параметры, позволяющие обрабатывать материал при оптимальных режимах резания (мощность резания, частота вращения шпинделя и др.). Эти показатели влияют на качество обработанных деталей: шероховатость поверхностей, точность размеров и гарантированное исполнение допусков и посадок. Взаимосвязь технологических параметров с технологическими факторами обусловлена геометрией резца, формой стружки и методами ее отвода из зоны резания, материалом и стойкостью режущего инструмента.

Качество обработанных поверхностей деталей оказывает большое влияние на усталостную прочность, коррозионную стойкость, точность посадок, контактную жесткость механизмов и обеспечивает надежность и долговечность изделия в целом. Все это предопределяет обрабатываемость конструкционного материала (в частности, стали) резанием как важный фактор в выборе рациональной технологии станочной и слесарной обработки.

В практике применяют около двадцати методов определения обрабатываемости материалов резанием. В одних методах за основу принята стойкость режущего инструмента, в других — скорость резания или физико-механические свойства. Существуют методы, в которых обрабатываемость стали резанием с учетом ее свойств определяют по эмпирическим формулам, однако эти формулы не всегда приемлемы на практике.

В данной лабораторно-практической работе рекомендуется использовать классический метод определения обрабатываемости стали резанием. По справочным данным обработки металлов резанием устанавливают режимы резания и по этим режимам выполняют токарную обработку заготовки. Качество обработанной поверхности (главный показатель) сравнивают с эталоном.

Обрабатываемость стали резанием оценивают по скорости резания при стойкости резца 60 мин v_{60} и выражают коэффициентом резания K .

Скорость резания определяют по формуле

$$v_{60} = \pi Dn / 1\,000, \quad (11.1)$$

где D — диаметр заготовки, мм; n — частота вращения шпинделя станка, об/мин.

Из формулы (11.1) можно получить соотношение для расчета частоты вращения шпинделя:

$$n = 1\,000v/(\pi D). \quad (11.2)$$

Для определения обрабатываемости стали резанием обработку выполняют резцом из твердого сплава и резцом из быстрорежущей стали. Затем режимы резания сравнивают с режимами резания при обработке эталонной стали.

В качестве эталонной стали рекомендуется брать углеродистую конструкционную качественную сталь 45 по ГОСТ 1050—88 «Прокат сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. Общие технические условия». Приведем краткие характеристики химического состава эталонной стали марки 45 (ГОСТ 1050—88), а также механические и технологические свойства горячекатаного проката. Химический состав стали марки 45 таков, %: углерода — 0,42... 0,48; кремния — 0,17... 0,37; марганца — 0,5... 0,8; фосфора — 0,03; серы — 0,040; других элементов — 0,80. Механические и технологические свойства горячекатаного проката: $\sigma_b = 600$ МПа; $\delta = 16$ %; $\psi = 40$ %; КСЧ = 34... 39 Дж/см²; твердость не более 241 НВ.

Для эталонной стали коэффициенты резания резцом из твердого сплава $K_{\text{тв.спл}} = 1$ и резцом из быстрорежущей стали $K_{\text{в.ст}} = 1$.

При получистовом точении без охлаждения для легированных сталей и сплавов берутся резцы, оснащенные пластинами из твердого сплава марок Т5К10 и ВК8, для обработки углеродистой и низколегированной сталей — резцы из быстрорежущей стали марок Р18 и Р12. Режимы резания: глубина резания $t = 1,5$ мм; подача $S = 0,2$ мм/об; главный угол резца в плане $\phi = 60^\circ$. Скорость резания при стойкости резца 60 мин v_{60} определяется по технической характеристике токарно-винторезного станка.

Практикой установлено, что обрабатываемость стали резанием зависит от ее временного сопротивления. Так, при временном сопротивлении стали 1 000 МПа, подаче 1 мм/об и глубине резания 4 мм допускается скорость резания не более 20 м/мин.

При уменьшении подачи и глубины резания, а также временного сопротивления металлов скорость резания возрастает. При временном сопротивлении стали 300 МПа скорость резания допускается не более 80 м/мин.

Обрабатываемость стали резанием зависит также от ее теплопроводности (для углеродистой и легированной сталей). Сталь аустенитного класса имеет низкую теплопроводность. В процессе резания теплота, образующаяся при движении инструмента, сосре-

доточивается в месте контакта резца с заготовкой. Происходит сильный нагрев резца, снижается его стойкость, это приводит к ухудшению обрабатываемости резанием. Кроме того, в зависимости от материала обрабатываемой заготовки, состояния ее поверхности и других показателей учитываются различные поправочные коэффициенты.

Крупнозернистая сталь из-за пониженной вязкости имеет высокую обрабатываемость резанием с образованием сыпучей стружки. Это связано с тем, что такая сталь обладает высокой хрупкостью при обработке. Доэвтектоидная сталь, имеющая зернистую структуру (феррит и зернистый перлит), также хорошо обрабатывается резанием. Сера и фосфор, входящие в сталь, улучшают обрабатываемость резанием. В сталь некоторых марок, например автоматную, добавляют химические элементы, улучшающие обрабатываемость резанием (свинец, теллур, селен), которые не оказывают отрицательного влияния на механические свойства стали.

В настоящее время металлургическая промышленность выпускает большую группу сталей высокой и повышенной обрабатываемости резанием — это стали, содержащие медь, свинец, серу, селен, кальций и теллур. Стали этой группы можно обрабатывать при повышенных режимах резания, что связано с высокими точностью деталей и производительностью труда. Применение сталей высокой и повышенной обрабатываемости резанием дает большой экономический эффект.

При сравнении исследуемой стали с эталонной учитывают следующие технологические показатели:

- скорость, сила и мощность резания;
- шероховатость обработанной поверхности деталей;

Таблица 11.1. Приблизительные значения коэффициентов резания углеродистой и легированной сталей

Марка стали	$K_{\text{ув.спл}}$	$K_{\text{вб.ст}}$	Марка стали	$K_{\text{ув.спл}}$	$K_{\text{вб.ст}}$
Ст2	2,0	1,6	60	0,7	0,65
Ст3	1,8	1,6	У7	1,2	1,1
Ст4	1,2	1,7	У10	1,0	1,1
20	1,7	1,6	ХВГ	0,35	0,75
30	1,7	—	Р9	0,8	0,6

- точность размеров деталей;
- геометрия и стойкость режущего инструмента;
- форма стружки;
- методы отвода стружки из зоны резания.

Приблизительные значения коэффициентов резания углеродистой и легированной сталей представлены в табл. 11.1.

Сущность метода испытания по определению обрабатываемости стали резанием заключается в обработке 11 образцов диаметром 40 мм и длиной 150 мм из стали разных марок при одинаковых режимах резания. Рекомендуемые марки стали: Ст1, Ст3, Ст4, 20, 40, 50, 75, У7, У10, ХВГ, 9ХС.

Шероховатость поверхностей обработанных образцов следует сравнить с эталоном — образцом из стали марки 45: с помощью измерителя определить шероховатость поверхностей изготовленных образцов по параметрам Rz и Ra .

ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для проведения лабораторно-практической работы необходимы:

- токарно-винторезные станки;
- образцы — заготовки диаметром $D = 40$ мм и длиной $l = 150$ мм из стали марок Ст1, Ст3, Ст4, 20, 40, 50, 75, У7, У10, ХВГ, 9ХС;
- эталонный образец из стали 45;
- прибор «Измеритель шероховатости» мод. TR200.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучите инструкцию по охране труда при работе на токарно-винторезном станке, устройство прибора «Измеритель шероховатости» мод. TR200.

2. Подготовьте заготовки для испытания. Выберите предварительно режим резания по рекомендуемой скорости резания, затем в зависимости от технической характеристики токарно-винторезного станка уточните его параметры. Для этого необходимо знать скорость резания, частоту вращения шпинделя станка и диапазон скорости резания.

Рекомендуемый диапазон значений скорости резания — $v_{60} = 20 \dots 80$ м/мин [13, с. 157].

3. Из рекомендуемого диапазона значений скорости резания выберите скорость резания 30 м/мин при диаметре заготовки $D = 40$ мм. Вычислите частоту вращения по формуле (11.2):

$$n = 1\,000v/(\pi D) = 1\,000 \cdot 30/(3,14 \cdot 40) = 238 \text{ об/мин.}$$

В соответствии с технической характеристикой станка следует принять частоту вращения станка 200 об/мин.

Уточните скорость резания по формуле (11.1):

$$v_{60} = \pi Dn/1\,000 = 3,14 \cdot 40 \cdot 200/1\,000 = 25 \text{ м/мин.}$$

4. Установите следующие параметры режимов резания для определения обрабатываемости резания испытуемых материалов: $n = 200$ об/мин; $v_{60} = 20$ м/мин; $D = 40$ мм; $t = 1,5$ мм; $S = 0,2$ мм/об; $\varphi = 60^\circ$.

5. Выполните токарную обработку образцов, начиная с диаметра 40 мм и заканчивая диаметром 35,5 мм, за три прохода по установленным параметрам режимов резания. Измерьте с помощью прибора шероховатость каждого образца, сравните ее с эталонным образцом (сталь 45). Полученные параметры сравните со справочными данными.

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование, материалы и образцы. Данные измерений и результаты испытаний оформите в виде табл. 11.2.

Таблица 11.2. Результаты испытаний стали на обрабатываемость резанием								
Но- мер образ- ца	Мар- ка ста- ли	Ско- рость реза- ния v , м/с	Пода- ча S , мм/об	Глуби- на ре- зания t , мм	Шеро- хова- тость Rz и Ra , мкм	Режу- щий инст- румент	Коэффициен- ты резания	
							$K_{ув.стл}$	$K_{вб.ст}$
1	Ст1							
2	Ст2							

Окончание табл. 11.2

Номер образ-ца	Марка ста-ли	Ско-рость реза-ния v , м/с	Пода-ча S , мм/об	Глуби-на ре-зания t , мм	Шеро-хова-тость Rz и Ra , мкм	Режу-щий инст-румент	Коэффициен-ты резания	
							$K_{ув.спл}$	$K_{вб.ст}$
3	Ст3							
4	Ст4							
5	20							
6	40							
7	50							
8	У7							
9	У10							
10	ХВГ							
11	9ХС							

Сделайте вывод о том, сталь какой марки обладает лучшей обрабатываемостью резанием.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется обрабатываемостью резанием конструкционных материалов?
2. Какие факторы влияют на обрабатываемость резанием?
3. Назовите марку стали, взятой за эталон при определении обрабатываемостью резанием, дайте ей характеристику.
4. Каким параметром измеряется обрабатываемость стали резанием?

ИССЛЕДОВАНИЕ СВАРИВАЕМОСТИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Цель работы — изучение свариваемости металлов и сплавов, приобретение навыков проведения технологической пробы на свариваемость.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

В промышленности большинство металлических конструкций (корпуса судов, самолетов, вагонов, автомобилей, мосты, трубопроводы, опоры и др.) соединяются сваркой. На практике применяют стыковые, угловые, тавровые и другие виды сварных соединений (рис. 12.1 — 12.3).

Качество конструкций непосредственно зависит от свариваемости металлов и сплавов.

Свариваемость металла или сплава — это способность образовывать прочные, герметически плотные соединения методом сварки (электродуговой, контактной, газовой и др.).

Технологическое свойство свариваемость во многом зависит от физических свойств плавления и кристаллизации металла. Если присадочный металл (плавящийся электрод) имеет одинаковую температуру плавления с металлом конструкции и процесс кристаллизации протекает при одних и тех же физических условиях, то свариваемость хорошая. Если температуры плавления металла конструкции и электрода разные, то свариваемость ограниченная, так как один металл уже кристаллизовался, а другой находится в жидкой фазе. Разница температур плавления и кристаллизации приводит к образованию разнородности структур шва и основного металла, напряжению в сварном шве и трещинам в околошовной

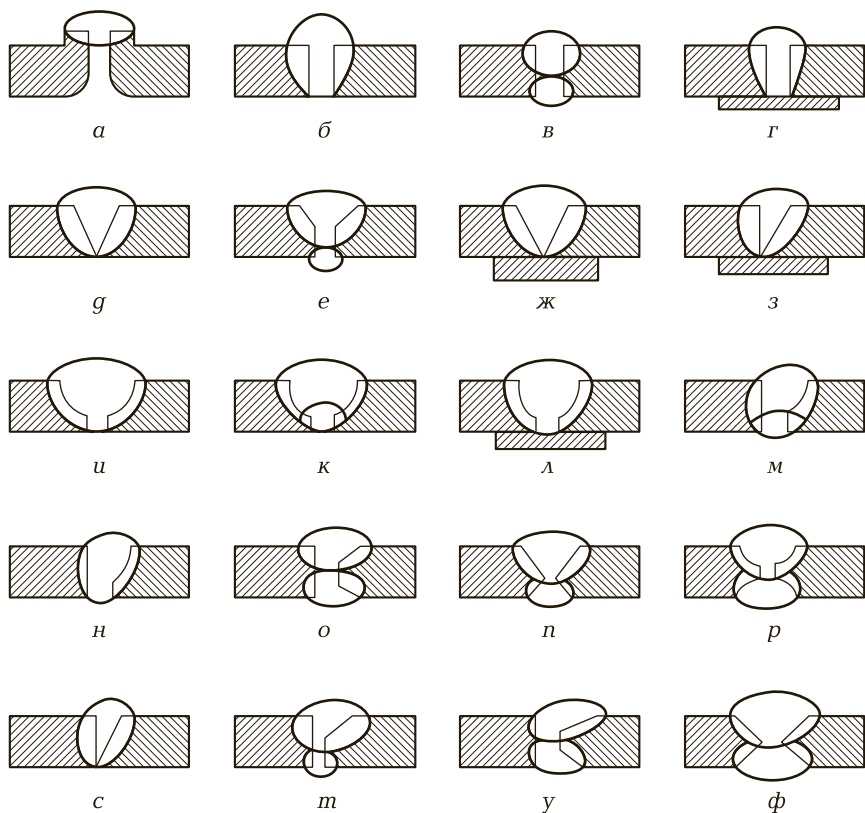


Рис. 12.1. Типы стыковых сварных соединений:

а — с отбортовкой кромок одним швом; *б* — без разделки кромок одинарным сквозным швом; *в* — без разделки кромок двусторонними швами; *г* — без разделки кромок сквозным одним швом с подкладкой; *д* — с V-образной разделкой кромок одинарным сквозным швом; *е* — с V-образной симметричной разделкой кромок двумя швами; *ж* — с V-образной симметричной разделкой кромок одним сквозным швом с подкладкой; *з* — с V-образной несимметричной разделкой кромок сквозным швом с подкладкой; *и* — с радиусной симметричной разделкой двух кромок одним сквозным швом; *к* — с радиусной симметричной разделкой двух кромок двумя швами; *л* — с радиусной симметричной разделкой двух кромок сплошным швом с подкладкой; *м* — с радиусной несимметричной разделкой одной кромки двумя швами; *н* — с радиусной симметричной разделкой одной кромки сквозным швом; *о* — с K-образной симметричной двусторонней разделкой кромки двумя швами; *п* — с X-образной разделкой кромок двумя швами; *р* — с двусторонней радиусной симметричной разделкой двух кромок двумя швами; *с* — с V-образной несимметричной разделкой кромок одним сквозным швом; *т* — с K-образной несимметричной разделкой кромок двумя швами; *у* — с K-образной разделкой одной кромки двумя швами; *ф* — с X-образной разделкой двух кромок двумя швами

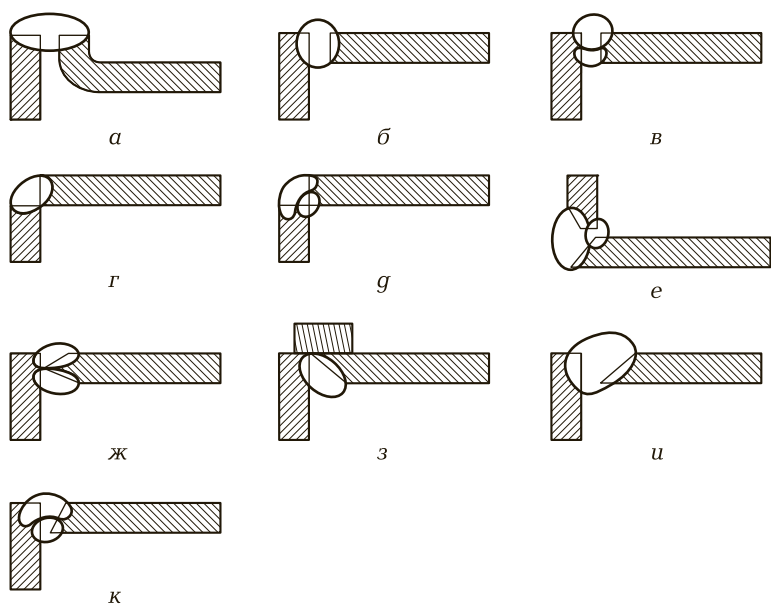


Рис. 12.2. Типы угловых сварных соединений:

а — с отбортовкой одной кромки; *б* — без разделки кромок; *в* — без разделки кромок двумя швами; *г* — без разделки кромок примыканием на ребро одним швом; *д* — без разделки кромок примыканием на ребро двумя швами; *е* — с разделкой двух кромок двумя швами; *ж* — с разделкой двух кромок одной пластины двумя швами; *з* — с разделкой одной кромки с подкладкой; *и* — с разделкой одной кромки, усиленной одним швом; *к* — с разделкой двух кромок двумя швами

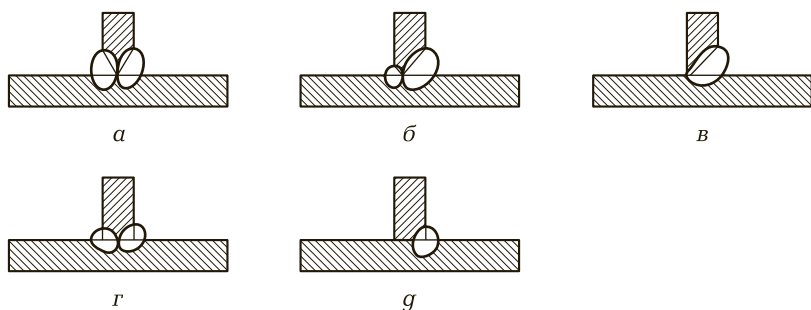


Рис. 12.3. Типы тавровых сварных соединений:

а — с разделкой двух кромок двумя симметричными швами; *б* — с разделкой двух кромок двумя несимметричными швами; *в* — с разделкой одной кромки одним односторонним швом; *г* — без разделки кромок двумя симметричными швами; *д* — без разделки кромок одним швом

зоне. Следовательно, свариваемость — это физико-технологическое свойство, определяемое способностью сплавляемых металлов (основного металла и металла электрода) образовывать при охлаждении равновесную микроструктуру.

Основное требование к качеству сварного шва — это получение его свойств, одинаковых со свойствами основного металла (конструкции); тогда сварная конструкция будет иметь высокие прочностные качества. Металлы и сплавы, применяемые для изготовления конструкций методом сварки, подвергаются технологической пробе на свариваемость. При этом качество сварного шва определяют разными методами, например из металла, подлежащего сварке, выпиливают образцы, сваривают их и подвергают механическим испытаниям (на изгиб, растяжение, ударную вязкость).

Если прочность и другие механические свойства свариваемых элементов одинаковы с прочностью сварного соединения, то качество сварки высокое, т. е. материал сварной конструкции обладает высокой свариваемостью. Кроме того, практикой производства сварных конструкций установлено, что прочность сварного шва должна быть не менее 80 % прочности основного металла.

Таким образом, главным показателем свариваемости является характеристика сварного шва и основного металла свариваемых элементов. Механические характеристики элементов свариваемых конструкций должны быть равны или приближаться к нормативным показателям.

Для **объективной оценки свариваемости** определяют:

- структуру металла шва и околошовной зоны;
- возможность (или невозможность) сварной конструкции образовывать в месте сварки горячие и холодные трещины;
- механические свойства сварного шва и основного металла конструкции.

Если структура сварного шва и основного металла составляют одну металлографическую фазу, то сварное соединение будет иметь высокое качество. Если структура сварного шва будет дендритной, а основного металла — мелкокристаллической, то сварное соединение будет иметь склонность к образованию горячих и холодных трещин, т. е. свариваемость металла ограниченная.

На практике различают четыре **группы стали с различной свариваемостью**:

- со свариваемостью без ограничения, сварка стали этой группы проводится без предварительной подготовки и последующей термической обработки;

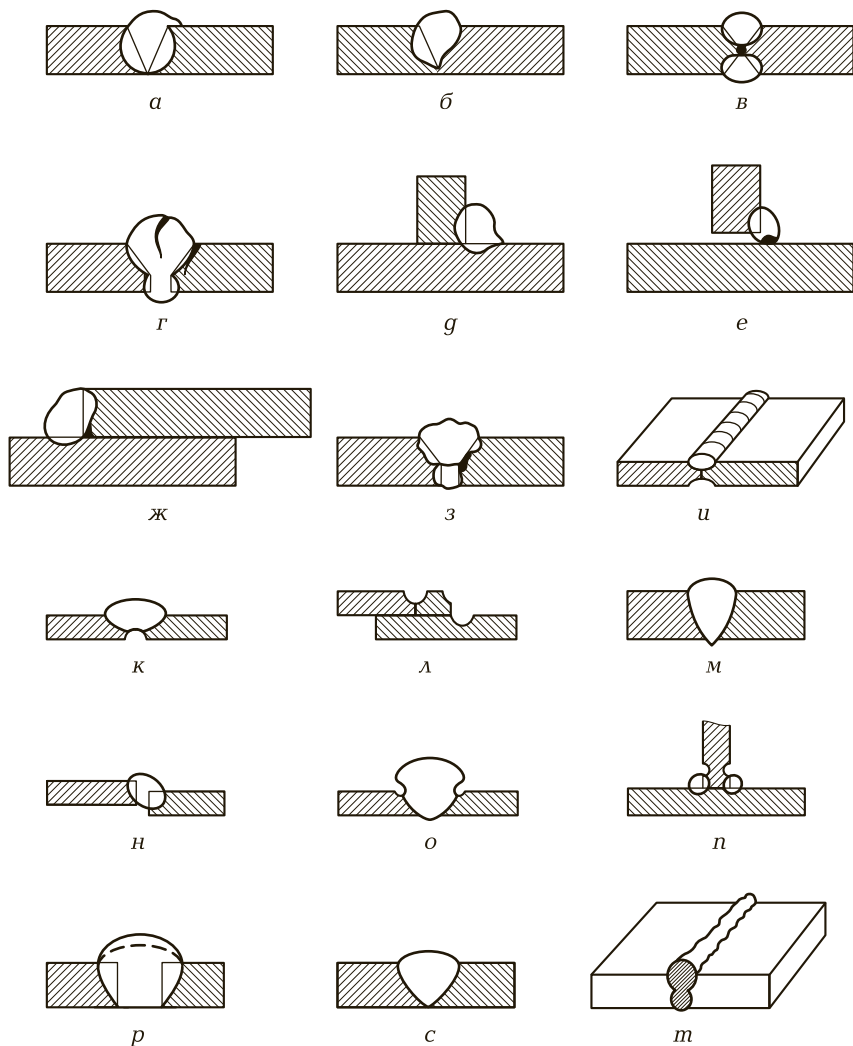


Рис. 12.4. Дефекты сварных швов:

a — наплыв; *б* — одностороннее проплавление шва; *в* — неполное проплавление двусторонних швов; *г* — трещины; *д* — наплыв металла в тавровом соединении; *е* — нестыковка свариваемых элементов с включениями шлака; *ж* — проплав с образованиями свищей; *з* — непроплав с образованием свищей; *и* — утяжина; *к* — вогнутость корня; *л* — подрезы зоны сплавления в нахлесточном соединении; *м* — превышение проплава; *н* — смещение свариваемых кромок; *о* — подрезы зоны сплавления в стыковом соединении; *п* — утончение основного металла в тавровом соединении; *р* — чрезмерно усиленный шов; *с* — превышение проплава; *т* — шов с различными по длине, ширине и высоте неровностями

- с ограниченной свариваемостью, сварка стали этой группы проводится с предварительным подогревом до температуры 100... 120 °С и последующим отжигом или нормализацией;
- трудносвариваемые, сварка стали этой группы проводится с предварительным подогревом до температуры 200... 300 °С и последующим отжигом;
- свариваемость отсутствует, к этой группе относятся высоколегированные сталь и сплавы, для сварных конструкций они не применяются.

Свариваемость как свойство зависит от химического состава, наличия в материале легирующих элементов и температуры плавления. Повышение массовой доли углерода и легирующих элементов ухудшают свариваемость. Температура плавления элементов свариваемой конструкции также отрицательно влияет на свариваемость. Дефекты сварных швов представлены на рис. 12.4.

Сущность исследования свариваемости металла подразумевает определение качества сварного соединения следующими методами:

- внешний осмотр сварного шва;
- макроанализ сварного шва;
- микроанализ сварного шва и основного металла;
- контроль сварных соединений методом красок;
- контроль внутренних дефектов сварных соединений (ультразвуковой и рентгенографический методы);
- контроль сварного соединения магнитным методом.

При проведении исследования сварного шва определяют его дефекты, по которым устанавливают качество сварной конструкции. Качество сварного шва обусловлено технологическими режимами сварки (величина тока дуги, длина дуги, скорость сварки и другие параметры).

В данной лабораторно-практической работе свариваемость стали определяют внешним осмотром и контролем сварного шва методом красок.

ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для выполнения лабораторно-практической работы необходимы:

- образцы сварных соединений (образцы сварных соединений, полученных разными видами сварки, изготавливают в сварочной мастерской на уроках производственного обучения):

с качественным швом;
непроваром;
ослабленным швом;
ноздреватостью;
трещинами в наплавленном металле;

- набор луп;
- шлифовальная шкурка;
- ветошь;
- красная краска и цинковые белила;
- растворитель на основе эфирно-спиртового состава.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

При исследовании **внешним осмотром** работу выполняйте в такой последовательности.

1. Рассортируйте образцы по маркам стали.
2. Установите типы сварных соединений и способы сварки.
3. Проведите внешний осмотр образцов. Изучите сварные швы с помощью лупы. Выявите дефекты сварных соединений.
4. Определите свариваемость металла образцов.

При исследовании **методом красок** работу выполняйте в такой последовательности.

1. Изучите инструкцию по охране труда при работе с токсичными материалами.
2. Зачистите шлифовальной шкуркой, промойте и просушите образцы.
3. Покрасьте образцы двумя слоями красной краски с интервалом 1...2 мин. После нанесения второго слоя краску удалите ветошью, смоченной в растворителе. Протрите поверхность образцов насухо.
4. Нанесите на образцы слой цинковых белил, растворенных в эфирно-спиртовом растворе, выдержите в течение 5...8 мин. Осмотрите образцы. При дефектах сварки (свариваемость ограниченная или плохая) на поверхности образцов обнаруживается красная краска (трещины, раковины, пузыри и другие дефекты).

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование, материалы и образцы.

При исследовании свариваемости образцов путем внешнего осмотра установите допустимые и недопустимые дефекты, опишите признаки дефектов. Результаты исследований оформите в виде табл. 12.1. Сделайте вывод о свариваемости металлов, укажите образцы с высокой свариваемостью.

При исследовании свариваемости образцов методом красок установите по техническим условиям допустимые и недопустимые дефекты, сделайте выводы о свариваемости металлов, укажите образцы с высокой свариваемостью. Результаты исследований оформите в виде табл. 12.2.

На отдельном листе выполните эскизы дефектов сварных швов.

Таблица 12.1. Результаты исследований образцов сварки внешним осмотром

Номер образца	Марка стали	Способ сварки	Признаки дефекта	Свариваемость	
				Допустимый дефект	Недопустимый дефект
1	Ст2кп				
2	Ст3кп				
3	45				
4	У10				
5	ХВГ				

Таблица 12.2. Результаты исследований образцов сварки методом красок

Номер образца	Марка стали	Способ сварки	Признаки дефекта	Свариваемость	
				Допустимый дефект	Недопустимый дефект
1	Ст2кп				
2	Ст3кп				
3	45				
4	У10				
5	ХВГ				

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение свариваемости металлов.
2. Назовите дефекты, возникающие при различных видах сварки.
3. Какими методами определяют качество сварного соединения?
4. Какие марки стали имеют высокую свариваемость, ограниченную свариваемость и вообще не свариваются?
5. Опишите типы стыковых сварных соединений.
6. Опишите типы угловых сварных соединений.
7. Опишите типы тавровых сварных соединений.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАЯЕМОСТИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Цель работы — изучение паяемости металлов, приобретение навыков проведения технологической пробы на паяемость.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Паяемость — это способность металлов и сплавов образовывать прочные и плотные конструкции с помощью пайки (расплавления присадочного материала — припоя и его последующая кристаллизация).

В процессе пайки происходит диффузия присадочного материала (припоя) в основной металл паяной конструкции. Чем сильнее диффузия, тем выше качество пайки. Кроме того, важным фактором получения качества паяной конструкции является температура начала (солидус) и конца плавления (ликвидус) основного металла конструкции. Чем выше температура начала и конца плавления, тем выше качество паяного соединения.

Способность материала конструкций воспринимать припой — гарантия качества паяного соединения, отвечающего техническим требованиям.

Качество пайки зависит от следующих технологических условий:

- выбора основного материала. В качестве материала паяных соединений применяют стали всех групп и марок, сплавы на основе никеля, меди, алюминия, магния и других металлов. Более трудоемким является процесс паяния при соединении тугоплавких металлов;

- правильного выбора припоя в зависимости от свойств основного материала паяной конструкции. Основное требование к припоям — это низкая температура плавления, которая должна быть меньше температуры плавления основного материала, высокая смачиваемость паяемых поверхностей, высокие механические и антикоррозионные свойства. По физико-технологическим свойствам припои подразделяют на две группы: мягкие, температура плавления которых ниже 500 °С, и твердые, температура плавления которых выше 500 °С;
- правильного выбора флюса. Флюсы способствуют удалению оксидной пленки и улучшению смачиваемости паяемой поверхности и растекаемости припоя. Свойства флюса должны обеспечивать качественную технологию паяемых соединений, поэтому химический состав флюса нужно подбирать в зависимости от химического состава материала деталей, подвергающихся пайке;
- способов нагрева деталей и припоя. Пайку проводят инструментом, называемым паяльником. В качестве источников нагрева применяют электрические, газовые и бензиновые паяльники и паяльники, нагреваемые в кузнечном горне;
- выбора типа соединения в зависимости от конструктивных особенностей изделия. Основными типами паяных соединений (рис. 13.1) согласно ГОСТ 19249—73* «Соединения паяные. Основные типы и параметры» являются:
 - соприкасающиеся (ПС-3);
 - нахлесточные (ПН-1);
 - стыковые прямые (ПВ-1);
 - стыковые вкосо (ПВ-3);
 - тавровые (ПТ-1);
 - угловые (ПЧ-1);
- величины зазора между паяными деталями. Величина зазора выбирается в зависимости от конструкции изделия, материала, марки припоя, замкнутости (или незамкнутости) конструкции, возможности выхода газов и других особенностей.

Паяемость характеризуется следующими коэффициентами:

- пористости

$$K_{\text{п}} = S_{\text{п}}/S_{\text{р}}, \quad (13.1)$$

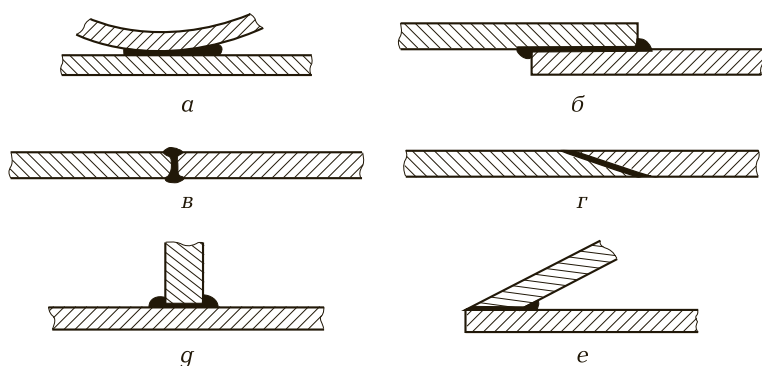


Рис. 13.1. Типы паяных соединений:

a — соприкасающееся (ПС-3); *б* — нахлесточное (ПН-1); *в* — стыковое прямое (ПВ-1); *г* — стыковое вскос (ПВ-3); *д* — тавровое (ПТ-1); *е* — угловое (ПЧ-1)

где $S_{\text{п}}$ — площадь пор; $S_{\text{р}}$ — площадь растекания припоя по горизонтальной поверхности;

- затекания припоя в горизонтальный зазор

$$K_{\text{г}} = S_{\text{г}}/S_0, \quad (13.2)$$

где $S_{\text{г}}$ — площадь затекания припоя в горизонтальный зазор; S_0 — площадь верхней пластины образца;

- затекания припоя в вертикальный зазор

$$K_{\text{в}} = S_{\text{в}}/S_0, \quad (13.3)$$

где $S_{\text{в}}$ — площадь затекания припоя в вертикальный зазор; S_0 — общая площадь обеих пластин образца.

Площадь пор измеряют планиметром или на рентгеновских снимках, полученных после рентгеноскопии образцов.

Сущность метода технологической пробы на паяемость металлов заключается в проведении следующих исследований:

- оценка растекаемости (смачивания) припоя на горизонтальной поверхности;
- оценка растекаемости припоя в зазоры (горизонтальный и вертикальный);
- определение механических свойств паяного соединения (на растяжение и срез);
- металлографические исследования паяного соединения.

В данной лабораторно-практической работе по схемам, представленным на рис. 13.2, требуется определить следующие характеристики паяного соединения готовых образцов:

- растекаемость (смачиваемость) припоя на горизонтальной поверхности (коэффициент пористости $K_{п}$);
- растекаемость припоя в горизонтальный зазор (коэффициент $K_{г}$);
- растекаемость припоя в вертикальный зазор (коэффициент $K_{в}$).

ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для выполнения лабораторно-практической работы необходимы:

- пластины из стали размерами 40 × 40 мм и толщиной 1 ... 3 мм для определения растекаемости припоя на поверхности (образцы изготавливают на уроках производственного обучения в слесарной мастерской);
- устройство для определения растекаемости припоя в горизонтальный зазор;



- устройство для определения растекаемости припоя в вертикальный зазор;
- оловянно-свинцовый припой (любой марки);
- флюс (канифоль);
- планиметр для определения площади растекаемости припоя;
- рентгеновские снимки образцов;
- лупа с 5-кратным увеличением.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучите инструкцию по охране труда при паянии.
2. Ознакомьтесь с образцами.
3. Определите планиметром растекаемость припоя по горизонтальной поверхности и вычислите коэффициент пористости по формуле (13.1).
4. Определите планиметром или по рентгеновским снимкам площадь затекания припоя в горизонтальный зазор и вычислите коэффициент K_r по формуле (13.2).
5. Определите планиметром или по рентгеновским снимкам площадь затекания припоя в вертикальный зазор и вычислите коэффициент K_v по формуле (13.3).

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование, материалы и образцы. Данные измерений и результаты испытаний оформите в виде табл. 13.1 — 13.3.

Таблица 13.1. Результаты технологической пробы на растекаемость припоя по горизонтальной поверхности

Номер образца	S_n	S_p	K_n
1			
2			
3			

Таблица 13.2. Результаты технологической пробы на растекаемость припоя в горизонтальный зазор

Номер образца	S_0	S_r	K_r
1			
2			
3			

Таблица 13.3. Результаты технологической пробы на растекаемость припоя в вертикальный зазор

Номер образца	S_0	S_b	K_b
1			
2			
3			

Проанализируйте полученные данные и проведите сравнение технологических свойств паяемости и свариваемости металлов и сплавов.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется паяемостью?
2. Какие факторы влияют на качество паяемого соединения?
3. Опишите методы контроля паяемости.
4. Чем характеризуется паяемость металлов и сплавов?

Лабораторно-практическая работа № 14

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАРКИ СТАЛИ ПО ИСКРЕ

Цель работы — приобретение навыков определения химического состава и марки стали по искре.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

На практике в ограниченных производственных условиях приходится определять марку и группу стали и сплавов путем простейших технологических проб — по искре. По цвету, форме и пучку искр можно установить примерный химический состав, а по нему — марку материала.

Для определения марки конструкционного материала по искре изготавливают несколько образцов из стали. Как правило, для стали и марок, наиболее широко применяемых на практике, имеются эталонные (маркированные) образцы. В процессе проведения технологической пробы при снятии слоя металла с исследуемого образца на шлифовальном круге образуется пучок искр, сравнивая который с пучками искр на эталонных образцах определяют примерный химический состав.

При отсутствии эталонных (маркированных) образцов используют цветные плакаты или вкладыши, приводимые в различной учебной литературе. Химические элементы в металлах и сплавах, нагреваясь в процессе трения о шлифовальный круг, придают цвет и форму пучку искр, отличающиеся друг от друга, например при высоком содержании углерода (более 1 %) — белые тонкие искры-звездочки, вольфрама — искры красного цвета, хрома — оранжевого и т. д.

Рассмотрим формы пучков и цвет искр некоторых марок стали и твердого сплава (рис. 14.1).

У низкоуглеродистой стали марок Ст1, Ст2, 05, 08, 10, 15 вначале появляется светло-красный похожий на пламя пучок искр, на периферии которого искры приобретают светло-желтый цвет.

У среднеуглеродистой стали марок Ст3, Ст4, Ст5, Ст6, 40, 45, 50, 60 искры похожи на яркие светло-желтые рассыпающиеся звездочки.

У высокоуглеродистой стали марок 80, 85, У7, У8 светло-желтый широкий и короткий пучок искр, похожих на яркие рассыпающиеся звездочки.

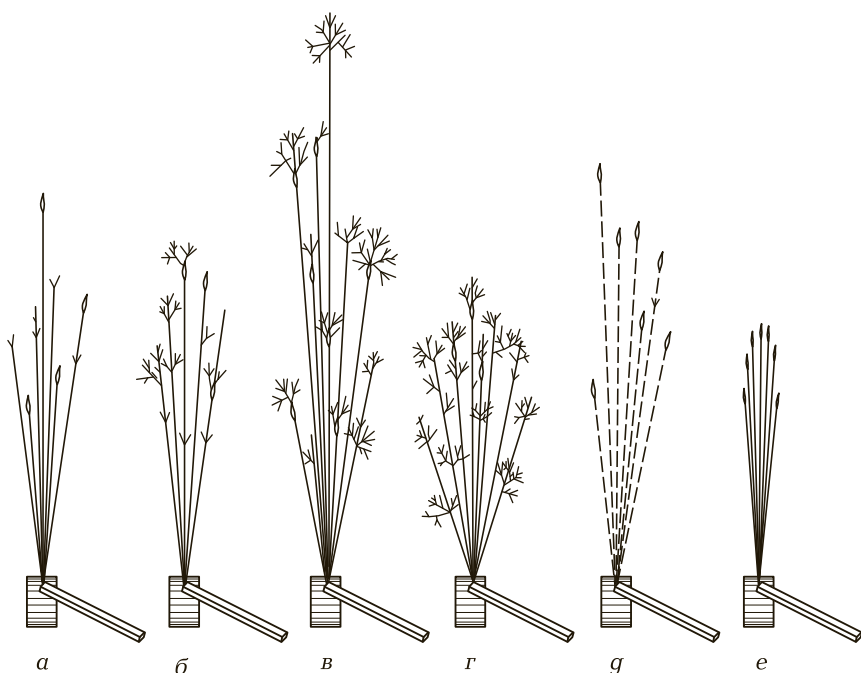


Рис. 14.1. Формы пучка искр некоторых марок стали и твердого сплава, образующихся при шлифовании заготовок:

а — из низкоуглеродистой стали (марок Ст1, Ст2, 05, 08, 10, 15), цвет искр соломенно-желтый; *б* — из углеродистой стали марок Ст3, Ст4, Ст5, Ст6, 35, 40, 45, цвет искр светло-желтый; *в* — из высокоуглеродистой стали марок 80, 85, У7, У8, У9, цвет искр светло-желтый; *г* — из углеродистой стали марок У10, У12, У13, цвет искр белый; *д* — из быстрорежущей стали марок Р9, Р12, Р18, цвет искр темно-красный; *е* — из твердого сплава марок Т5К10, Т15К6, цвет искр темно-красный

У высокоуглеродистой стали марок У9, У10, У11, У12 и У13, белый пламенно-образный пучок искр, заканчивающийся яркими рассыпающимися искрами-звездочками.

У быстрорежущей стали марок Р9, Р12, Р18 пучок искр яркий темно-красного цвета без звездочек, следы искр толстые.

У твердого сплава марок Т15К6, Т5К10 пучок искр редкий яркий темно-красный без звездочек.

Хромистая легированная сталь при шлифовании на шлифовальном круге вначале дает характерный густой яркий желтый пучок искр, затем образуется пламеобразный оранжевый редкий пучок, заканчивающийся небольшими звездочками.

Проведение технологической пробы стали по искре применяют в учебных, ремонтных мастерских, гаражах, сборочных участках, где отсутствуют химические лаборатории. Квалифицированный рабочий при соответствующем навыке по эталонным образцам достаточно точно может определить химический состав и марку стали.

Сущность метода испытания (пробы) конструкционной и инструментальной сталей по искре заключается в шлифовании образцов на заточном станке. Область шлифования должна быть затемнена, местное освещение выключено. Это делается для того, чтобы искры, выходящие из места контакта шлифовального круга и образца, хорошо просматривались. Пучки искр сравниваются с пучками искр эталонных образцов (или цветными изображениями на плакатах). При сравнении определяют схожесть этих пучков и путем подбора проб устанавливают химический состав образца и марку конструкционного и инструментального материала.

ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для выполнения лабораторно-практической работы необходимы:

- заточный станок;
- цветной плакат с примерами пучков искр различных конструкционных и инструментальных материалов;
- маркированные эталоны различных конструкционных и инструментальных материалов;
- образцы из различных конструкционных (металлических) материалов цилиндрической формы диаметром 5... 10 мм и длиной 120... 150 мм.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучите инструкцию по охране труда при работе на заточном станке.
2. Подберите цветные плакаты (при их наличии), маркированные эталоны и образцы для испытания.
3. Ознакомьтесь с подготовленными образцами и цветными плакатами.
4. Проведите испытание исследуемых образцов.

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование, материалы и образцы.

Для всех образцов зарисуйте форму пучка искр, указав цвет. Сравните форму и цвет пучков искр исследуемых образцов с формой и цветом пучков исследуемого конструкционного и инструментально-го материала. Результаты испытаний оформите в виде табл. 14.1.

Эскизы пучков искр изобразите на отдельном листе.

Таблица 14.1. Результаты испытаний по определению марки стали по искре

Номер образца	Исследуемый образец		Эталонный образец	
	Марки материалов	Цвет пучка искр	Марка стали	Цвет пучка искр
1	05, 08			
2	40, 50			
3	75, 80, 85			
4	55С2, 60С2			
5	8Х3, Х12			
6	12ХН3А, 20Х2Н4А			
7	9ХС			
8	У12А			
9	Р9			
10	Т15К6			

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какую форму и цвет пучков искр при шлифовании имеют низкоуглеродистая, среднеуглеродистая и высокоуглеродистая стали?
2. Какую форму и цвет пучков искр при шлифовании имеет быстрорежущая сталь?
3. Какую форму и цвет пучков искр при шлифовании имеют твердые сплавы?
4. Укажите достоинства и недостатки метода определения химического состава стали по искре.

ИСПЫТАНИЕ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА АБРАЗИВНОЕ ИЗНАШИВАНИЕ

Цель работы — изучение абразивного изнашивания, приобретение навыков определения абразивного износа.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Изнашивание — это стирание поверхностного слоя трущихся деталей и механизмов в процессе работы. При изнашивании изменяются размеры, масса и форма деталей и изделий. В процессе трения контактной пары все трущиеся детали (вал — подшипник, поршень — цилиндр, тормозная колодка — диск колеса, подшипники качения, зубчатые зацепления и др.) в той или иной степени подвергаются изнашиванию. При трении металла о металл различают сухое изнашивание и изнашивание со смазкой. Каждый из этих видов изнашивания имеет свои особенности.

В зависимости от условия работы трущихся пар различают следующие виды изнашивания:

- механическое;
- усталостное;
- коррозионно-механическое;
- абразивное.

Существует также понятие морального износа.

Механическое изнашивание происходит из-за длительных переменных нагрузок или постоянных механических воздействий на детали либо изделия в целом, что приводит к изменению их перво-

начальных форм и размеров или ухудшению их качества. Механическое изнашивание существенно не отражается на физико-химических свойствах материалов (деталей и изделий), поэтому является восстанавливаемым.

Усталостное изнашивание происходит в результате многократного деформирования микрообъемов материалов, деталей и изделий при переменных нагрузках.

Коррозионно-механическое изнашивание вызывается трением поверхностей, вступивших в химическое взаимодействие со средой, его подразделяют на окислительное и фреттинг-коррозию. При *окислительном изнашивании* на поверхности трения появляются оксидные пленки. *Фреттинг-коррозия* возникает при вибрации деталей и изделий в целом.

Абразивное изнашивание происходит в результате режущего действия твердых частиц, попавших между трущимися поверхностями.

Моральный износ понимается как результат старения вполне исправного оборудования (деталей и изделий), дальнейшая эксплуатация которого нецелесообразна из-за создания нового, технически более совершенного оборудования.

При эксплуатации морально устаревшего оборудования понижается производительность труда, качество и конкурентоспособность выпускаемой продукции, что приводит к регрессу предприятия или отрасли.

Существуют виды изнашивания, не относящиеся к трущимся парам, — электро- и гидроэрозионное.

Электроэрозионное изнашивание — старение и потеря электрической прочности изоляционного материала, оно является невосстанавливаемым, так как при высоких температурах от действия электрического тока возникают потери электроизоляционных свойств материалов электрооборудования.

Гидроэрозионное изнашивание происходит под воздействием потока жидкости или газа на поверхности деталей. Особенно часто такой вид изнашивания наблюдается в электрических машинах, когда их электрические обмотки охлаждаются водородом или водой (в полой проводнике).

В зависимости от характера и изменения в контактной паре различают износ первого и второго рода.

Износ первого рода характеризуется истиранием трущейся поверхности и потерей массы изделия.

Износ второго рода характеризуется смятием поверхности и изменением формы изделия.

В результате изнашивания из-за изменения размеров, формы деталей, появления зазоров в контактной паре появляются стук, биение, нагрев, и пара выходит из строя.

Свойство конструкционных материалов противостоять изнашиванию называются **износостойкостью**. Для увеличения износостойкости конструкционных материалов контактные пары подвергаются технологической обработке, в процессе которой повышаются их механические свойства (поверхностная закалка, химико-термическая обработка и др.). Применяют также метод конструктивных особенностей, позволяющих равномерно распределять действующие на пару усилия. В процессе эксплуатации контактных пар используют различные смазочные материалы, которые защищают от изнашивания.

Наиболее распространенным и характерным для контактной пары является абразивное изнашивание, которое характеризуется относительным абразивным износом $A_{и}$, относительной износостойкостью $I_{и}$ и коэффициентом износостойкости K .

Методами определения износа деталей машин и механизмов являются следующие:

- наблюдение за изнашиванием в процессе работы механизмов;
- метод искусственных баз (вырезание лунок для определения местного износа);
- выявление железных опилок в масле, применяемом для смазывания контактной пары;
- радиоактивный метод;
- применение специального оборудования.

Сущность метода испытания на абразивное изнашивание заключается в шлифовании испытуемого и эталонного образцов шлифовальной шкуркой (или на периферийной части шлифовального круга) при одних и тех же параметрах (частота вращения шлифовального круга, статистическая нагрузка, отсутствие нагрева). Для эталонных образцов применяют следующие материалы:

- для испытания металлов твердостью не менее 150 HV — технически чистый алюминий в отожженном состоянии;
- при испытании металлов твердостью 150 HV и выше — технически чистое железо в отожженном состоянии.

Для испытания сталей и сплавов изготавливают образцы диаметром 5 мм и длиной 20 мм. Для удобства шлифования образцы закрепляют в специальных оправках (рис. 15.1). Нагрузка на обра-

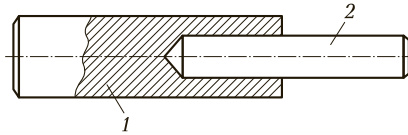


Рис. 15.1. Оправка в сборе с образцом:
1 — оправка; 2 — образец

зец не должна превышать 90... 100 кПа. Относительная погрешность нагрузки должна быть в пределах $(1 \pm 0,1) \%$.

Перед проведением испытания образцы и эталоны измеряют микрометром с точностью до 0,01 мм. Для взвешивания массы износа пользуются аналитическими весами с ценой деления 0,01 мг.

Абразивную износостойкость по ГОСТ 17367—71 «Металлы. Метод испытания на абразивное изнашивание при трении о закрепленные абразивные частицы» определяют по результатам испытания эталонного и испытуемого образцов при их трении о поверхность с закрепленными на ней абразивными частицами (шлифовальная шкурка, шлифовальный круг).

После проведения испытаний относительный абразивный износ $A_{и}$, %, испытуемого образца определяют по формуле

$$A_{и} = \frac{I_{и0} - I_{и1}}{I_{и0}} 100, \quad (15.1)$$

где $I_{и0}$ — длина образца до испытания, мм; $I_{и1}$ — длина образца после испытания, мм.

Относительный абразивный износ $A_{э}$, %, эталонного образца определяют по формуле

$$A_{э} = \frac{I_{э0} - I_{э1}}{I_{э0}} 100, \quad (15.2)$$

где $I_{э0}$ — длина эталонного образца до испытания, мм; $I_{э1}$ — длина эталонного образца после испытания, мм.

Относительную износостойкость $I_{и}$, %, вычисляют по формуле

$$I_{и} = \frac{A_{и}}{A_{э}} 100. \quad (15.3)$$

Коэффициент износостойкости испытуемого образца (в относительных единицах) определяют по формуле

$$K = A_{и}/A_{э}. \quad (15.4)$$

ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для выполнения лабораторно-практической работы необходимы:

- заточный станок;
- образцы для испытания различных конструкционных и инструментальных материалов диаметром 5 мм и длиной 20 мм (в состоянии поставки в отожженном состоянии) из стали марок Ст2, Ст3, Ст6, 40, 45, 65, У7, У10, У13, Р9, Р18 (образцы изготавливают в слесарной мастерской на уроках производственного обучения);
- эталонные образцы;
- шлифовальная шкурка и шлифовальный круг;
- специальные оправки для закрепления испытуемых образцов;
- микрометр;
- защитные очки.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучите инструкцию по охране труда при работе на заточном станке.

2. Измерьте диаметр и длину испытуемых образцов и эталонов (при измерении диаметра замер производите в двух взаимно-перпендикулярных друг другу положениях и вычислите среднюю арифметическую величину).

3. Установите испытуемые образцы и эталоны в специальные оправки.

4. Проведите испытание образцов на абразивное изнашивание.

5. Определите параметры абразивного износа по формулам (15.1) — (15.4).

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование, материалы и марки стали образцов, указанных в задании. Результаты измерений и расчетов оформите в виде в табл. 15.1.

Проанализируйте полученные результаты и сделайте вывод о том, сталь какой марки является самой износостойкой.

Таблица 15.1. Результаты исследования материала на абразивное изнашивание

Номер образца	Марка стали	Параметры абразивного износа						
		$I_{и0}$	$I_{и1}$	$I_{с0}$	$I_{с1}$	$A_{и}$	$A_{с}$	K

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется абразивным изнашиванием?
2. Что называется износостойкостью?
3. Укажите виды изнашивания в зависимости от условий эксплуатации.
4. Приведите примеры механизмов, подвергающихся активному абразивному изнашиванию в токарном, сверлильном и фрезерном станках и автомобилях.

ИСПЫТАНИЕ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА КОРРОЗИЮ

Цель работы — изучение видов коррозионных разрушений металлов и сплавов, приобретение навыков определения коррозионных разрушений.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Коррозия металлов и сплавов — это разрушение металлов и сплавов под действием химического или электрохимического взаимодействия с окружающей агрессивной средой (рабочим телом).

Коррозионная (агрессивная) среда — это внешняя среда или рабочее тело, которое разрушает изделия и конструкции из металлов и сплавов, приводя их в нерабочее состояние.

Скорость коррозии измеряется массой металла, превращенного в продукт коррозии в единицу времени.

Коррозионная стойкость — это способность конструкционных и инструментальных (металлических) материалов противостоять коррозионному разрушению.

По характеру взаимодействия металла с агрессивной средой различают два типа коррозионных разрушений.

Химическая коррозия — это окисление конструкционных и инструментальных материалов под действием сухой окружающей среды (сухая воздушная атмосфера, газы) или жидкости, которые по своей природе не могут создавать электрохимическое взаимодействие (масло, жидкое топливо, технические смазки и др.). Химическая коррозия может происходить как при высокой температуре, так и при нормальных условиях.

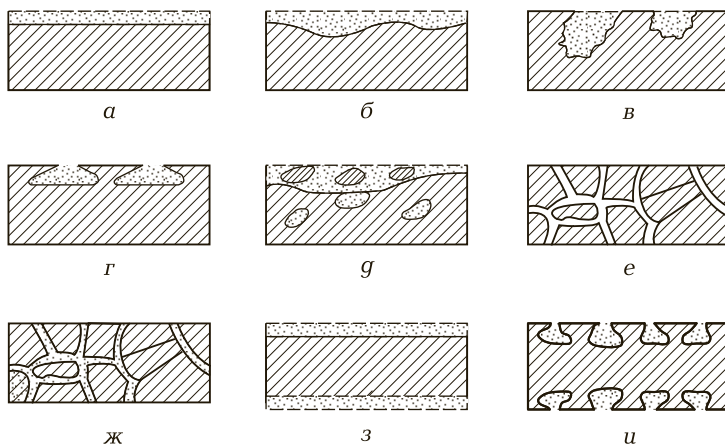


Рис. 16.1. Виды коррозионных разрушений:

a — сплошная равномерная коррозия; *б* — сплошная неравномерная коррозия; *в* — язвенная односторонняя коррозия; *г* — подповерхностная коррозия; *д* — структурно-избирательная коррозия; *е* — межкристаллитная коррозия; *ж* — межкристаллитная коррозия с выходом наружу; *з* — сплошная равномерная двусторонняя коррозия; *и* — язвенная двусторонняя коррозия

Электрохимическая коррозия — это окисление (разрушение) конструкционных и инструментальных материалов под действием различных жидких рабочих тел, которые по своей природе являются электролитами (проводящие электрический ток). К электролитам относятся пресная вода, морская вода, пар, влажная атмосфера, водные растворы солей, кислот, щелочей и др. Электролиты создают множество гальванических пар, под действием которых происходит окисление и разрушение изделий.

По геометрическому характеру разрушения конструкционных и инструментальных материалов по ГОСТ 5272—68* «Коррозия металлов. Термины» различают местную, межкристаллитную, равномерную, неравномерную, язвенную, поверхностную, подповерхностную, щелевую, контактную коррозию, коррозионное растрескивание, селективное вытравление и др. (рис. 16.1).

Для определения коррозионных разрушений применяются различные методы испытаний и способы оценки коррозии:

- лабораторные;
- в природных условиях;
- в процессе эксплуатации изделий;
- ускоренные.

При лабораторных испытаниях конструкционных материалов создают искусственные условия активно-коррозионного разрушения образцов металлов и сплавов.

В природных условиях испытание конструкционных материалов проводят в почве, пресной и морской воде, атмосфере, в зимних и летних условиях.

В процессе эксплуатации различных аппаратов, сооружений, емкостей и других металлических конструкций ведется наблюдение за состоянием поверхностей конструкций, контактирующих с агрессивной средой и наблюдение за разрушением этих поверхностей.

При ускоренном методе исследования коррозионных разрушений создаются условия, близкие к условиям эксплуатации, но испытания проводятся в более короткие сроки.

Самый распространенный способ оценки коррозии — это определение потери массы металла из-за его окисления (разрушения).

В наибольшей мере коррозии подвержены углеродистая и легированная стали. Легированная сталь с массовой долей хрома до 12 % активно корродируют в атмосферных условиях. Легированная сталь с массовой долей хрома более 12 % и выше практически устойчива в любой промышленной среде (атмосфере, воде, некоторых кислотах и щелочах и газовой среде) и меньше разрушается или совсем не разрушается. Коррозионные разрушения характеризуются потерей массы материала изделий и толщиной коррозии.

Потери массы образцов в процессе коррозии, отнесенные к единице площади в единицу времени, измеряются в граммах на квадратный сантиметр в год или в граммах на квадратный метр в год.

Приведем пример коррозионных разрушений различных металлов, г/(м²·год): железо (Fe) — 20; цинк (Zn) — 3,2; олово (Sn) — 1,2; медь (Cu) — 1; серебро (Ag) — 0,04; золото (Au) — 0.

По ГОСТ 9.908—85 «Единая система защиты от коррозии и старения. Металлы и сплавы. Методы определения показателей коррозии и коррозионной стойкости» коррозия оценивается по толщине разрушенного (окисленного) металла или по проникновению коррозии в глубь изделия.

Толщина слоя разрушенного (окисленного) металла T , мм/год, определяется по формуле

$$T = 10 \frac{K}{\rho}, \quad (16.1)$$

где K — потеря массы, г/(см²·год); ρ — плотность материала, г/см³.

Относительная коррозионность m_k , %, вычисляется по формуле

$$m_k = \frac{K_0 - K}{K_0} 100, \quad (16.2)$$

где K — масса снятого коррозионного вещества (оксида), г; K_0 — масса образца до коррозии, г.

В процессе эксплуатации металлические конструкции и детали подвергаются коррозии. Поэтому для их защиты применяют различные металлические и неметаллические покрытия, протекторную защиту, химические покрытия и химико-термическую обработку. Другим направлением антикоррозионной защиты является использование легированных коррозионно-стойких сталей и сплавов (хромистых, хромоникелевых, хромоникельтитановых и др.) для изготовления подверженных коррозии элементов конструкции. Это увеличивает сроки эксплуатации металлических конструкций и сооружений и дает большой экономический эффект.

Сущность метода исследования по определению степени коррозионных разрушений материалов заключается в следующем. Образцы определенных размеров, покрытые разными видами коррозии, взвешивают. Затем с поверхности образцов удаляют коррозионный слой, образцы вновь взвешивают. Определяют потерю массы образцов и глубину разрушенного металла.

ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для выполнения лабораторно-практической работы необходимы:

- образцы размерами $10 \times 30 \times 30$ мм с различными видами коррозионных разрушений:
 - сплошной коррозией;
 - неравномерной коррозией;
 - подповерхностной коррозией;
 - язвенной коррозией;
 - структурно-избирательной коррозией;
- лупа с 5-кратным увеличением;
- напильники, шабер, шлифовальная шкурка;
- лабораторные весы;
- штангенциркуль с точностью до 0,1 мм.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Рассмотрите образцы с помощью лупы, определите на каждом образце вид коррозии.

2. Измерьте и взвесьте образцы со сплошной и неравномерной коррозией. Рассчитайте массу образца m , если его плотность ρ до коррозии составляет $7,86 \text{ г/см}^3$ (масса вычисляется по объему образцов до коррозии).

3. Снимите шабером или напильником коррозионный слой, зашлифуйте поверхность образца шлифовальной шкуркой.

4. Взвесьте образец с точностью до $0,1 \text{ г}$, измерьте образец с точностью до $0,1 \text{ мм}$.

5. Определите относительную коррозионность исследуемого образца по формуле (16.2).

Таблица 16.1. Результаты исследования материалов на коррозию

Номер образца	Вид коррозии	Масса образца до коррозии, г	Масса образца после коррозии, г	Масса коррозионного вещества, г	Относительная коррозионность, %

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование, материалы и марки материалов образцов, указанных в задании. Результаты измерений и расчетов оформите в виде табл. 16.1.

Проанализируйте полученные результаты и сделайте вывод о том, какие из образцов имеют наибольшую коррозионную стойкость.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение коррозии металлов.
2. Кратко охарактеризуйте типы коррозионных разрушений.
3. Назовите виды коррозионных разрушений и дайте им краткую характеристику.
4. Как оценивается коррозионная стойкость металлов?

ИССЛЕДОВАНИЕ МАКРОСТРУКТУРЫ (МАКРОАНАЛИЗ) МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Цель работы — ознакомление с методом макроанализа, изучение макроструктуры металлов и сплавов, приобретение навыков исследования макроструктуры металлов и сплавов.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

В целях определения качества заготовок (отливок, поковок, проката и др.) необходимо знать их внутреннее строение. На практике известны и широко применяются два метода исследования: макроскопический анализ (макроанализ) и микроскопический анализ (микроанализ).

Макроанализ заключается в том, что заготовку или вырезанный из нее образец (темплет) исследуют невооруженным глазом или с помощью лупы с небольшим увеличением. Образец вырезают из тех мест заготовки, которые вызывают сомнения. Методом макроанализа определяют химическую неоднородность (ликвацию) металла, глубину закалки, структуру, неметаллические включения и другие характеристики. Макроскопический анализ не позволяет глубоко изучить внутреннее строение деталей и заготовок.

Для изучения внутреннего строения деталей и заготовок в практике широко применяют микроанализ.

Микроанализ заключается в том, что вырезанные из заготовок темплеты исследуют с помощью металлографического микроскопа при увеличении до 2 000 раз. Методом микроанализа определяют химический состав металла, внутреннее строение зерен, микропоры, структурные фазы и другие характеристики строения за-

готовок, которые скрыты от невооруженного глаза. Микроанализ позволяет увязать внутреннее строение металлов с их механическими свойствами.

Методы макро- и микроанализа регламентированы следующими стандартами:

- ГОСТ 22536.0—87* «Сталь углеродистая и чугун нелегированный. Общие требования к методам анализа»;
- ГОСТ 1763—68 «Сталь. Методы определения глубины обезуглероженного слоя»;
- ГОСТ 10243—75* «Сталь. Методы испытаний и оценка макроструктуры»;
- ГОСТ 1778—70 «Сталь. Металлографические методы определения неметаллических включений»;
- ГОСТ 5639—82 «Стали и сплавы. Методы определения величины зерна»;
- ГОСТ 6130—71 «Металлы. Метод определения жаростойкости»;
- ГОСТ 22536.1—88 «Сталь углеродистая и чугун нелегированный. Методы определения общего углерода и графита»;
- ГОСТ 28033—89 «Сталь. Метод рентгенофлюоресцентного анализа»;
- ГОСТ 1435—99 «Прутки, полосы и мотки из инструментальной нелегированной стали. Общие технические условия»;
- ГОСТ 3443—87 «Отливки из чугуна с различной формой графита. Методы определения структуры»;
- ГОСТ 5950—2000 «Прутки, полосы и мотки из инструментальной легированной стали. Общие технические условия».

Макроструктура — это строение металлических конструктивных и инструментальных материалов, видимое невооруженным глазом или с помощью лупы при незначительных увеличениях (до 30-кратного) на изделиях, заготовках и специальных образцах.

Макроанализ позволяет определить качество изделий и заготовок из металлов и сплавов, полученных различными технологическими операциями: прокатом, штамповкой, ковкой, прессовкой, литьем, сваркой и др.

Основные виды дефектов структуры и качества конструктивных материалов, деталей и конструкций появляются в результа-

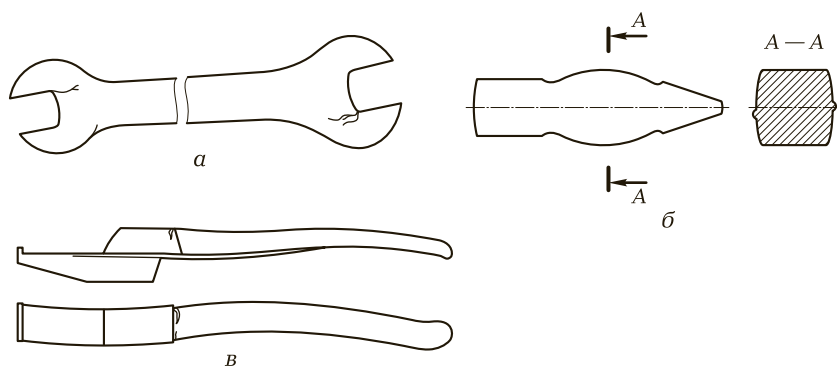


Рис. 17.1. Дефекты поковок, выявленные при макроанализе:

a — трещины на головках гаечного ключа, полученные в результате низкой температурыковки; *б* — неравномерность обля из-за смещения ковочных ручьев; *в* — трещины и искривления рукоятки пассатижей, образованные из-за высокой температурыковки (перегрев)

те технологических операций: обработки давлением, литья и сварки.

Дефекты деталей и заготовок при обработке давлением (рис. 17.1):

- волокнистое строение — в продольном и поперечном направлении видны волокна, так как после обработки давлением не проведена операция отжига или нормализации;
- флокены — тончайшие трещины по сечению заготовки (по глубине), возникающие в результате выделения в слитке пузырей водорода, которые были раскатаны по всему сечению в виде пор-трещин;
- волосовины — видимые тонкие трещины (до 1,5 мм), возникающие в результате образования в слитке газовых пузырей, которые были раскатаны по всей длине сортамента;
- плены — отслоение металла тонкими слоями (до 1,5 мм), возникающие от брызг жидкого металла, раскатанные по длине сортамента;
- неметаллические включения — частицы флюсов, шеллака, огнеупорного материала, оставшиеся от неметаллических включений, раскатанных по длине сортамента, и нарушающие целостность заготовки;

- трещины — видимые по длине сечения, возникающие из-за пониженной температуры обработки давлением, нарушающие целостность металла и являющиеся браком;
- заковы — отслоение некоторых участков заготовки, возникающие при ковке и штамповке.

Дефекты деталей и заготовок при литье:

- усадочные раковины, пустоты, пористость, рыхлость, наблюдаемые в отливке со стороны выпора в виде мелких отверстий изогнутой формы, образующиеся в результате неправильной конструкции литой формы или низкой температуры заливки металла. Полость заполняется различными неметаллическими включениями;
- газовые пузыри — каналы в металле в виде мелких отверстий изогнутой формы, образующиеся из-за выделения газов при недостаточном раскислении металла в процессе плавки;
- ликвация — зональная неоднородность по химическому составу в различных зонах отливки, возникающая в процессе охлаждения отливки из-за различной температуры кристаллизации составляющих плавку элементов;
- дендритная ликвация — неоднородность по химическому составу дендритов (укрупненных зерен), появляющаяся из-за разности температур кристаллизации составляющих плавку химических элементов.

Дефекты деталей и конструкций при сварке (см. рис. 12.4):

- непровар — несплавление основного металла изделия с металлом шва (электродом), образующееся от низкой величины тока сварки, большого зазора между сварными деталями, нарушения режимов сварки;
- ноздреватость сварного шва — поры на поверхности шва при сварке удлиненной дугой и с отсыревшей обмазкой электродов;
- кратеры сварного шва — сферообразные и конусообразные углубления при нарушении технологии сварки с временным отрывом электрической дуги;
- трещины в металле сварного шва или околошовной зоны при структурных напряжениях, возникающих при кристаллизации основного металла и металла шва разного химического состава, а также в процессе сварки при по-

ниженной температуре, жесткой сборке в кондукторе сварной конструкции, исключаяющей податливость в процессе охлаждения.

Сущность метода исследования макроструктуры металлов заключается в изучении образцов (темплетов), вырезанных в поперечном и продольном направлениях и на изломах образцов конструкционного материала. В отдельных случаях для определения качества изделий или отдельных методов технологии макроанализу подлежат сортамент, заготовки, детали, сварные конструкции и изделия в целом, полученные обработкой давлением, литьем и сваркой. Для всех этих видов технологии выбирают образцы с характерными дефектами. Для более точного макроанализа образцы шлифуют, полируют и протравливают различными реактивами. Для изучения изломов образцы надрезают, затем ломают на маятниковых копрах или в слесарных тисках.

Для травления образцов применяют 5%-ный раствор соляной кислоты. Продолжительность травления 15 мин и более. После травления образцы промывают горячей водой и нейтрализуют содой или 5... 10%-ным раствором хромпика. Для глубокого травления легированной стали применяют реактивы следующих составов:

- 100 мл соляной кислоты, 10 мл азотной кислоты, 100 мл воды при температуре 60... 70 °С для травления в течение 5... 10 мин;
- 100 мл соляной кислоты, 100 мл азотной кислоты, 100 мл воды, 11... 11,5 г дихромата калия при температуре 20 °С для травления в течение 5... 10 мин.

Во избежание ожогов рук травление производят в резиновых кислотостойких перчатках смоченным в реактиве тампоном.

После травления на образцах образуется рельефная поверхность, на которой просматриваются дефекты, полученные в процессе производства той или иной заготовки. Затем протравленную часть образцов рассматривают с помощью лупы с 30-кратным увеличением, выполняют зарисовки дефектов, сравнивают с прилагаемыми фотографиями (рисунками) и делают соответствующие выводы.

ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для проведения лабораторно-практической работы необходимы:

- реактивы:

100 мл соляной кислоты;
10 мл азотной кислоты;
100 мл воды при температуре 60... 70 °С;

- заточный станок;
- шлифовальная шкурка;
- образцы для испытания произвольных размеров с характерными дефектами, полученными различными технологическими методами:
 - прокатом — 2 шт.;
 - ковкой — 2 шт.;
 - прессованием — 2 шт.;
 - литьем — 2 шт.;
 - различными видами сварки — 4 шт.;
- лупы:
 - 5—10-кратного увеличения — 5 шт.;
 - 20—30-кратного увеличения — 5 шт.;
- кислотостойкие резиновые перчатки;
- тампоны для травления образцов — 5—10 шт.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучите инструкции по охране труда при работе на заточном станке и с токсичными материалами.
2. Подготовьте образцы к исследованию. Поверхность образцов должна быть обработана шлифованием, полированием, травлением реактивами.
3. Рассмотрите прилагаемые фотографии (рисунки) дефектов заготовок, полученных различными методами. Сравните дефекты, видимые на образцах, с рисунками.

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование, материалы и образцы. Результаты исследований (технологические методы получения образцов, эскизы дефектов, их краткое описание) оформите в виде табл. 17.1.

Таблица 17.1. Результаты макроанализа образцов

Номер образца	Технологический метод изготовления образца	Вид дефекта (эскиз)	Краткое описание дефекта	Заключение о годности образца

Сделайте выводы о годности каждого образца. Укажите достоинства и недостатки определения качества заготовок макроанализом.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для чего предназначен макроанализ?
2. Назовите основные виды дефектов структуры, образующихся при различных технологических операциях.
3. Для чего производят травление образцов при макроанализе?
4. Перечислите требования охраны труда при работе с реактивами.
5. Приведите примеры дефектов изделий и деталей, изготовленных на занятиях по производственному обучению в мастерских.

АНАЛИЗ МИКРОСТРУКТУРЫ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

Цель работы — ознакомление с методом исследования микроструктуры железоуглеродистых сплавов с помощью металлографического микроскопа, приобретение навыков изучения микроструктуры стали.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Углеродистую сталь классифицируют по основному признаку — массовой доле углерода и по диаграмме состояния железо — цементит.

По массовой доле углерода сталь подразделяют на низкоуглеродистую с массовой долей углерода до 0,3 %, среднеуглеродистую — 0,3...0,6 % и высокоуглеродистую — свыше 0,6 %.

По диаграмме состояния железо — цементит сталь классифицируют на доэвтектоидную с массовой долей углерода до 0,7 %, эвтектоидную — 0,7...0,9 % и заэвтектоидную — свыше 0,9 %.

Микроструктура стали зависит от массовой доли углерода. Доэвтектоидная сталь имеет структуру феррита и перлита, эвтектоидная — перлита и заэвтектоидная — перлита и цементита (рис. 18.1).

Микроструктуру стали изучают с помощью металлографического микроскопа при незначительных увеличениях, начиная с 5—10-кратного и заканчивая 200-кратным. Современные оптические микроскопы позволяют изучать строение материалов при увеличении в 5—2 000 раз, электронные — 100 000 раз и более.

В процессе микроанализа определяют:

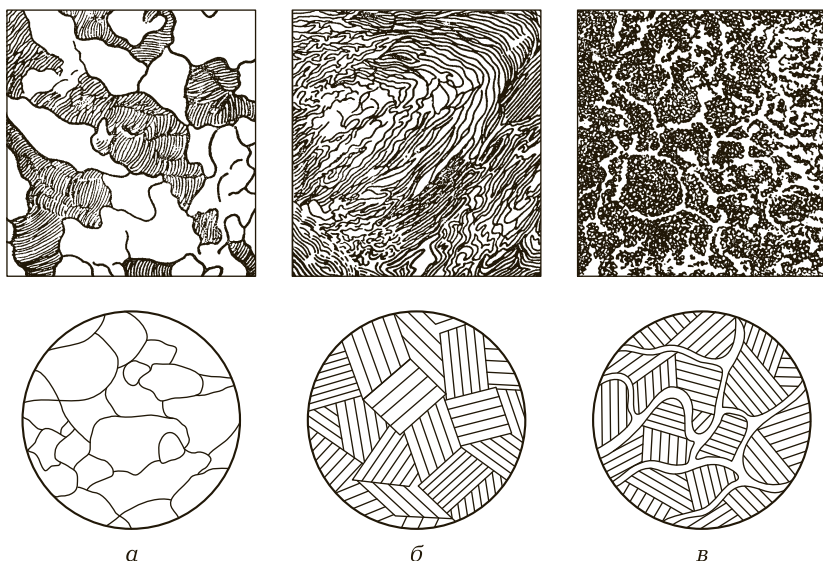


Рис. 18.1. Микроструктура и эскиз микроструктуры стали в нормализованном состоянии:

а — феррит и перлит; *б* — перлит; *в* — перлит и цементит

- микроструктуру образцов стали в нормализованном состоянии (феррит, перлит, цементит);
- микроструктуру стали в закаленном состоянии (сорбит, троостит и мартенсит) (рис. 18.2);
- массовую долю углерода;
- внутренние дефекты;
- микростроение отливок или проката;
- соотношение структурных составляющих в стали и чугуна;
- отклонение режимов термической обработки от заданной технологии (перегрев или недогрев);
- микротвердость отдельных зерен структурных составляющих.

Феррит в технически чистом железе — светлая составляющая с хорошо различимыми границами однородных крупных зерен. В доэвтектоидной стали феррит присутствует в виде светлых зерен или полосок в смеси с перлитом.

Перлит имеет вид темных зерен различной формы и размеров или участков (темная составляющая).

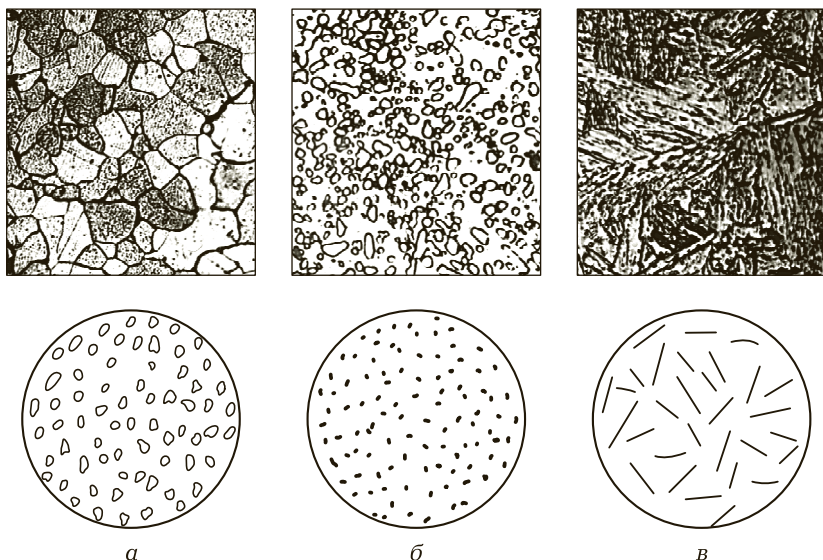


Рис. 18.2. Микроструктура и эскиз микроструктуры стали в закаленном состоянии:

а — сорбит; *б* — троостит; *в* — мартенсит

Цементит под микроскопом похож на блестящую белую сетку пластинок или зерен.

Сущность метода исследования микроструктуры стали заключается в изучении микрошлифов доэвтектоидной стали марки 40, состоящей из 50 % перлита (темные зерна или пластинки) и 50 % феррита (светлые зерна).

С увеличением массовой доли углерода в стали увеличивается содержание перлита, следовательно, увеличивается площадь темных зерен или участков. С уменьшением массовой доли углерода увеличивается содержание феррита, т. е. увеличивается площадь светлых зерен или участков.

Рассматривая в микроскоп микрошлиф стали марки 40, следует сделать зарисовку микроструктуры (темные и светлые зерна). На зарисовке микрошлифа площадь темных и светлых пятен примерно равна (50 % феррита и 50 % перлита). Известно, что в перлите содержится 80 % углерода, а поскольку он занимает примерно 50 % всей площади микрошлифа, то массовую долю углерода C вычисляют следующим образом:

$$C = \frac{50 \cdot 0,8}{100} = 0,4 \%$$

Исследованная сталь марки 40 будет иметь среднюю массовую долю углерода 0,4 %. По ГОСТ 1050—88 «Прокат сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. Общие технические условия» этой марке соответствует массовая доля углерода 0,37...0,45 %.

Аналогично по площади включений феррита и перлита можно определить массовую долю углерода в любой другой марке дозвтектоидной стали.

Краткая характеристика металлографических микроскопов, рекомендуемых для проведения микроанализа, представлена в табл. 18.1.

Таблица 18.1. Характеристика металлографических микроскопов

Модель	Область применения	Комплектность
ММР-4	Исследование микро-структуры металлов и их сплавов в светлом поле и косом освещении с 50 — 100-кратным увеличением	Объективы — планхроматы. Компенсационные окуляры. Панкреатическая система линз
МИМ-8м	Исследование и фотографирование металлов и их сплавов с 1 350-кратным визуальным увеличением и 1 700-кратным увеличением при фотографировании	Объективы — ахроматы и алохроматы
МИМ-9	Исследование металлов и их сплавов с 20 — 1 700-кратным увеличением	Автоматическое раздвижение меха фотокамеры
ММУ-3	Упрощенная модель для исследования микрошлифов при 100-, 300- и 500-кратном увеличении в светлом и темном полях и поляризованном свете	Переходная втулка для установки стандартных микрофотонасадок. Приставка (фотонасадка) позволяет использовать для фотографирования фотоаппараты моделей «Зоркий» МФН-8 и МФН-7

Наряду с отечественными микроскопами для исследования методом микроанализа применяются металлографические микроскопы иностранных фирм.

Фазовые изменения микрошлифов в процессе нагрева и охлаждения изучают на универсальных комбинированных установках. На этих установках проводят нагрев образцов в вакууме, испытание на механические свойства, наблюдение и фотографирование микроструктуры в интервале температур 1 200... 2 000 °С.

ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для проведения лабораторно-практической работы необходимы:

- образцы из стали марок 20, 40, 80, У10 и У13 (образцы изготавливают в слесарной мастерской на уроках производственного обучения);
- набор напильников и шлифовальной шкурки;
- полировочная паста ГОИ;
- тампоны;
- реактивы;
- кислотостойкие перчатки;
- металлографический микроскоп.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучите инструкции по охране труда при шлифовании, полировании металлов и работе с токсичными материалами, устройство металлографического микроскопа.

2. Подготовьте образцы для исследования способом, описанным в лабораторно-практической работе № 17 (не менее пяти образцов).

3. Проведите исследование образцов в порядке возрастания массовой доли углерода. Выполните эскизы микроструктур образцов и сравните их с прилагаемыми фотографиями.

4. Определите количество структурных составляющих в процентах, по ним массовую долю углерода в доэвтектоидной и заэвтектоидной стали, а затем по массовой доле углерода примерную марку и механические свойства исследуемой стали.

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование, материалы и образцы. Эскизы микроструктуры образцов, результаты расчетов массовой доли углерода и примерную марку стали оформите в виде табл. 18.2.

Таблица 18.2. Результаты исследования микроструктуры углеродистой стали

Номер образца	Эскиз микроструктуры	Массовая доля углерода, %	Примерная марка стали	Характеристика стали

Дайте характеристику стали. На основании микроструктуры укажите различие свойств стали разных марок.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие структурные составляющие имеют доэвтектоидная, эвтектоидная и заэвтектоидная стали?
2. Дайте характеристику феррита, перлита и цементита.
3. Сколько углерода содержится в эвтектоидной стали?
4. Какие марки отечественных металлографических микроскопов вы знаете?

АНАЛИЗ МИКРОСТРУКТУРЫ ЧУГУНА

Цель работы — ознакомление с методом микроанализа чугуна с помощью металлографического микроскопа.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Металлургическая промышленность выпускает различные виды чугуна, которые в зависимости от перерабатываемой руды, физико-механических и технологических свойств можно подразделить на три группы: белый (передельный); половинчатый и серый (литейный); модифицированный (высокопрочный).

В зависимости от массовой доли углерода различают доэвтектический, эвтектический, заэвтектический чугуны. Эвтектический чугун имеет массовую долю углерода 4,3 %.

В **сером чугуне** углерод содержится в виде графита и перлита. По структуре серый чугун подразделяют на ферритный (структура феррит), ферритно-перлитный (структура феррит и перлит) и перлитный (структура перлит). Структура серого чугуна представлена на рис. 19.1. В структуре перлита находится цементит в виде сетки.

В **белом чугуне** углерод содержится в химически связанном состоянии в виде цементита (рис. 19.2). Структурными составляющими белого чугуна являются ледебурит (эвтектика), цементит (первичный) и перлит.

Ледебурит — это смесь перлита и цементита, по форме, строению и цвету похож на перлит, но зерна его более крупные, грубые.



Рис. 19.1. Микроструктура серого чугуна:

а — феррит (ферритный чугун); *б* — феррит и перлит (ферритно-перлитный чугун); *в* — перлит (перлитный чугун)

Доэвтектический чугун состоит из темных участков перлита и ледебурита. С увеличением массовой доли углерода увеличивается содержание ледебурита, которое достигает 100 % при массовой доле углерода 4,3 %. Структура чугуна с массовой долей углерода 4,3 % состоит из одного ледебурита. Такой чугун называют эвтектическим.

Структура половинчатого чугуна состоит из ледебурита, цементита и перлита (рис. 19.3).

Чугун с массовой долей углерода более 4,3 % состоит из ледебурита (мелкие темные зерна) и цементита (первичного) в виде светлых игл или пластинок.

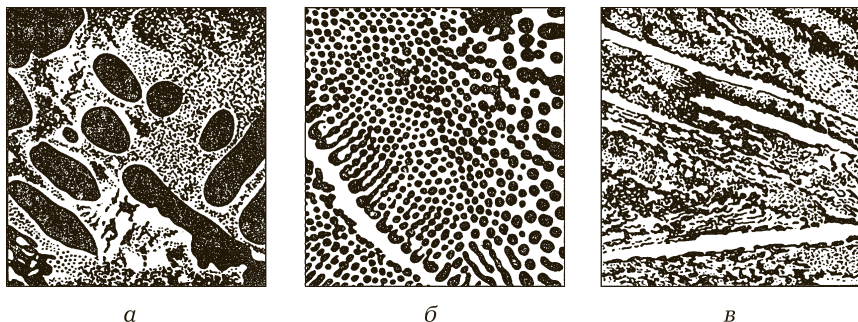


Рис. 19.2. Микроструктура белого чугуна:

а — ледебурит, цементит и перлит (доэвтектический чугун); *б* — ледебурит (эвтектический чугун); *в* — ледебурит и цементит (заэвтектический чугун)

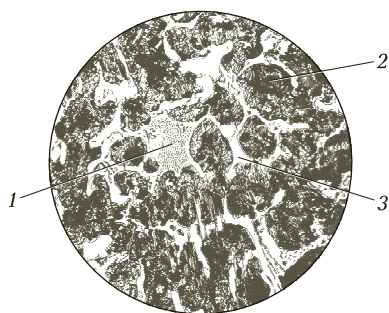


Рис. 19.3. Микроструктура половинчатого чугуна:

1 — ледобурит; 2 — перлит; 3 — цементит

Сущность метода исследования микроструктуры чугуна заключается в изучении строения образцов из доэвтектического, эвтектического, заэвтектического чугунов с помощью металлографического микроскопа с увеличением до 200 раз. По площади включений из феррита, перлита, цементита и ледобурита определяют примерную массовую долю углерода.

ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для проведения лабораторно-практической работы необходимы:

- образцы из белого, половинчатого и серого чугунов (образцы изготавливают в слесарной мастерской на уроках производственного обучения);
- набор напильников и шлифовальной шкурки;
- полировочная паста ГОИ;
- реактивы;
- тампоны;
- кислотостойкие перчатки;
- металлографический микроскоп.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучите инструкции по охране труда при шлифовании, полировании металлов и работе с токсичными материалами, устройство металлографического микроскопа.

2. Подготовьте образцы для исследования способом, описанным в лабораторно-практической работе № 17 (не менее пяти образцов).

3. Проведите исследование образцов в порядке возрастания массовой доли углерода. Выполните эскизы микроструктуры образцов и сравните их с прилагаемыми фотографиями.

4. Определите процентное соотношение структурных составляющих, а по ним массовую долю углерода в доэвтектическом чугуна. Затем определите структуру в образцах из эвтектического и заэвтектического чугунов.

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование, материалы и образцы. Эскизы микроструктуры образцов, результаты расчетов массовой доли углерода и примерную марку чугуна оформите в виде табл. 19.1.

Таблица 19.1. Результаты исследования микроструктуры чугуна

Номер образца	Эскиз структуры	Массовая доля углерода, %	Примерная марка чугуна	Характеристика чугуна

Дайте характеристику чугуна. Сделайте вывод о том, какие характеристики чугуна можно определить с помощью металлографического микроскопа.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется чугуном?
2. Какие структурные составляющие имеют доэвтектический, эвтектический и заэвтектический чугуны?
3. Дайте характеристику ледебурита, перлита и цементита.
4. Сколько углерода содержится в эвтектическом чугуне?
5. Назовите примерную марку чугуна, из которого изготовлены слесарные тиски, станины сверлильного и токарного станков. Укажите его структуру.

АНАЛИЗ МИКРОСТРУКТУРЫ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Цель работы — ознакомление с методом микроанализа цветных металлов и сплавов с помощью металлографического микроскопа.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Основными структурами цветных металлов и сплавов являются твердые растворы, механические смеси (эвтектики и эвтектоиды), химические соединения и интерметаллические соединения. Структура цветных сплавов характеризуется большими размерами зерен дендритного строения, поэтому при рассмотрении в микроскоп достаточно 100—200-кратного увеличения. Характер структуры цветных металлов определяется способностью сплавляемых компонентов растворяться в основном металле в твердом состоянии. При введении в сплав легирующих добавок растворимость сплавляемых компонентов может изменяться, что приводит к изменению реальной структуры.

Латунию называется сплав меди с цинком. В соответствии с ГОСТ 15527—2004 «Сплавы медно-цинковые (латуни), обрабатываемые давлением. Марки» выпускают следующие марки простой латуни: Л96, Л90, Л85, Л80, Л70, Л68, Л63 и Л60.

Изучение микроструктуры латуни начнем с анализа диаграммы состояния сплава медь—цинк (рис. 20.1).

По структуре латунь подразделяют на две группы.

Латунь первой группы с массовой долей цинка до 39 % имеет низкую твердость, высокую пластичность и хорошую обрабаты-

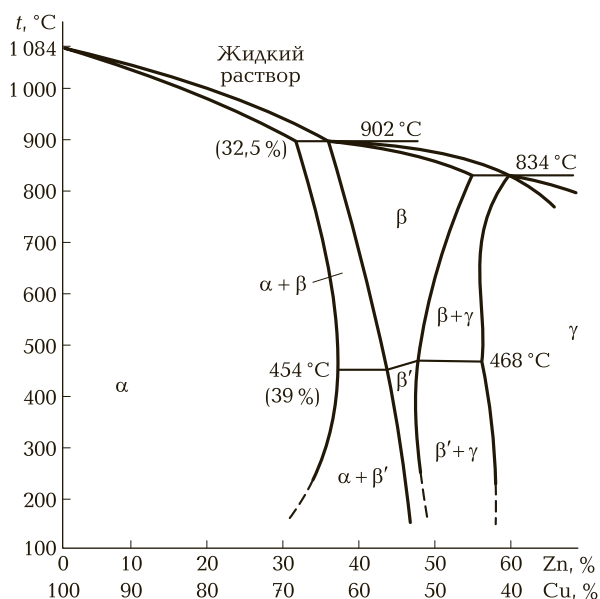


Рис. 20.1. Диаграмма состояния сплавов системы медь—цинк (Cu—Zn)

ваемость давлением: латуни марок Л96, Л90, Л80 и Л68. Латуни первой группы имеют однофазную структуру из зерен твердого раствора замещения цинка в меди (α -латуни). При исследовании в микроскоп зерна твердого раствора представляют собой крупные светлые участки. Температура плавления латуни при увеличении массовой доли цинка уменьшается. Например, латуни марки Л96 (4 % цинка) плавится при температуре 1 075 °С, латуни марки Л68 (32 % цинка) — при температуре 905 °С. Микроструктура литой однофазной латуни с массовой долей цинка 30 % имеет дендритное строение (рис. 20.2): светлые участки — дендриты, обогащенные медью, темные участки — междендритная фаза, обогащенная цинком.

Латуни второй группы (марок Л63 и Л60), содержащая 37... 40 % цинка, имеет двухфазную структуру: твердый раствор цинка в меди и твердый раствор цинка со сложной кристаллической решеткой. Структура двухфазной латуни представлена в виде светлых зерен (α -фаза) и темных включений (β -фаза). Латуни второй группы имеют пониженную пластичность и хорошо обрабатываются давлением в горячем состоянии.

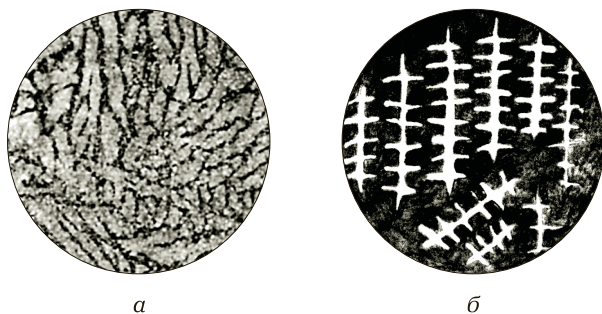


Рис. 20.2. Микроструктура латуни:

а — микроструктура двухфазной латуни после обработки давлением; *б* — эскиз микроструктуры латуни марки Л70

При температуре 450...470 °С β -фаза имеет неупорядоченное строение. При повышении температуры происходит упорядочивание атомной решетки: на один атом меди приходится один атом цинка; такая структура называется β' -фазой. При высоком содер-

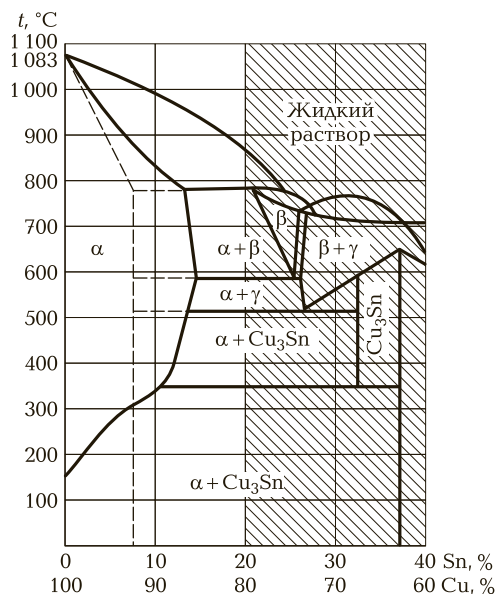


Рис. 20.3. Диаграмма состояния сплавов системы медь—олово (Cu—Sn)

жании цинка (более 50 %) образуется γ -фаза — твердый раствор цинка в меди, имеющий сложную кристаллическую решетку, хрупкий, твердый; практического применения такой сплав не находит.

Твердые растворы в латуни имеют крупные светлые зерна дендритного строения. Для улучшения свойств (коррозионной стойкости, прочности, обрабатываемости резанием и др.) в латунь вводят легирующие элементы: алюминий, кремний, марганец, свинец и др. Латунь с массовой долей цинка до 39 % закалке не подвергается, так как не имеет фазовых превращений (см. рис. 20.1).

Бронзой называется сплав меди с оловом. В настоящее время кроме олова в медный сплав добавляют алюминий, кремний, марганец, бериллий и другие элементы в зависимости от требуемых свойств. В зависимости от включаемых в бронзу легирующих элементов бронзу называют алюминиевой, бериллиевой, марганцевой и др.

Изучение микроструктуры бронзы начнем с анализа диаграммы состояния сплавов системы медь — олово (рис. 20.3). При массовой доле олова 6...7 % бронза имеет двухфазную структуру: твердого раствора олова в меди и меди при обычных условиях отливки. После обработки давлением и отжига бронза состоит из одного твердого раствора олова в меди (α -бронза).

Структуры бронзы отличаются друг от друга в зависимости от технологии производства. Литая бронза имеет однофазное дендритное строение (рис. 20.4, а). После обработки давлением бронза получает однородное строение зерна (твердого раствора α олова в меди). Под микроскопом структура бронзы имеет вид светлых полей зернистого строения (рис. 20.4, б).

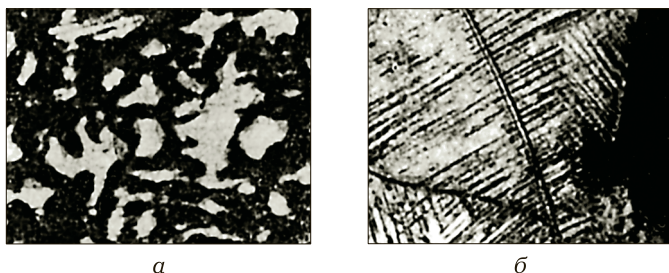
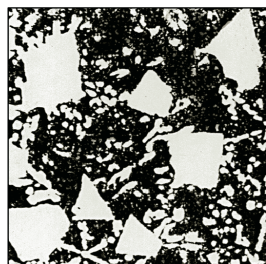


Рис. 20.4. Микроструктура бронзы:

а — литой оловянной бронзы; б — литой оловянной бронзы после обработки давлением



а



б

Рис. 20.5. Микроструктура баббита (а) и эскиз микроструктуры баббита (б)

Баббитом называют антифрикционный сплав, основу которого составляет свинец или олово и сплавляемые компоненты. Наиболее широко применяют баббит марок БС6 и Б16 (16... 18 % олова, 1... 1,5 % меди, остальное — цинк). Структура баббита имеет эвтектическое строение — темные зерна, по краям которых светлые границы (рис. 20.5).

Рассматривая диаграммы состояния указанных сплавов видно, что их структура состоит из механической смеси (эвтектика или эвтектоид), химического соединения и твердых растворов. Отдельные сплавы в зависимости от массовой доли сплавляемых элементов, например баббит (свинец, сурьма и медь) с массовой долей свинца 13 % и сурьмы 87 %, могут иметь эвтектическое состояние (механическая смесь свинца и сурьмы).

Сущность метода исследования микроструктуры латуни, бронзы и баббита заключается в изучении подготовленных образцов (темплетов) с помощью металлографического микроскопа со 100—200-кратным увеличением, выполнении эскизов наблюдаемых структур и их сравнении с имеющимися рисунками. По структуре определяют примерный химический состав и состояние сплава (однофазное, двухфазное).

ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для проведения лабораторно-практической работы необходимы:

- образцы (темплеты) из различных марок латуни, бронзы и баббита (образцы изготавливают в слесарной мастерской на уроках производственного обучения);

- набор напильников и шлифовальной шкурки;
- полировочная паста ГОИ;
- реактивы;
- тампоны;
- кислотостойкие перчатки;
- металлографический микроскоп.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучите инструкцию по охране труда при шлифовании, полировании металлов и работе с токсичными материалами, устройство металлографического микроскопа.

2. Подготовьте образцы к исследованию способом, описанным в лабораторно-практической работе № 17.

3. Ознакомьтесь с образцами, исследуйте их под микроскопом.

4. Выполните эскизы микроструктуры образцов сплавов.

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование, материалы и образцы. Результаты исследований (эскизы микроструктуры и примерный химический состав образцов) оформите в виде табл. 20.1.

Таблица 20.1. Результаты исследования микроструктуры цветных металлов и сплавов

Сплав	Примерный химический состав	Эскиз и название микроструктуры
Латунь		
Бронза		
Баббит		

Укажите, по какому признаку можно различить структуру латуни, бронзы и баббита под микроскопом.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте классификацию цветных металлов.
2. Дайте определение латуни, бронзы, баббита. Укажите области применения этих сплавов.
3. Какие структурные составляющие имеют сплавы цветных металлов?
4. Дайте определение механической смеси, твердого раствора и химического соединения.
5. Назовите микроструктуры латуни, бронзы и баббита.
6. Опишите диаграмму состояния сплава медь—цинк.
7. Опишите диаграмму состояния сплава медь—олово.
8. Расшифруйте марки латуни: Л96, Л90, Л68, ЛАЖ60-1-1, ЛМц58-2.
9. Расшифруйте марки бронзы: БрАЖМц10-3-1,5, БрС30, БрО4-3.
10. Приведите марки баббита и расшифруйте их.

АНАЛИЗ ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗО— ЦЕМЕНТИТ

Цель работы — ознакомление с методами практического использования диаграммы состояния сплавов системы железо — цементит при выборе температуры нагрева для горячей обработки деталей и инструмента из стали и чугуна.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Диаграмма состояния сплавов системы железо — углерод — это наглядное универсальное графическое изображение физико-химических процессов, происходящих в железоуглеродистых сплавах. Наибольшее практическое значение имеет диаграмма состояния сплавов системы железо — цементит ($\text{Fe} — \text{Fe}_3\text{C}$) (рис. 21.1), поскольку для большинства технических железоуглеродистых сплавов (с массовой долей углерода до 6,69 %) превращения реализуются по этой диаграмме.

Диаграмма состояния строится в прямоугольной системе координат. На оси абсцисс откладывается массовая доля углерода от 0 до 6,69 %. На оси ординат (слева) — критические температуры для чистого железа. На оси ординат (справа) — критические температуры сплава с массовой долей углерода 6,69 %.

Линия *PSK* соответствует критической температуре 727 °С, при которой происходит первое аллотропное превращение сплава при нагревании (первичная кристаллизация). Линия *GSE* — второму аллотропному превращению (вторичной кристаллизации). При температурах, лежащих на линии *АНЖЕСF* (**линия солигуса**), сплавы при нагревании начинают плавиться и окончательно затвердевают

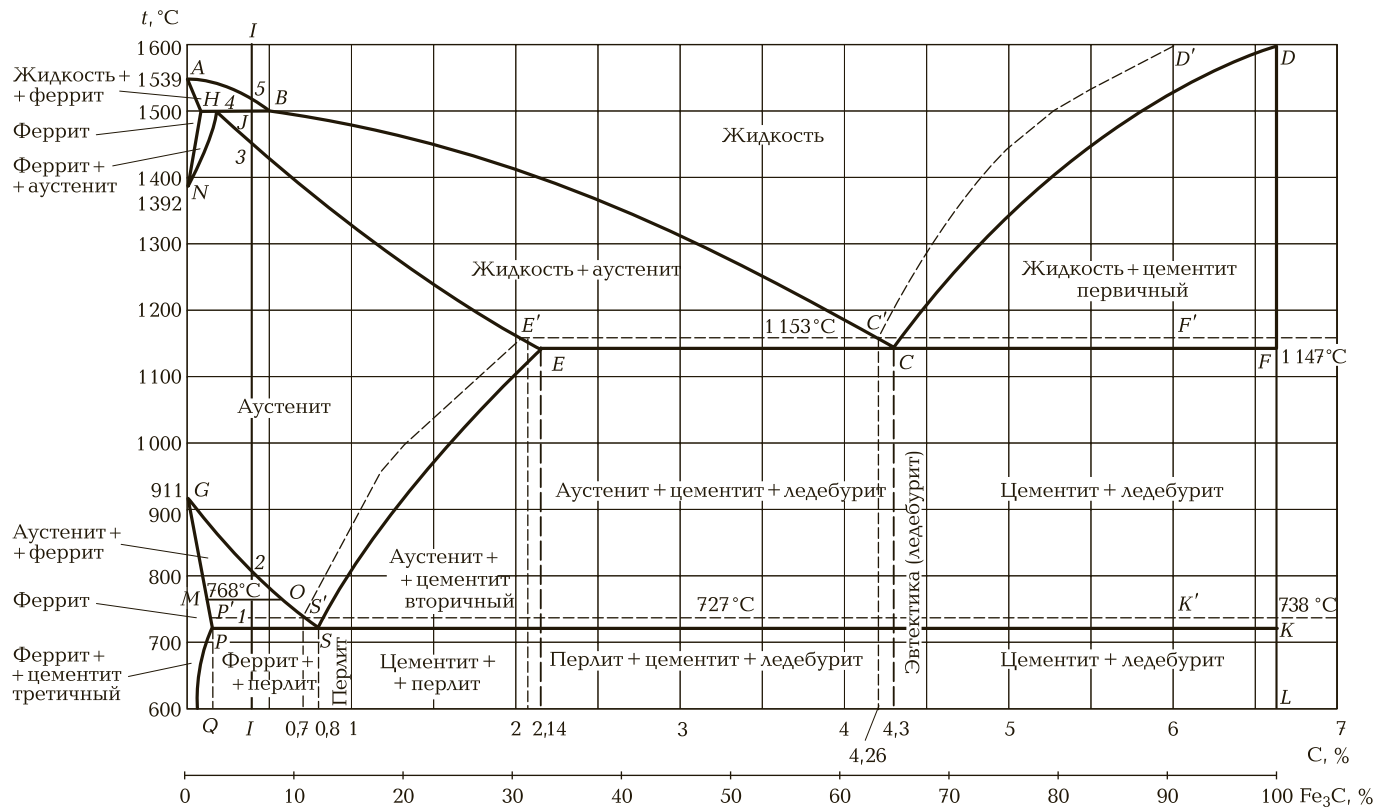


Рис. 21.1. Диаграммы состояния сплавов систем железо—углерод (----) и железо—цементит (—)

при охлаждении. При температурах, лежащих на линии *ABCD* (**линия ликвидуса**), сплавы при нагревании полностью расплавляются, а при охлаждении начинают затвердевать. Геометрическая фигура *ABJNH* соответствует области перитектического превращения сплавов (равновесие с двумя и более фазами). По линиям *PSK* и *GSE* выбирают температуру для термической и горячей обработки стали. Линия *LKFD* — линия цементита (100 % химического соединения углерода с железом). Линия *QPG* — линия низкоуглеродистого твердого раствора феррита и третичного цементита.

На диаграмме указаны температурные интервалы (границы) горячей обработки деталей и инструмента из стали и чугуна (литье,ковка, штамповка, термическая обработка).

Температура заливки жидкого металла (стали и чугуна) в литейные формы по нижнему пределу на 150...200 °С выше температуры начала кристаллизации. На диаграмме состояния сплавов системы железо — цементит эта температура соответствует линии *ABCD*. Температура заливки будет зависеть от массовой доли углерода в конкретном сплаве. Например, для стали марки 40 температуру заливки рассчитывают следующим образом. Начало расплавления стали марки 40 происходит при температуре приблизительно 1 500 °С (точка 5). Тогда температура заливки $1\ 500\text{ °С} + 150\text{...}200\text{ °С} = 1\ 650\text{...}1\ 700\text{ °С}$. При более низких температурах расплавленную сталь марки 40 заливать нельзя, так как это приведет к дефектам отливки. Верхний предел температуры заливки для сплавов берется выше на 400...500 °С температуры начала кристаллизации сплава.

Температура плавления эвтектического чугуна (1 147 °С, точка С) — температура конца заливки сплава в литейную форму определяется аналогично.

Левая часть диаграммы состояния сплавов системы железо — цементит (для сплавов с содержанием углерода менее 2,14 %) описывает состояние стали. Исследуя эту часть диаграммы, можно определить температурный интервал термической обработки стали: закалки, высокого, среднего и низкого отпуска, нормализации и различных видов отжига — диффузионного, изотермического, рекристаллизационного, отжига на зернистый перлит, полного, неполного и низкотемпературного. В основе различных видов термической обработки лежит следующий принцип: при нагревании и охлаждении (в зависимости от скорости) можно резко или медленно изменять микроструктуру сплава, в результате чего меняются его механические свойства. При критической температуре, например точка 2 для стали марки 40, при охлаждении происходит превращение аустенита в перлит и перлита в феррит. Если в момент

распада структур произвести горячую обработку давлением, то начнется деформация атомных решеток (зерен), которая приведет к образованию трещин и дальнейшей хрупкости изделия. В связи с этим при ручной ковке эту критическую температуру пропускают, ковку приостанавливают на некоторое время и снова продолжают, когда температура опустится ниже критической. Критическая температура характерна ярким свечением заготовки (поковки). Когда свечение затухает, температура падает и ковку можно продолжать.

Сущность метода анализа диаграммы состояния сплавов системы железо — цементит состоит в следующем: на вычерченной в произвольном масштабе на миллиметровой бумаге диаграмме определить точки, соответствующие интервалам температур горячей обработки конструкционных и инструментальных материалов.

ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для проведения лабораторно-практической работы необходимы:

- миллиметровая бумага;
- простые карандаши;
- образец диаграммы состояния сплавов системы железо — цементит;
- образец диаграммы состояния сплавов системы железо — цементит, относящейся к стали с границами температурных режимов горячей обработки.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Постройте на миллиметровой бумаге в произвольном масштабе диаграмму состояния сплавов железо — цементит и часть диаграммы состояния сплавов системы железо — цементит, относящуюся к стали.

2. Определите следующие интервалы температур:

- начала и конца заливки в литейную форму следующих конструкционных материалов:
 - стали марок 50, 75, У10;
 - серого литейного чугуна с массовой долей углерода 2,5; 3; 3,5; 4 и 5 %;

- нагрева для различных видов термической обработки стали;
- горячей обработки стали давлением (ковки и штамповки).

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы. Укажите интервалы температур:

- начала и конца заливки сплавов в литейную форму — в табл. 21.1;
- нагрева для термической обработки стали — в табл. 21.2;
- горячей обработки давлением стали — в табл. 21.3.

Объясните, как по диаграмме состояния сплавов системы железо — цементит определяют параметры технологических операций, температурные режимы термической обработки и горячей обработки давлением.

Таблица 21.1. Результаты определения интервалов температур начала и окончания заливки стали и чугуна в литейные формы

Железоуглеродистый сплав	Температура, °С	
	начала заливки	окончания заливки
Сталь:		
марки 50		
марки 75		
марки У10		
Чугуны:		
с массовой долей углерода 2,5 %		
с массовой долей углерода 3,0 %		
с массовой долей углерода 3,5 %		
с массовой долей углерода 4,0 %		
с массовой долей углерода 4,5 %		

Таблица 21.2. Результаты определения температуры нагрева для термической обработки стали

Марка стали	Температура нагрева, °С									
	Закалка	Низкий отпуск	Средний отпуск	Высокий отпуск	Нормализация	Диффузионный отжиг	Рекристаллизационный отжиг	Отжиг на зернистый перлит	Полный отжиг	Неполный отжиг
20										
30										
40										
45										
55										
65										
75										
У7										
У10										
У11										
У12										
У13										

Таблица 21.3. Результаты определения температурных режимов горячей обработки давлением стали

Марка стали	Температура, °С	
	начала обработки	конца обработки
50		
75		
У10		
У13		

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Опишите принцип построения диаграммы состояния сплавов системы железо—цементит.
2. Охарактеризуйте часть диаграммы состояния сплавов системы железо—цементит, относящуюся к стали.
3. Охарактеризуйте часть диаграммы состояния сплавов системы железо—цементит, относящуюся к чугунам.
4. Укажите на диаграмме состояния сплавов системы железо—цементит граничные линии начала и конца плавления железо—углеродистых сплавов.

ЗАКАЛИВАЕМОСТЬ И ПРОКАЛИВАЕМОСТЬ СТАЛИ

Цель работы — изучение метода определения закаливаемости и прокаливаемости углеродистой стали.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

В машиностроении и других отраслях экономики в целях повышения качества изделий, их надежности и долговечности широко применяют термическую и химико-термическую обработку деталей. В процессе термической обработки меняется микроструктура и механические свойства: прочность, твердость, упругость, пластичность. При химико-термической обработке происходит изменение химического состава поверхностного слоя деталей. Для улучшения механических свойств поверхности деталей после химико-термической обработки поверхности производится дополнительная термическая обработка.

Закаливаемость — это способность стали повышать твердость в результате закалки. Основное влияние на закаливаемость оказывает углерод: чем больше в стали углерода, тем выше ее твердость. Сталь некоторых марок обладает низкой закаливаемостью или совсем не закаливается и имеет недостаточную твердость после закалки. Сталь, содержащую менее 0,3 % углерода, закалке не подвергают.

Прокаливаемость — это способность стали получить закаленный слой определенной глубины с мартенситной или трооститно-мартенситной структурой и высокой твердостью. Легирующие элементы оказывают значительное влияние на прокаливаемость стали.

Прокаливаемость стали зависит от устойчивости охлажденного аустенита и критической скорости охлаждения. **Критическая скорость охлаждения** — минимальная скорость охлаждения, при которой аустенит превращается в мартенситную структуру без образования структур перлитного типа. Поскольку скорость охлаждения образца уменьшается от наружной поверхности к сердцевине, в части сечения, где она будет меньше критической, закалки не произойдет.

Диаметр образца стали определенной марки, в котором при охлаждении обеспечивается критическая скорость охлаждения, называется **критическим диаметром** (это такой диаметр детали, в центре которой после закалки получается полумартенситная зона, состоящая из 50 % мартенсита закалки и 50 % троостита закалки). Критический диаметр характеризует величину прокаливаемости сплава. На изломе детали эта зона хорошо просматривается визуально и имеет теоретически известную твердость.

Если диаметр образца больше критического диаметра, то в центре образца образуется незакаленная зона. Закаленная зона образца вблизи поверхности будет иметь структуру мартенсита. В сердцевине появляется структура полумартенсита, троостита и сорбита. Незакаленная зона имеет структуру перлит — феррит (в зависимости от массовой доли углерода).

Глубина прокаливания образцов во многом зависит от охладителя. Например, при закалке в воде глубина прокаливания больше, чем при закалке в масле, поскольку вода обеспечивает большую скорость охлаждения образцов. Прокаливаемость является важнейшим свойством стали, которое во многом определяет качество изделий.

Прокаливаемость и закаливаемость материалов могут быть определены различными методами:

- по структуре излома;
- измерением твердости твердомером типа ТК в нескольких точках поперечного сечения образца от поверхности до середины;
- методом торцевой закалки.

По структуре излома образца можно непосредственно определить глубину прокаливаемости высокоуглеродистой инструментальной стали. Для этого после высокого отпуска изготавливают образцы квадратного или круглого сечения диаметром 21 ... 23 мм, длиной 100 мм. В центре образцов делается надрез глубиной 5 ... 7 мм. Готовые образцы закалывают при температурах 760; 800;

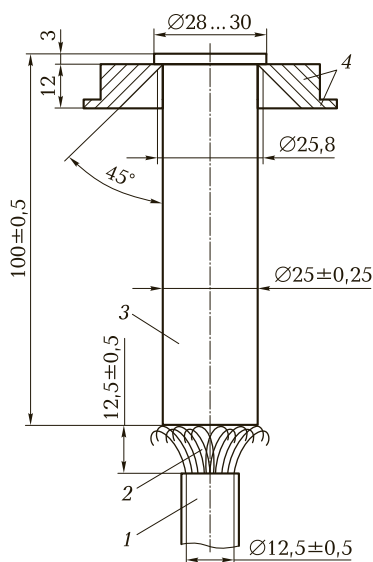


Рис. 22.1. Схема торцевой закалки:
 1 — сопло; 2 — струя охлаждающей жидкости; 3 — образец; 4 — держатель

840 °С. После закалки производят разрушение образцов на маятниковых копрах или прессах. По состоянию и виду излома определяют глубину прокаливаемости или непрокаливаемости незакаленного слоя, перегрев или наличие закалочных трещин. По излому образцов можно определить структуру закалки: мартенсит, полумартенсит, троостит, сорбит или незакаленную зону (перлит или феррит — перлит).

Метод торцевой закалки является стандартным методом определения прокаливаемости стали, при котором с достаточной точностью можно установить критический диаметр и соответственно глубину прокаливания образца (ГОСТ 5657—69 «Сталь. Метод испытания на прокаливаемость»).

Сущность метода исследований заключается в следующем. При торцевой закалке образец, нагретый до закалочной температуры, подвешивают на держателе (рис. 22.1) и струей воды с торца (снизу вверх) охлаждают до нормальной температуры. На снятом образце шлифуют полоски с противоположных сторон на глубину $(0,5 \pm 0,4)$ мм и определяют твердость поверхности вдоль образца. Поскольку по мере удаления от торца скорость охлаждения уменьшается, будет меняться структура и уменьшаться твердость поверхности образца.

Для обеспечения единства измерений при определении прокаливаемости стали необходимо изготовить установку и образец в

точном соответствии с размерами, указанными на чертеже. Кроме того, нужно соблюдать ряд других требований:

- высота свободной струи воды (65^{+5}) мм должна быть постоянной и в процессе работы омыwać только торец образца;
- время нагрева до температуры закалки ($\pm 5^\circ\text{C}$) должно составлять 30...50 мин;
- время установки образца до его охлаждения после нагрева должно быть не более 5 с, образец должен охлаждаться не менее 10 мин, температура охлаждающей воды — 5...25 $^\circ\text{C}$.

Измерение твердости HRC шлифованной поверхности площадок начинается от закаленного торца в осевом направлении с интервалом 1,5 мм. Производится до 16 замеров, последующие замеры выполняются с интервалом 3 мм. При повторении значений твердости измерение можно закончить. Места замеров обозначают при помощи приспособлений или линейки.

В промышленных условиях прокаливаемость стали характеризуется марочной полосой прокаливаемости, построенной по результатам нескольких плавок (рис. 22.2) или выражается индексом (цифровыми показателями).

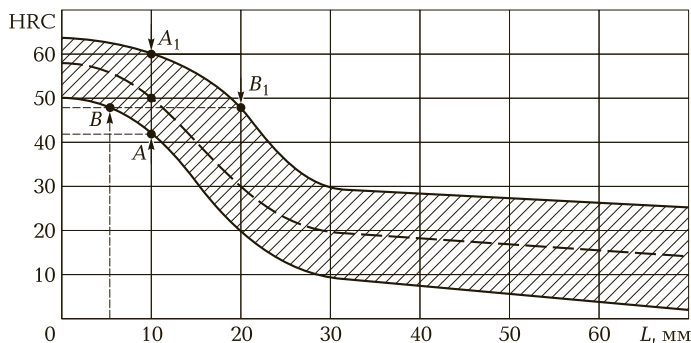


Рис. 22.2. Марочная полоса прокаливаемости:

--- — кривая прокаливаемости; — полоса прокаливаемости; HRC — твердость по Роквеллу; L — расстояние от торца образца; A, A_1 — точки, соответствующие минимальному и максимальному значению твердости на заданном расстоянии от охлажденного торца образца; B, B_1 — точки, соответствующие минимальному и максимальному расстоянию от охлажденного торца образца с заданной твердостью

При проведении лабораторных работ с достаточной точностью о прокаливаемости образцов из углеродистой стали можно судить по кривой прокаливаемости, построенной по замерам твердости с торцевой стороны образца.

ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для проведения лабораторно-практической работы необходимы:

- установка для проведения испытаний;
- муфельная печь;
- стандартные образцы из углеродистой нормализованной стали марок 10, 45, У7 (по одному образцу);
- твердомер типа ТК;
- секундомер;
- термометр;
- клещи, защитные очки, рукавицы.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучите правила безопасного проведения работы.
2. Последовательно нагрейте до закалочной температуры стандартные образцы и после подвешивания на держателе установки произведите их торцевую закалку с охлаждением струей холодной воды (охлаждение производят снизу вверх). В случае отсутствия стандартной установки для проведения испытаний нагретые образцы захватывают клещами и торцом помещают в охлаждающую жидкость (воду) и выдерживают до полного охлаждения.
3. Отшлифуйте образцы с обеих сторон площадки (при обильном охлаждении водой) на глубину $(0,5 \pm 0,4)$ мм.
4. Произведите замеры твердости HRC вдоль каждого образца вначале через 1,5 мм, а затем через каждые 3 мм. Закончите замеры, когда твердость при замерах будет оставаться постоянной.

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование, материалы и образцы. Результаты

Таблица 22.1. Результаты исследования прокаливаемости стали методом торцевой закалки

Номер образца	Марка стали	Твердость HRC до закалки	Твердость HRC на расстоянии от закаливаемого торца, мм														
			1,5	3,0	4,5	6,0	7,5	9,0	10,5	12,0	15,0	18,0	21,0	24,0	27,0		
1	10																
2	45																
3	У7																

исследований оформите в виде в табл. 22.1. Проанализируйте полученные результаты и сделайте вывод о зависимости глубины прокаливаемости стали и ее твердости от содержания углерода.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Изменяется ли твердость по длине образца № 1 при торцевой закалке и почему это происходит?
2. Как определить глубину прокаливания по результатам замеров твердости?
3. Почему твердость образца № 3 отличается от твердости образца № 2?
4. Что подразумевают под закаляемостью стали?
5. Дайте определение критическому диаметру закалки.

ЗАКАЛКА И ОТПУСК КОНСТРУКЦИОННЫХ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

Цель работы — изучение влияния закалки и отпуска на механические свойства конструкционных и инструментальных сталей, приобретение практических навыков проведения операции закалки и отпуска углеродистой стали (работа выполняется в учебной слесарной мастерской на уроках производственного обучения).

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Закалка и отпуск, как и другие виды термической обработки металлов и их сплавов, основаны на аллотропных превращениях кристаллических веществ в твердом состоянии. Несмотря на то что термическая обработка является характерным и хорошо изученным процессом, влияние различных факторов (химический состав, примеси, форма изделия и др.) могут привести к ощутимым отклонениям от ожидаемого результата. Поэтому иногда прибегают к пробным операциям. Сталь некоторых марок закалке не подвергают, например углеродистую конструкционную сталь обыкновенного качества.

Процесс термической обработки состоит из нагрева до определенной температуры, выдержки при этой температуре и охлаждения с заданной скоростью обрабатываемого изделия. Режимы всех технологических операций термической обработки тесно связаны с химическим составом материала изделия и теми параметрами, которые необходимо получить в результате обработки.

Дозвлектоидную сталь (с содержанием углерода 0,3...0,8 %) при закалке нагревают на 30...50 °С выше критической температуры A_{c3} для полного растворения феррита в аустените. Интервалы

температур нагрева стали для разных видов термической обработки представлены на диаграмме состояния сплава системы железо — цементит (рис. 23.1).

Заэвтектоидную сталь (с содержанием углерода более 0,8 %) нагревают до температуры выше A_{c1} на 30... 50 °С. Нагрев до температур выше температур, соответствующих линии SE (A_{cm}), приводит к уменьшению твердости стали.

Скорость нагрева выбирают исходя из типа нагревательного устройства, массы, химического состава, формы, размеров детали и температуры нагрева.

Выдержка после нагрева до определенной температуры производится для ее выравнивания по всему сечению и завершения

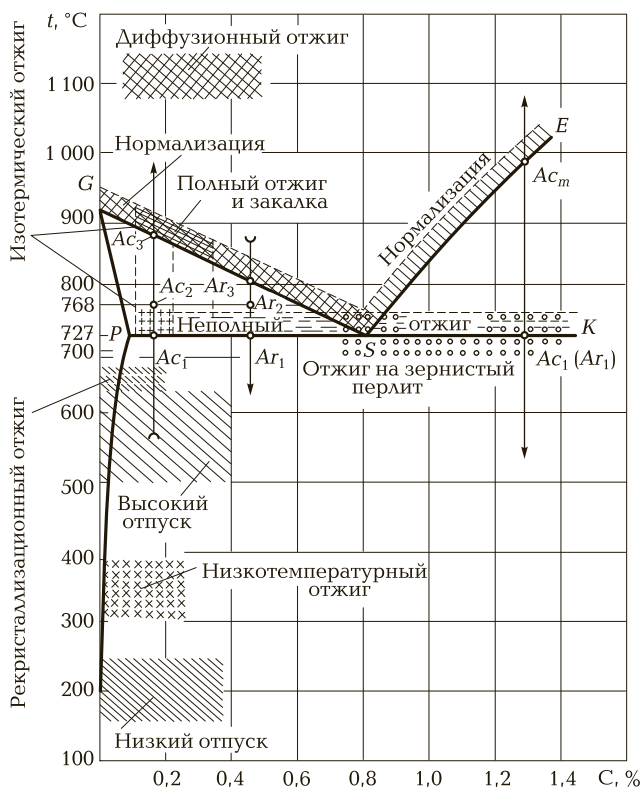


Рис. 23.1. Часть диаграммы состояния сплавов системы железо — цементит, относящаяся к стали, с интервалами температур для термической обработки

Таблица 23.1. Ориентировочное время нагрева изделий в различных печах

Тип печи, жидкой ванны	Температура печи, °С	Время нагрева изделия, с, из расчета на 1 мм диаметра или толщины		
		круглого сечения	квадратного сечения	прямоугольно- го сечения
Электропечь	800	45... 50	55... 60	70... 75
Электропечь	900	40... 45	50... 55	65... 70
Соляная ванна	800	12... 15	15... 18	18... 22
Свинцовая ванна	800	6... 8	8... 10	10... 12
Соляная ванна	1 300	6... 8	8... 10	10... 12

структурных превращений. Время нагрева в печи для полного прогрева деталей при закалке приведено в табл. 23.1.

По цвету каления (цвет стенок печи и деталей при нагревании) можно примерно определить температуру. Например, для температуры закалки 780... 830 °С цвет деталей будет светло-вишневый, для температуры 830... 900 °С — красный.

По цвету побежалости (цвет стенок печи и деталей при охлаждении) определяют температуру деталей для отпуски.

Цвета каления и побежалости

<i>Цвет каления</i>	<i>Температура, °С</i>	<i>Цвет побежалости</i>	<i>Температура, °С</i>
Темно-коричневый	530... 80	Светло-желтый	220
Коричнево-красный ..	580... 50	Соломенно-желтый	240
Темно-красный	650... 750	Коричнево-желтый	255
Темно-вишневый,		Красно-коричневый	265
темно-красный	730... 770	Пурпурно-красный	275
Вишнево-красный	770... 800	Фиолетовый	285
Светло-вишнево-		Васильково-синий	295
красный	800... 830	Светло-синий	315
Светло-красный	830... 900	Серый	330
Оранжевый	900... 1 050		
Темно-желтый	1 050... 1 150		
Светло-желтый	1 150... 1 250		
Ярко-белый	1 250... 1 300		

Скорость охлаждения при закалке имеет решающее значение в получении необходимых механических, технологических и других свойств.

Закалка не является окончательной операцией термической обработки, так как она не полностью реализует возможности получения нужных структур и связанных с ними свойств материала. После закалки материалы имеют повышенную хрупкость. Для создания устойчивой структуры с необходимыми свойствами, а также для уменьшения или снятия внутренних напряжений проводится низкий, средний или высокий отпуск изделия. От правильного выполнения отпуска в значительной степени зависит качество закаленной детали.

Низкому отпуску (нагрев до температуры 150...250 °С) подвергают режущий инструмент и изделия, которым необходима высокая твердость. В результате получается структура — мартенсит отпуска. При низком отпуске снижаются внутренние напряжения, сохраняется высокая твердость, увеличивается вязкость. Время отпуска — 1...2,5 ч, охлаждение — на воздухе.

Средний отпуск производится при температуре 350...450 °С. Структура стали представляет собой троостит отпуска, имеющий зернистое строение. Происходит некоторое снижение твердости при значительном увеличении предела упругости и сопротивляемости ударным нагрузкам. Средний отпуск применяют для обработки пружин, рессор, ударного инструмента.

Высокий отпуск производится при температуре 550...650 °С. Структура стали — сорбит отпуска с зернистым строением цемента, который создает оптимальные свойства для деталей из конструкционной стали, работающих при больших напряжениях и ударах: валов, шатунов, зубчатых колес. Микроструктура стали в закаленном состоянии представлена на рис. 23.2.

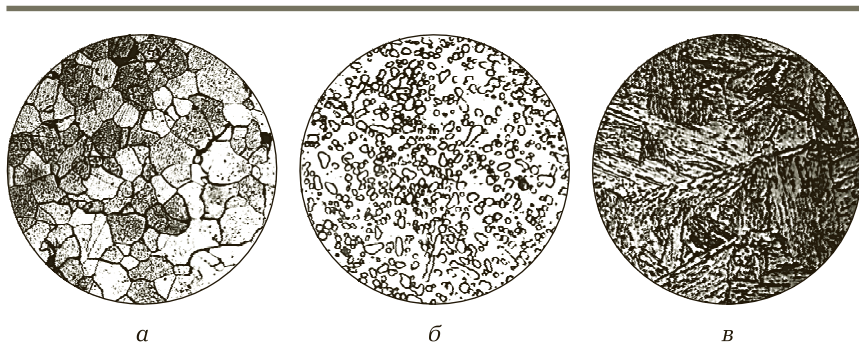


Рис. 23.2. Микроструктура углеродистой стали после закалки:
а — сорбит; б — троостит; в — мартенсит

Таблица 23.2. Ориентировочные режимы термической обработки и получаемые механические свойства углеродистой конструкционной качественной стали

Марка стали	Температура нагрева для заковки, °С	Охлаждающая среда	Температура отпуска, °С	Твердость HRC после заковки и отпуска
35	840...880	Вода	300...400	50...41
			400...500	41...31
			500...600	31...23
40	820...860	Вода	200...300	52...48
			300...400	48...41
			400...500	41...33
			500...600	33...22
45	810...840	Вода	200...300	54...50
			300...400	50...41
			400...500	41...33
			600...700	33...22
50	800...840	Вода	180...200	55...50
			380...400	48...40
			500...550	33...24
			560...620	24...20
60	785...820	Вода — масло	400	40...35
			550...620	24...18
70	770...815	Вода — масло	400	46...39
			610...670	27...22

Ориентировочные режимы термической обработки и получаемые в результате механические свойства стали представлены в табл. 23.2.

Сущность метода выбора режимов термической обработки заключается в определении цели термической обработки (заковка, отпуск, отжиг, нормализация), значений температуры нагрева времени выдержки при выбранной температуре до полного прогрева деталей и последующего охлаждения:

- для закалки — быстрое (в воде или масле);
- для отпуска — медленное (на воздухе);
- для отжига — медленное (вместе с печью);
- для нормализации — медленное (на воздухе).

ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для проведения лабораторно-практической работы необходимы:

- муфельная печь;
- твердомер Роквелла типа ТК;
- образцы для закалки:
 - зубило из стали марки У7;
 - молоток из стали марки У8;
 - втулка из стали марки 45;
- напильники;
- сосуды с охлаждающей жидкостью (водой и маслом);
- слесарные тиски.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучите инструкцию по охране труда при проведении термической обработки стали.

2. Определите твердость образцов до закалки на твердомере (при отсутствии твердомера определите относительную твердость образца путем опилования напильником).

3. По табл. 23.2 выберите температуру нагрева каждого образца для закалки и отпуска.

4. Поместите образцы в муфельную печь, настроив потенциометр на заданную температуру. Включите печь. Следите за цветом нагрева стенок печи. Когда печь прогреется до требуемой температуры вместе с образцами, цвет стенок печи и образцов будет одинаковым.

5. Охладите деталь после нагрева до требуемой температуры погружением в воду.

6. Измерьте твердость по методу Роквелла или сделайте контрольное опилование деталей напильником.

7. Выберите вид отпуска, нагрейте до требуемой температуры и охладите на воздухе. Сделайте контрольный замер твердости на приборе или опилованием напильником.

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование, материалы и образцы. Температуру нагрева для закалки и отпуска, время нагрева и отпуска каждого образца, а также твердость до и после термической обработки занесите в табл. 23.3.

Таблица 23.3. Результаты термической обработки деталей и инструмента

Образец	Марка стали	Твердость HRC до закалки	Температура нагрева, °C	Время нагрева, мин	Способ охлаждения	Твердость HRC после закалки	Температура отпуска, °C	Твердость HRC после отпуска	Предполагаемая микроструктура
Зубило (сырое)	У7								
Молоток (сырой)	У8								
Втулка (сырая)	45								

Охарактеризуйте изменение механических свойств деталей в процессе обработки.

По результатам работы сделайте выводы о полученных микроструктурах стали и укажите их в табл. 23.3.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите виды термической обработки и дайте им краткую характеристику.
2. Какая операция производится после закалки деталей и инструмента?
3. Перечислите виды отпуска и дайте им характеристику.
4. Охарактеризуйте структуру закалки.
5. С какой целью после закалки выполняют отпуск?
6. Какие виды отпуска применяют для инструмента, деталей машин, пружин?

ЦЕМЕНТАЦИЯ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

Цель работы — изучение процесса цементации углеродистой стали, микроструктуры цементованного слоя и его свойств, приобретение навыков проведения технологического процесса цементации углеродистой стали.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Цементация — это процесс науглероживания поверхностного слоя изделия путем нагрева без доступа воздуха при температуре выше критической температуры A_{c3} в среде карбюризатора.

Карбюризатор — это твердое, газообразное (иногда жидкое) вещество, способное при определенных условиях отдавать (диффундировать) углерод другому веществу.

Диссоциация — это выделение атомов химических элементов (металлов и неметаллов), способных растворяться в металлах и сплавах путем диффузии.

Адсорбция — это поглощение вещества из газовой или жидкой среды поверхностным слоем твердого тела или жидкости.

Диффузия — это взаимное проникновение газов, жидкостей и твердых тел друг в друга, ведущее к выравниванию их концентрации. Диффузия происходит без воздействия внешних сил вследствие молекулярного движения.

Цементация наряду с азотированием, цианированием и другими видами химико-термической обработки широко применяется в машиностроении, позволяет получать высокую твердость поверхностного слоя изделий при сохранении мягкой и вязкой сердцеви-

ны. Такие изделия имеют повышенную износостойкость, высокий предел усталости и хорошо воспринимают ударные нагрузки (валы, оси, зубчатые колеса, пальцы, кулачки и др.). Цементацию изделий проводят в среде карбюризатора, при нагреве которого до температуры 950...1 000 °С выделяющийся атомарный углерод активно внедряется в аустенит поверхностного слоя изделия. При этом происходят последовательно три стадии физико-химических процессов: диссоциация, адсорбция и диффузия атомарного углерода в цементуемую поверхность стали.

Оптимальное содержание углерода в поверхностном слое доводят до 1 %. При меньшей концентрации дальнейшая операция — закалка изделия, сопутствующая цементации, не дает достаточной твердости, а при содержании углерода более 1 % поверхностный слой получается относительно хрупким. Процесс цементации проводят в твердом или газообразном карбюризаторах. Процесс газовой цементации значительно производительнее, имеет низкую стоимость и его легче автоматизировать. Глубина цементации углеродистой стали достигает 2 мм с постоянным уменьшением концентрации углерода от цементуемой поверхности к центру. Вследствие этого твердость поверхности после термической обработки меняется от 62 HRC до твердости нецементуемого материала.

На рис. 24.1 показана микроструктура незакаленного цементованного поверхностного слоя низкоуглеродистой стали толщиной примерно 1,5 мм. При увеличении микроструктуры в 600 раз довольно четко различаются три зоны, разделенные прямыми линиями:

- заэвтектоидная — прилегающая к поверхности, состоит из перлита и цементита (более 0,8 % углерода);

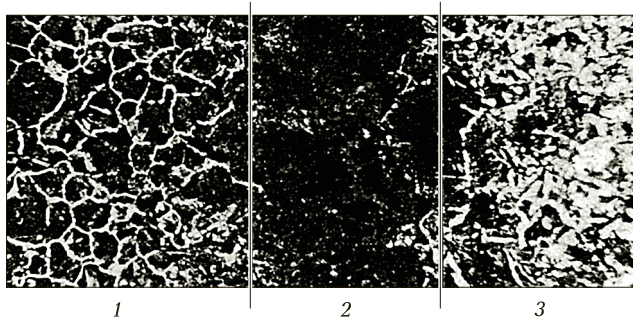


Рис. 24.1. Микроструктура цементованного слоя:

1 — заэвтектоидная зона (перлит и цементит); 2 — эвтектоидная зона (перлит); 3 — доэвтектоидная зона (перлит, цементит и феррит)

- эвтектоидная — перлит (примерно 0,8 % углерода);
- доэвтектоидная — перлит, цементит и феррит (менее 0,8 % углерода).

В глубь материала содержание углерода уменьшается до исходного значения перед цементацией.

Возможные дефекты цементации:

- разъедание поверхностного слоя солями сульфата бария;
- пониженная массовая доля углерода в цементованном слое;
- обезуглероживание, происходящее в процессе охлаждения из-за трещин и прогарах в цементационных ящиках;
- неравномерная глубина цементованного слоя в связи с перепадами температур в печи;
- углеродное пресыщение в цементованном слое, происходящее при нарушении температурного и временного режимов, а также из-за высокого содержания карбонатов в карбюризаторе;
- малая глубина цементованного слоя при низких температурах и недостаточных выдержках;
- внутреннее окисление, происходящее при газовой цементации из-за высокого содержания кислорода в атмосфере печи.

Исправление дефектов возможно путем дополнительной нормализации и последующей химико-термической обработки.

Сущность метода испытания заключается в нагреве образцов в карбюризаторе в целях насыщения поверхностного слоя образцов углеродом.

В специальный ящик насыпают слой карбюризатора, на него помещают испытываемые образцы, которые сверху засыпают карбю-

Таблица 24.1. Ориентировочная общая продолжительность, ч, цементации при температуре 900...950 °С

Наименьший размер сечения ящика, мм	Глубина цементованного слоя, мм							
	0,2	0,5	0,7	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4
100	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	7,5	8,0	8,5
150	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5
200	4,6	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5
250	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5

ризатором. Ящик закрывают крышкой, в которую вставляют контрольный образец. Крышку ящика герметизируют специальной обмазкой. Затем ящик нагревают в печи до определенной температуры. Продолжительность цементации при температуре 900...950 °С в ящиках с наименьшим сечением приведена в табл. 24.1.

ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для проведения лабораторно-практической работы необходимы:

- муфельная печь с регулятором для установки температуры нагрева;
- металлический цементационный ящик (рис. 24.2);
- часы;
- три образца из низкоуглеродистой стали марки 10 или 15 диаметром 10 или 15 мм, длиной 30...50 мм (образцы пронумеровать);
- твердомер типа ТП или ПМТ-3;
- карбюризатор (85 % древесного угля и 15 % карбоната натрия);
- герметизирующая обмазка (две части огнеупорной глины и одна часть кварцевого песка).

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучите инструкцию по охране труда при проведении технологических операций цементации и закалки.

2. Засыпьте карбюризатор в цементационный ящик, одновременно укладывая образцы № 1 и 3 с учетом их равноудаленности друг от друга и стенок ящика. Вставьте в крышку образец № 2, как показано на рис. 24.2. Для герметизации произведите обмазку

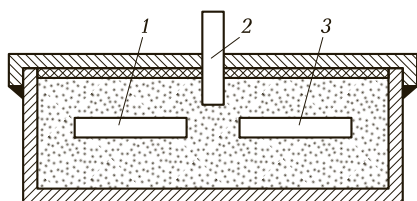


Рис. 24.2. Цементационный ящик с образцами:

1, 3 — образцы для цементации; 2 — образец для контроля глубины цементации

крышки ящика и образца № 2 огнеупорным составом (две части огнеупорной глины и одной части песка).

3. Нагрейте ящик в печи до температуры 950 °С и выдержите заданное время (1 ... 2 ч) в зависимости от сечения ящика (см. табл. 24.1).

4. Извлеките ящик из печи и быстро охладите контрольный образец № 2 в воде. Определите твердость обоих концов образца на твердомере типа ТП или ПМТ-3. Охладите ящик до комнатной температуры, выньте из ящика образцы № 1 и 3.

5. Определите твердость образцов № 1 и 3.

6. Нагрейте образцы № 1 и 3 до температуры закали и охладите в воде.

7. Определите твердость образцов № 1 и 3 после их охлаждения.

8. Произведите отпуск образцов № 1, 2, 3 при температуре 150 °С и после охлаждения измерьте их твердость.

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование, материалы и образцы. Исходные данные, режимы и результаты химико-термической и термической обработки оформите в виде табл. 24.2.

Таблица 24.2. Результаты цементации и последующей закали стали

Исходные данные			Режим цементации		Твердость НРС после цементации	Режим закали		Твердость НРС после закали	Температура отпуска, °С	Твердость НРС после отпуска
Номер образца	Марка стали	Твердость НРС до цементации	Температура, °С	Время выдержки, ч		Температура, °С	Охлаждающая среда			
1			950	2		—	Вода		150	
2			950	2		820	Вода		150	
3			950	2		820	Вода		150	

Проанализируйте изменение твердости стали после каждого вида термической обработки.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется химико-термической обработкой?
2. В чем заключается сущность цементации?
3. На какую максимальную глубину в детали происходит насыщение углерода?
4. Какие стали подвергают цементации?
5. Как изменяется структура стали после цементации?
6. Какой операции подвергают детали после цементации?

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОСТИ, АБРАЗИВНОЙ СПОСОБНОСТИ И НЕУРАВНОВЕШЕННОСТИ АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА

Цель работы — изучение метода определения твердости, абразивной способности и неуравновешенности абразивного инструмента, приобретение навыков выбора абразивного материала и инструмента в зависимости от технологических условий.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Широкое внедрение современных технологических процессов обеспечивает точность обработки, качество поверхности, соблюдение технических условий, регламентирующих форму, размеры, допуски и посадки деталей, механизмов и инструмента. На основе научных достижений успешно развивается инструментальная промышленность, совершенствуется технология шлифования, полирования, хонингования, суперфиниширования, заточки, доводки деталей и инструмента. Для этого промышленность идет по двум направлениям: производство новых инструментальных материалов и инструментов; совершенствование технологии обработки.

Важным этапом технологического процесса производства конкурентноспособной продукции является абразивная обработка с использованием современных абразивных материалов и инструмента. К **абразивным материалам** относятся как естественные материалы (алмаз, гранат, корунд, наждак и др.), так и искусственные материалы (искусственный алмаз, карбид бора, карбид кремния, электрокорунд, кубический нитрид бора и др.). Искусственные материалы обладают более высокими режущими свойствами.

Из абразивных материалов для шлифования, полирования и других доводочных операций производят различные пасты, порошки, суспензии, шкурки и большую группу абразивного инструмента (шлифовальные круги, бруски, сегменты, отрезные диски и др.).

Все абразивные материалы и инструменты стандартизированы, что обеспечивает единые требования в производстве абразивных материалов, инструмента и технологических процессов.

При проведении лабораторно-практических работ по изучению свойств абразивных материалов и характеристик абразивного инструмента следует руководствоваться следующими стандартами:

- ГОСТ 3647—80 «Материалы шлифовальные. Классификация. Зернистость и зерновой состав. Методы контроля»;
- ГОСТ 21963—2002 «Круги отрезные. Технические условия»;
- ГОСТ 3060—86 «Круги шлифовальные. Допустимые неуравновешенные массы и метод их измерения»;
- ГОСТ Р 52710—2007 «Инструмент абразивный. Акустический метод определения твердости и звуковых индексов по скорости распространения акустических волн»;
- ГОСТ 30513—97 «Инструмент абразивный и алмазный. Методы испытания на безопасность»;
- ГОСТ 27595—88 «Материалы шлифовальные и инструменты абразивные. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение».

На качество шлифования металлов, их сплавов, других материалов и изделий из них, а также на стойкость абразивного инструмента при различных технологических операциях влияют характеристики выбранного и используемого абразивного инструмента. Абразивный инструмент характеризуется такими показателями как твердость, абразивная способность и неуравновешенность.

Твердость — это способность одного тела оказывать сопротивление проникновению (резанию или царапанию) в него другому телу.

Абразивная способность — это отношение массы снятого металла к массе израсходованного шлифовального материала (абразивного порошка).

Неуравновешенность абразивного инструмента — это дисбаланс, вызванный смещением массы абразивного инструмента относительно оси его вращения.

Каждый из перечисленных показателей влияет на качество абразивного инструмента.

Абразивный инструмент и материалы (бруски, сегменты, круги, порошки, пасты, шкурка и др.) по твердости подразделяют на несколько **групп**:

- ВМ1, ВМ2 — весьма мягкие;
- М1, М2, М3 — мягкие;
- СМ1, СМ2 — средне мягкие;
- С1, С2 — средние;
- СТ1, СТ2, СТ3 — средне твердые;
- Т1, Т2 — твердые;
- ЧТ1, ЧТ2 — чрезвычайно твердые.

От правильного выбора абразивного материала и инструмента по твердости зависит не только качество обрабатываемого изделия, но и сохранность самого инструмента.

При выборе абразивного инструмента и материала руководствуются следующим:

- мягкие и средне мягкие шлифовальные круги применяют для обработки твердых материалов, при повышенных скоростях шлифования, заточке инструмента и в других случаях;
- твердые шлифовальные круги применяют для шлифования мягких материалов (кроме алюминия, меди, свинца и некоторых марок легированной стали), шлифования неровных прерывистых поверхностей и правки абразивного инструмента.

Твердость абразивного инструмента (шлифовального круга) является важным фактором, определяющим его качество.

От абразивной способности зависит качество абразивного инструмента, которое в результате влияет на точность размеров изделий после шлифования и производительность труда. Абразивную способность A_c определяют по формуле

$$A_c = m_m / m_a, \quad (25.1)$$

где m_m — масса снятого металла, г; m_a — масса абразивного порошка (абразивного круга), израсходованного для шлифования (заточки) деталей и инструмента.

Абразивная способность A_c должна быть всегда больше единицы ($A_c > 1$), в противном случае абразивный инструмент применять технологически нецелесообразно.

Неуравновешенность абразивного инструмента отрицательно влияет на качество обработки поверхности, а также на быстрый выход из строя механизмов станка и самого абразивного инструмента.

Основными причинами неуравновешенности шлифовальных кругов являются следующие:

- неравномерный износ круга в процессе шлифования;
- смещение центра круга из-за зазора на посадочном отверстии;
- погрешность геометрической формы круга;
- неплотность структуры круга;
- дисбаланс массы круга относительно его оси вращения.

Согласно ГОСТ 3060—86 установлены допустимые параметры неуравновешенности шлифовальных кругов в зависимости от их диаметра и массы. Этим стандартом определены четыре класса неуравновешенности: 1, 2, 3 и 4. Например, для шлифовального круга массой 0,2 кг по 1-му классу допускается неуравновешенная масса 0,25 г, по 4-му классу — 12 г, для круга массой 6,3...8 кг по 1-му классу допускается неуравновешенная масса 14 г, по 4-му классу — 70 г. Неуравновешенность абразивного инструмента (шлифовального круга) зависит от его размеров и массы.

Для определения неуравновешенности проводят балансировку шлифовального круга на различных станках, стендах и балансировочных весах. На практике применяют следующие модели балансировочных станков: 9В725, 9710, ДБ-3 и др. Балансировочные станки и стенды позволяют с достаточной точностью проводить балансировку круга, что гарантирует качество шлифовальных работ, сохранность шлифовального оборудования и высокую производительность труда. Особенно высокую точность обеспечивают балансировочные станки с аэростатическими опорами и балансировочные весы.

При балансировке неуравновешенную массу компенсируют методом заливки свинца в секторные канавки, которые выполняют на торцевой части круга у посадочного отверстия. Другим методом компенсации неуравновешенности массы является инъекция аэрозолей, которая обеспечивает длительную уравновешенность и работу шлифовального круга.

Сущность метода испытания абразивного инструмента заключается в определении твердости, абразивной способности и неуравновешенности абразивного инструмента по методам, рекомендованным стандартами:

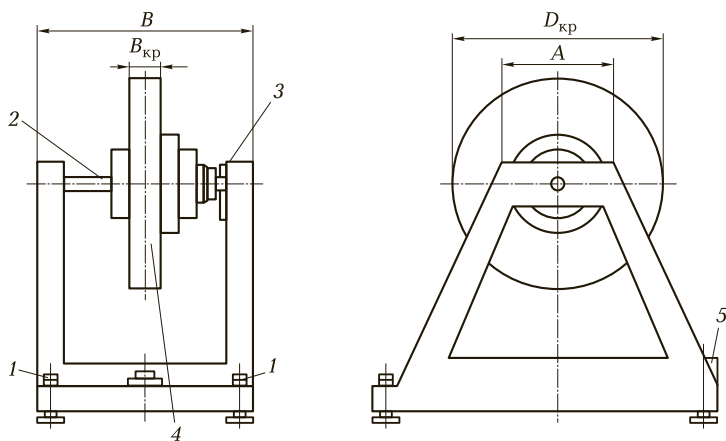


Рис. 25.1. Стенд для балансировки абразивного инструмента:

1 — регулировочные винты; 2 — вал; 3 — оправка; 4 — абразивный круг; 5 — уровень для установки горизонтальности; $B_{кр}$ — ширина круга; B — ширина станда; $D_{кр}$ — диаметр круга; A — ширина стойки станда

- определение твердости абразивного инструмента (шлифовального круга) по методу Роквелла, руководствуясь рекомендациями лабораторно-практической работы № 4;
- определение неуравновешенности (балансировка) на стендах (рис. 25.1) или балансировочных весах;
- определение абразивной способности абразивного инструмента (шлифовального круга).

ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для проведения лабораторно-практической работы необходимы:

- заточный станок;
- три шлифовальных круга и один отрезной круг (с различной твердостью, структурой и классом неуравновешенности);
- твердомер Роквелла типа ТК;
- балансировочный стенд;
- балансировочные веса.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучите инструкцию по охране труда при работе с абразивным инструментом, на балансировочном стенде и с балансировочными весами, абразивные инструменты и их маркировку, устройство балансировочного стенда.

2. Измерьте твердость абразивного инструмента на твердомере Роквелла.

3. Выполните на балансировочном стенде и балансировочных весах балансировку абразивного инструмента.

4. Определите абразивную способность кругов:

- установите новый шлифовальный круг на заточный станок, предварительно взвесив его массу и замерив твердость;
- подберите образцы деталей из сырой стали (обработанные поковки зубила, молотка и др.);
- установите на заточный круг опилкоуловитель (вакуумный насос или магнитный уловитель);
- заточите на заточном станке одним алмазным кругом 30 зубил;
- соберите опилки и с помощью магнита отсортируйте металлические частицы;
- взвесьте опилки;
- снимите круг с заточного станка и взвесьте его массу;
- определите абразивную способность круга по формуле (25.1).

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование и материалы. Результаты измерения твердости абразивного инструмента оформите в виде табл. 25.1. Укажите, какой инструмент будет иметь бóльшую твердость. Обоснуйте свой ответ.

Массу и дисбаланс абразивного инструмента занесите в табл. 25.2. Определите класс неуравновешенности инструмента, проанализируйте данные и сделайте вывод, какой инструмент обладает наибольшей неуравновешенностью. Обоснуйте свой ответ.

Таблица 25.1. Результаты испытаний по определению твердости абразивного инструмента по методу Роквелла

Вид абразивного инструмента	Марка абразивного инструмента	Твердость HRC

Таблица 25.2. Результаты испытаний по определению неуравновешенности абразивного инструмента

Вид абразивного инструмента	Марка круга	Масса круга	Дисбаланс круга	Класс неуравновешенности

Таблица 25.3. Результаты испытаний по определению абразивной способности абразивного инструмента

Вид абразивного инструмента	Масса круга до шлифования	Масса круга после шлифования	Масса снятого металла	Абразивная способность A_c

Результаты измерений для определения абразивной способности абразивного инструмента (массы круга до и после шлифования, массу снятого металла) оформите в виде табл. 25.3. Укажите, какой абразивный инструмент обладает наибольшей абразивной способностью. Обоснуйте свой ответ.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте классификацию и характеристику твердости абразивного инструмента. Как обозначается твердость абразивного инструмента?
2. Дайте определение неуравновешенности абразивного инструмента.
3. Назовите классы неуравновешенности.
4. Как устраняется неуравновешенность абразивного инструмента?
5. Что такое абразивная способность и как ее определяют?

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА ПО МАРКИРОВКЕ

Цель работы — приобретение навыков определения характеристик абразивного инструмента по маркировке, выбора шлифовального круга (диска) для выполнения конкретной технологической операции шлифования (заточки) конструкционного материала.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Абразивный инструмент состоит из абразивного материала (наполнителя) и связки. Материал имеет определенную твердость и зернистость, абразивный инструмент — точность и неуравновешенность. В зависимости от характеристик абразивного инструмента устанавливается главный показатель абразивного инструмента — допускаемая рабочая (окружная) скорость. Все показатели абразивного инструмента содержатся в его маркировке.

Например, данные в **маркировке абразивного инструмента** 10 Б 250×25×32 14А 12 ВМ 6 35 Б 3 ГОСТ Р 52781—2007 обозначают следующее:

- 10 — тип шлифовального круга — круг с двусторонней выточкой и ступицей;
- Б — тип связки — бакелитовая;
- 250 × 25 × 32 — размеры круга: наружный диаметр 250 мм, высота 25 мм, диаметр посадочного отверстия 32 мм;
- 14А — шлифовальный материал — нормальный электрокорунд;

- 12 — зернистость — мелкая;
- ВМ — твердость — весьма мягкая;
- 6 — структура — средняя;
- 35 — допускаемая рабочая скорость — 35 м/с;
- Б — класс точности;
- 3 — класс неуравновешенности;
- ГОСТ Р 52781—2007 — обозначение нормативно-технической документации.

Кроме того, на абразивном инструменте проставляют знаки безопасности по ГОСТ Р 12.4.026—2001 «Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний», назначение круга (для камня, металла и т. д.) и название предприятия-изготовителя. Примеры маркировки абразивного инструмента представлены на рис. 26.1.

Характеристика абразивного инструмента представлена в табл. 26.1.

Сущность лабораторно-практической работы заключается в том, что по предложенному абразивному инструменту, его маркировке нужно охарактеризовать абразивные инструменты.



Рис. 26.1. Примеры маркировки абразивного инструмента, выпускаемого иностранными (а) и отечественными предприятиями (б)

Таблица 26.1. Характеристика абразивного инструмента

Показатель	Обозначение
Тип инструмента	<p><i>Круги:</i></p> <p>1 (ПП) — прямого профиля 2 (К) — кольцевой 3 (ЗП) — конического профиля 5 (ПВ) — с выточкой 6 (ЧЦ) — чашечный цилиндрический 7 (ПДВ) — с двусторонней выточкой 10 (ПДВС) — с двусторонней выточкой и ступицей 11 (ЧК) — чашечный конический 12 (Т) — тарельчатый 4ТП, 5ТП, 6ТП, 27 (5П) — с утопленными центрами</p> <p>1 (Д) — отрезные диски</p> <p><i>Сегменты:</i></p> <p>1С — выпукло-вогнутые 3С — выпукло-плоские 4С — плосковыпуклые 5С — трапецеидальные 6С — для шлифования полов 7С — для плоского шлифования 9С — для шлифования рельсов СП — для плоского шлифования</p>
Вид связки	<p>Б — бакелитовая К — керамическая М — металлическая</p>
Размеры	<p>Д — наружный диаметр Т — высота М — диаметр посадочного отверстия</p>
Шлифовальный материал (наполнитель)	<p>14А — нормальный электрокорунд 25А — белый электрокорунд 38А — циркониевый электрокорунд 93А, 94А, 95А, 96А — хромотитанистый электрокорунд 53С, 54С — черный карбид кремния 63С, 64С — зеленый карбид кремния</p>
Зернистость	<p>320, 250, 160, 125, 100, 80, 63 — крупная 50, 40, 32, 25, 20, 16 — средняя 12, 10, 8, 6 — мелкая 5, 4, 3, М63, М50, М40, М28 — тонкая</p>

Показатель	Обозначение
Твердость	ВМ — весьма мягкая М1, М2, М3 — мягкая СМ1, СМ2 — средне мягкая С1, С2 — средняя СТ1, СТ2, СТ3 — средне твердая ЧТ — чрезвычайно твердая
Структура	1; 2; 3; 4 — плотная 5; 6; 7 — средняя 8; 9; 10 — открытая 11; 12 — высокопористая
Допускаемая рабочая скорость, м/с	20; 25; 30; 40; 50; 60; 80
Класс точности	АА, А, Б
Класс неуравновешенности	1; 2; 3; 4
Нормативно-техническая документация	ГОСТ 3647—80; ГОСТ 21963—2002; ГОСТ 2464—82; ГОСТ 52781—2007; ГОСТ 2456—82; ТУ 2-036—701—88; ТУ 2-036-718—88; ТУ Р 2-036-717—77; ТУ 2-036-820—79; ТУ 2-036-968—85; ТУ 2-036-1027—88; ОСТ 2-И70-8—87; ОСТ 2-И70-3—92

ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для выполнения лабораторно-практической работы необходимы маркированные наборы абразивного инструмента:

- шлифовальный круг (ПП) 1 К 100 × 63 × 22 63С 50 М1 3 35 А 4 ГОСТ Р 52781—2007;
- шлифовальный круг (ПДВ) К 7 150 × 133 × 32 54С 125 СМ 40 2 А 3 ГОСТ Р 52781—2007;
- шлифовальный круг (ПП) Б 1 115 × 2,5 × 22 54С 80 50 СТ 2 Б 2 ГОСТ 21963—2002;
- шлифовальный круг (ЧК) Б 11 125 × 63 × 32 38А 100 СМ 10 40 Б 2 ГОСТ Р 52781—2007;

- шлифовальный круг (ЧЦ) К 6 300 × 40 × 127 25А 25-Ст 1 12 35 Б 3 ГОСТ Р 52781—2007;
- отрезные круги, армированные стеклосеткой (ГОСТ 21963—2002);
- отрезные круги, армированные стеклосеткой (ГОСТ Р 52781—2007);
- шлифовальные сегменты 1С, 3С, 4С, С, СП;
- шлифовальные бруски БП, БКВ.

Примечание. Преподавателем могут быть предложены другие абразивные инструменты.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучите инструкцию по охране труда при работе с абразивным инструментом.
2. Ознакомьтесь с абразивным инструментом и его маркировкой. Охарактеризуйте абразивный инструмент.

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемые образцы. Характеристики абразивного инструмента оформите в виде табл. 26.2.

Таблица 26.2. Характеристика абразивного инструмента														
Номер инструмента	Тип инструмента	Связка	Размеры, мм			Шлифовальный материал	Зернистость	Твердость	Структура	Допускаемая рабочая скорость, м/с	Класс точности	Класс неуравновешенности	Нормативно-техническая документация	Назначение
			Д	Т	М									

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите и кратко охарактеризуйте материалы, применяемые в качестве наполнителя абразивного инструмента.
2. Дайте краткую характеристику зернистости абразивных материалов.
3. Перечислите и охарактеризуйте структуры абразивного инструмента.
4. Укажите значения допускаемой рабочей скорости при шлифовании.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ДРЕВЕСИНЫ

Цель работы — приобретение навыков в определении качества древесины по содержанию поздней и ранней древесины в годичном слое.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Одним из основополагающих признаков потребительских свойств пиломатериала (древесины) является его качество. Качество пиломатериала определяется по содержанию поздней древесины в годичных слоях, отсутствию пороков, гнили, выпадающих сучков, поражения грибами и другим отрицательным свойствам, ограничивающим применение материала.

В процессе изготовления изделий из древесины, начиная от простых и сложных моделей для отливок и заканчивая элементарной упаковкой машиностроительного оборудования, необходимо уметь определять качество заготовок из древесины.

Для улучшения качества древесину подвергают сушке. Перед загрузкой в сушильную камеру производят **сортировку пиломатериала** по следующим параметрам:

- по положению распила в бревне (радиальный, полурадикальный и тангенциальный);
- порокам древесины (сучки, трещины усушки, метики, косослой и др.);
- массовой доле поздней древесины в годичном слое с учетом породы древесины.

После проведения сушки древесины в сушильной камере необходимо определить процентное содержание влаги в древесине. Свойства древесины, качество и технологичность определяются лабораторным путем.

Методы исследования свойств древесины регламентированы следующими стандартами:

- ГОСТ 16483.18—72 «Древесина. Метод определения числа годовичных слоев в 1 см и содержания поздней древесины в годовичном слое»;
- ГОСТ 16483.1—84 «Древесина. Метод определения плотности»;
- ГОСТ 16483.16—81 «Древесина. Метод определения ударной твердости»;
- ГОСТ 16483.7—71 «Древесина. Методы определения влажности»;
- ГОСТ 16483.37—88 «Древесина. Метод определения усушки».

Часть годовичного слоя, нарастающего во второй половине лета, образует позднюю древесину, которая имеет темный цвет, высокую плотность и твердость.

Качество древесины определяют по внешним признакам макроскопического строения: толщине годовичных слоев, их концентричности, содержанию поздней древесины, неровности и особенной кривизне (свилеватости).

Сущность метода определения качества древесины заключается в расчете основных показателей качества древесины: числа годовичных слоев на отрезке 1 см сечения и суммарного содержания поздней древесины на этом отрезке. Для разных пород древесины эти показатели качества приведены в табл. 27.1.

Число годовичных слоев в 1 см сечения и содержание поздней древесины определяют на образцах размерами $25 \times 25 \times 25$ мм. На торцевом срезе образца карандашом проводят линию поперек годовичных слоев длиной 20 мм. На этой линии ставят точки, расстояние между крайними слоями должно быть не менее $l = (20 \pm 0,5)$ мм. Далее подсчитывают число годовичных слоев N на отмеченном участке. Число целых годовичных слоев n в 1 см длины определяют по формуле

$$n = N/l, \quad (27.1)$$

где l — расстояние между крайними годовичными слоями на отмеченном отрезке, мм.

Таблица 27.1. Показатели качества древесины разных пород

Порода	Число годовичных слоев в 1 см	Содержание поздней древесины, %
Лиственница сибирская	13,5	29
Сосна обыкновенная	11,8	26
Ель обыкновенная	12,1	21
Пихта сибирская	4,5	24
Дуб	5,5	65
Бук	6,5	—
Береза	5,5	—
Осина	5,4	—

На участке длиной l с помощью микрометрической лупы в каждом годовичном слое измеряют толщину поздней древесины (темная часть) с точностью до 0,1 мм.

После измерения толщины поздней древесины в каждом годовичном слое проводят расчеты, определяя общую толщину на линейном отрезке всей поздней древесины. Суммируя величины каждого годового слоя на отмеченном расстоянии l , вычисляют массовую долю поздней древесины m , %, с точностью до 1 % по формуле

$$m = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_i}{l} 100, \quad (27.2)$$

где $\sum_{i=1}^n \delta_i$ — общая толщина слоя поздней древесины во всех годовичных слоях, мм; δ_i — толщина слоя поздней древесины в одном годовичном слое, мм.

ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для проведения лабораторно-практической работы необходимы:

- образец из древесины размерами поперечного среза 25×25 мм и длиной вдоль волокон 25 мм (рис. 27.1);

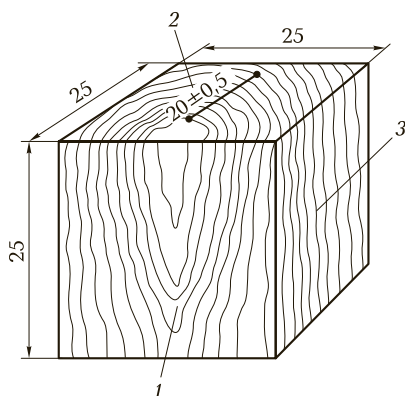


Рис. 27.1. Образец для определения числа годовичных слоев на замеренном участке длиной $(20 \pm 0,5)$ мм:

1 — тангенциальный разрез; 2 — поперечный разрез; 3 — радиальный разрез

- микрометрическая лупа;
- шлифовальная шкурка средней зернистости;
- шлифок из древесины размерами $50 \times 20 \times 150$ мм с ровными гранями (обернутый шлифовальной шкуркой);
- простой карандаш;
- металлическая миллиметровая линейка.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучите инструкцию по охране труда при работе с древесиной.
2. Зачистите шлифовальной шкуркой от заусенцев торцевую часть образцов (поперечный срез) до четкой видимости годовичных слоев.
3. Проведите карандашом на торцевой поверхности перпендикулярно годовичным слоям прямую линию (рис. 27.2). С помощью микрометрической лупы определите толщину поздней древесины в каждом годовичном слое (рис. 27.3). Суммируя эти измерения, определите общую толщину поздней древесины. Результаты измерений и расчетов занесите в табл. 27.2.
4. Отмерьте 20 мм на проведенной линии, и сосчитайте на ней полное число годовичных слоев N . Рассчитайте число годовичных слоев n в 1 см по формуле (27.1).

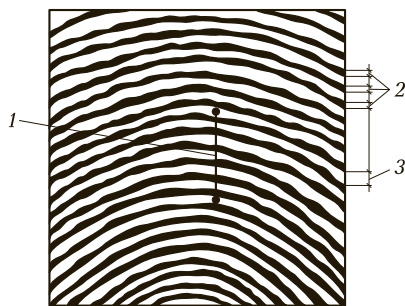


Рис. 27.2. Схема измерения ранней и поздней древесины на образце:

1 — измеренная длина 10 мм на поперечном разрезе образца; 2 — толщина поздней древесины; 3 — толщина ранней древесины

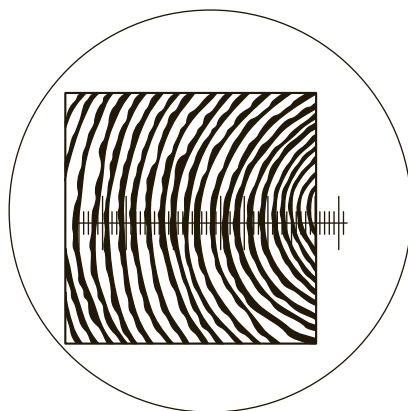


Рис. 27.3. Схема определения толщины годичных слоев и поздней древесины с помощью микрометрической лупы

Таблица 27.2. Результаты определения общей толщины поздней древесины в образце

Параметр	Номер годичного слоя									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Толщина поздней древесины годичного слоя, мм										
Общая толщина поздней древесины, мм										

5. Вычислите содержание поздней древесины m с точностью до 1 % по формуле (27.2).

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование, материалы и образцы. Результаты исследований для каждой породы оформите в виде табл. 27.3.

Таблица 27.3. Результаты определения качества древесины

Порода	Число годовых слоев в 1 см	Содержание поздней древесины, %

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В какое время года образуется поздняя древесина в годовом слое?
2. Что можно определить по годовым слоям дерева?
3. Назовите средний годичный прирост по толщине годичного кольца сосны.
4. Как влияют климатические условия на толщину годичного слоя?

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ

Цель работы — приобретение навыков в определении влажности древесины.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Свежесрубленная древесина в своих волокнах содержит большое количество влаги. Влажная древесина подвержена короблению, усушке, растрескиванию и поражению грибами. Поражение грибами может полностью разрушить конструкции и изделия из древесины. Перечисленные негативные факторы ухудшают механические, технологические и потребительские свойства как древесины, так и изделий из нее. Удаление избыточной влаги из древесины придает ей необходимые эксплуатационные качества.

В целях улучшения качества древесины производят ее сушку, антисептирование и различного вида отделку. Сухая древесина не меняет своих линейных размеров в процессе технологических операций, хорошо клеивается, шлифуется, обладает высокой адгезией с лакокрасочными материалами.

Сушка древесины может осуществляться как естественным, так и искусственным способом.

Естественная сушка древесины проводится на воздухе в обычных атмосферных условиях и называется атмосферной.

Искусственная сушка осуществляется в специальных сушильных камерах — камерах: газовых, паровых, электрических и др. Искусственную сушку иначе называют камерной. Преимуществом искусственной сушки древесины перед атмосферной является время суш-

ки: при атмосферной продолжительность сушки 4—6 нед летом, при искусственной — 3—5 сут.

Атмосферную сушку круглого лесоматериала (бревен) диаметром 250...300 мм и пиломатериала толщиной 25...150 мм проводят под навесом. Сырье укладывают на прокладки так, чтобы внутри штабеля была постоянная продуваемость и циркуляция воздуха. После складирования штабеля торцы сырья покрывают влагозащитным антисептическим составом (ГОСТ 26910—86 «Составы влагозащитно-антисептические для защиты торцов лесоматериалов. Технические условия»). В процессе сушки навес предохраняет штабель от атмосферных осадков и прямых солнечных лучей. Соблюдение технической защиты штабеля и технологического режима сушки предохраняет сырье от растрескивания. Весь объем лесоматериала и пиломатериала несмотря на повышенную толщину высыхает равномерно. Условия атмосферной сушки (влажность воздуха и его температура, время года и погодные условия) влияют на длительность процесса сушки и конечную влажность древесины, что является недостатком атмосферной сушки.

Атмосферной сушке подвергают древесину, идущую на изготовление конструкций, эксплуатируемых в атмосферных условиях.

Древесину, идущую на изготовление конструкций, эксплуатируемых в закрытых помещениях, дополнительно подвергают искусственной сушке.

Глубокая впитываемость антисептиков (противогрибковых растворов) исключает загнивание древесины в неблагоприятных эксплуатационных условиях (модели для отливок деталей в машиностроении, челноки ткацких станков, детали и конструкции корабле-, самолето-, автомобиле- и вагоностроении), улучшает ее качество и потребительские свойства.

Сущность метода определения влажности древесины заключается в искусственной сушке образцов в лабораторном шкафу, их периодическом взвешивании в процессе сушки. По полученным данным определяют относительную влажность древесины.

В данной лабораторно-практической работе образец из древесины высушивают при температуре $(102 \pm 3)^\circ\text{C}$, а затем взвешивают. Первое взвешивание образца проводят до сушки (до помещения в сушильный шкаф). Продолжительность сушки составляет 6 ч, через каждые 2 ч образец взвешивают. При разности массы между двумя взвешиваниями 0,01 г образец считается высушенным. Требуемая влажность древесины 12%. Метод взвешивания установлен ГОСТ 16483.7—71 «Древесина. Методы определения влажности».

С учетом массы образца до сушки m_n и после сушки m_c определяют влажность древесины W , %:

$$W = \frac{m_n - m_c}{m_c} 100. \quad (28.1)$$

ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для выполнения лабораторно-практической работы необходимы:

- образец с размерами поперечного сечения 25×25 мм и длиной вдоль волокон 25 мм (порода древесины — сосна) (рис. 28.1);

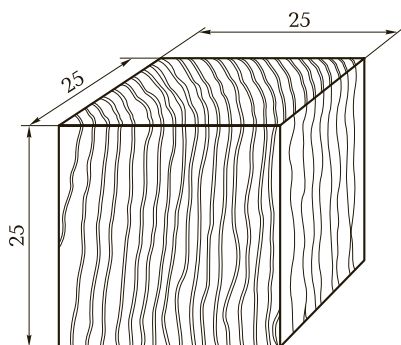


Рис. 28.1. Образец для определения влажности древесины

- сушильный шкаф;
- лабораторные весы.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучите инструкцию по охране труда при работе с сушильным шкафом.
2. Взвесьте образец перед сушкой.
3. Поместите образец в сушильный шкаф, выдержите его в сушильном шкафу при температуре $(102 \pm 3)^\circ\text{C}$ в течение 6 ч. Каждые 2 ч сушки образец взвешивайте, пока разность массы образца между двумя взвешиваниями не достигнет 0,01 г.
4. Определите содержание влаги в древесине по формуле (28.1).

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование, материалы и образцы. Результаты измерений и расчетов оформите в виде табл. 28.1.

Таблица 28.1. Результаты определения влажности древесины

Порода	Вид сушки	Тип сушильной камеры	Масса образца до сушки, г	Дата, время закладки образца в сушильную камеру	Масса образца после сушки, г	Дата, время окончания сушки	Продолжительность сушки, ч	Влажность древесины, %

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется влажностью древесины?
2. Перечислите и охарактеризуйте виды древесины в зависимости от влажности.
3. Какую влажность должна иметь древесина для изготовления моделей для отливки деталей машин в песчано-глинистые формы?
4. Какой влажности древесина достигает при атмосферной сушке?
5. Объясните достоинства камерной сушки.
6. Почему атмосферная сушка экологичнее камерной?

Лабораторно-практическая работа № 29

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ

Цель работы — приобретение навыков определения плотности древесины по разности массы влажных и сухих образцов.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Древесина в отличие от других материалов (металл, пластмасса, камень и др.) имеет пористое строение из пустотелых клеток: прозенхимных (проводящих влагу, опорных) и паренхимных (запаса-

Таблица 29.1. Плотность древесины

Порода	Плотность древесины, кг/м ³	
	при 12%-ной влажности ρ_{12}	при нулевой влажности ρ_0
Лиственница	660	630
Сосна	500	470
Ель	445	420
Кедр	435	410
Береза	630	600
Дуб	690	650
Осина	495	470

ющих питательные вещества). Масса питательных веществ составляет 2... 15 % древесной массы.

Один из показателей качества древесины — ее плотность (табл. 29.1), от которой зависит область применения древесины, выбор технологических режимов при механической обработке, склейке, отделке лакокрасочными материалами. Клетки древесины обладают свойством гигроскопичности (поглощение влаги из воздуха). Такая особенность осложняет определение плотности древесины. У влажной древесины плотность более высокая, чем у сухой.

Сущность метода определения плотности древесины заключается в сравнении массы и линейных размеров влажных и сухих образцов древесины.

Исследование проводится в соответствии с ГОСТ 16483.1—84 «Древесина. Метод определения плотности».

ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для выполнения лабораторно-практической работы необходимы:

- образец из древесины с площадью поперечного сечения 25×25 мм и длиной вдоль волокон 25 мм (рис. 29.1);
- штангенциркуль;
- сушильный шкаф;
- лабораторные весы (механические или электронные).

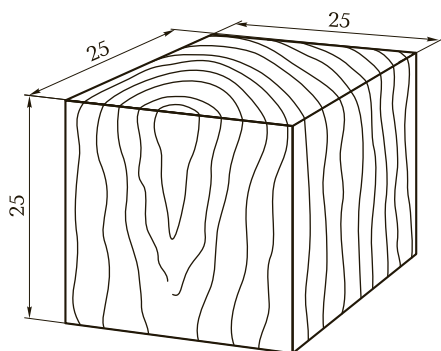


Рис. 29.1. Образец для определения плотности древесины

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучите инструкцию по охране труда при работе с сушильным шкафом.
2. Подготовьте для испытания образцы размерами $25 \times 25 \times 25$ мм из сосны, лиственницы, ели и березы.
3. Измерьте образцы штангенциркулем с точностью до 0,1 мм и взвесьте их.
4. Поместите образцы в сушильную камеру. Сушку проводите до достижения 12%-ной влажности (см. Лабораторно-практическую работу № 28).
5. Снова измерьте образцы штангенциркулем с точностью до 0,1 мм и затем взвесьте после высушивания (при стандартной влажности 12 %).
6. Определите плотность ρ_{12} , кг/м³, древесины при 12%-ной влажности по формуле

$$\rho_{12} = m/V, \quad (29.1)$$

где m — масса образца после сушки при 12%-ной влажности, кг;
 V — объем образца после сушки при 12%-ной влажности, м³.

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование, материалы и образцы. Результаты измерений и результаты расчетов оформите в виде табл. 29.2.

Таблица 29.2. Результаты определения плотности древесины

Порода	Вид сушки	Тип сушильной камеры	Масса образца при первоначальной влажности m_n , кг	Масса образца при 12%-ной влажности m_c , кг	Объем образца первоначальной влажности V , м ³	Плотность образца при 12%-ной влажности ρ_{12} , кг/м ³

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется плотностью?
2. Как влияет плотность древесины на ее качество?
3. В каких единицах измеряется плотность древесины?
4. Почему влажная древесина имеет более высокую плотность, чем сухая?
5. Какая древесина хвойных пород имеет самую высокую плотность?
6. Какая древесина лиственных пород имеет самую высокую плотность?

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛИНЕЙНОЙ И ОБЪЕМНОЙ УСУШКИ ДРЕВЕСИНЫ

Цель работы — приобретение навыков определения усушки древесины.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Относительная влажность — относительное содержание влаги в древесине, измеряемое в процентах по отношению к массе древесины.

Влажность древесины является одним из физических свойств, которые влияют на качество изделий и конструкций из древесины. Испарение влаги из древесины приводит к их короблению и усушке.

Усушка — уменьшение объемных и линейных размеров древесины после удаления влаги (высыхания). **Разбухание** — свойство, обратное усушке.

Полная усушка происходит при удалении всей связанной влаги, находящейся в полостях клеток и между ними. Предел гигроскопичности (максимальное количество влаги, содержащейся в древесине при комнатной температуре 20 °С) составляет 30 %.

Усушка зависит от плотности древесины: чем больше плотность, тем больше усушка.

Как при усушке, так и при разбухании из-за силовых напряжений происходит деформация изделий и заготовок. Силовые напряжения возникают при разной влажности внутренних и наружных волокон древесины. Метод определения усушки регламентирован ГОСТ 16483.37—88 «Древесина. Метод определения усушки».

Сущность метода испытания заключается в том, что различные виды усушки проверяются на образцах в процессе их последовательной сушки и измерений.

Испытание проводится на двух образцах, один из которых имеет начальную влажность, соответствующую сухому состоянию при комнатной температуре, другой — влажность выше предела насыщения клеточных стенок. В результате нужно определить, как изменяются линейные размеры в радиальном и тангенциальном срезах древесины и объем образцов.

Для проведения исследования образцы подбирают таким образом, чтобы годовые слои были параллельными одной из граней образца (рис. 30.1). Проведя карандашом прямые линии перпендикулярно граням образца, проводят его замеры штангенциркулем по этим линиям: тангенциального среза 2; радиального среза 3; по продольным волокнам 1. После замеров образцы высушивают в сушильном шкафу до достижения постоянной массы.

После высушивания образцы измеряют штангенциркулем в местах карандашных линий тангенциального среза (2), радиального среза (3), длины вдоль волокон (1) и взвешивают.

Выполнение этих операций необходимо делать быстро, так как сухие образцы могут мгновенно набрать влагу из воздуха и увеличить линейные размеры и массу.

Линейную усушку определяют по формулам:

- тангенциальном направлении β_t , %:

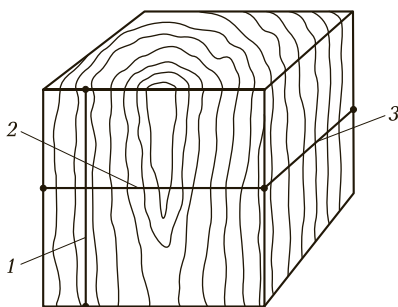


Рис. 30.1. Образец для определения линейной и объемной усушки древесины:

1 — линия замера вдоль волокон (размер l); 2 — линия замера по тангенциальному срезу (размер a); 3 — линия замера по радиальному срезу (размер b)

$$\beta_t = \frac{a - a_0}{a} 100, \quad (30.1)$$

- в радиальном направлении β_r , %:

$$\beta_r = \frac{b - b_0}{b} 100; \quad (30.1)$$

где a, b — размеры образца при начальной влажности, мм; a_0, b_0 — размеры образца в абсолютно сухом состоянии, мм.

Объемную усушку β_v , %, определяют по формуле

$$\beta_v = \frac{V - V_0}{V} 100, \quad (30.3)$$

где V, V_0 — объем образца при начальной влажности и в абсолютно сухом состоянии соответственно, мм³:

$$V = abl; \quad (30.4)$$

$$V_0 = a_0 b_0 l_0, \quad (30.5)$$

где l, l_0 — длина образца при начальной влажности и в абсолютно сухом состоянии соответственно, мм.

ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для выполнения лабораторно-практической работы необходимы:

- бруски для изготовления образцов из древесины с поперечным сечением 20 × 20 мм и длиной вдоль волокон 30 мм;
- металлическая линейка с ценой деления 1 мм или штангенциркуль;
- простой карандаш твердостью ТМ;
- сушильный шкаф;
- лабораторные весы (механические или электронные).

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучите инструкцию по охране труда при работе с сушильным шкафом.

2. Изготовьте образцы из древесины сосны различной влажности в соответствии с рис. 30.1.

3. На каждом образце проведите карандашом прямые линии перпендикулярно граням. Измерьте штангенциркулем с точностью до 0,1 мм по размеченным линиям тангенциальный размер a , радиальный размер b и длину по продольным волокнам l .

4. Поместите образцы в сушильный шкаф и выдержите 6 ч при температуре $(102 \pm 3)^\circ\text{C}$. Выньте образцы из сушильного шкафа и проведите первое взвешивание. Поместите образцы в сушильный шкаф и выдержите еще 2 ч. Выньте образцы из сушильного шкафа и проведите повторное взвешивание. При разности массы между двумя взвешиваниями 0,01 г образцы считаются высушенными.

5. Измерьте образец штангенциркулем по размеченным линиям аналогично измерениям до высушивания образца.

6. Определите линейную усушку по формулам (30.1) и (30.2), объемную усушку по формуле (30.3).

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование, материалы и образцы. Результаты измерений линейных размеров образцов оформите в виде табл. 30.1.

Таблица 30.1. Результаты замеров образца древесины

По тангенциальному срезу образца		По радиальному срезу образца		Вдоль волокон образца		Масса образца, г	
влажного a , мм	сухого a_0 , мм	влажного b , мм	сухого b_0 , мм	влажного l , мм	сухого l_0 , мм	влажного	сухого

Результаты расчетов радиальной, тангенциальной и объемной усушки оформите в виде табл. 30.2.

Таблица 30.2. Результаты определения усушки древесины

Порода	Район производства	Дата доставки на склад	Тип сушильной камеры	Радиальная усушка, %	Тангенциальная усушка, %	Объемная усушка, %

Сделайте вывод, в каком направлении древесина имеет наибольшую усушку.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое усушка древесины?
2. В чем разница усушки древесины в тангенциальном и радиальном срезам?
3. Как получить абсолютно сухое состояние древесины?
4. Сравните усушку древесины вдоль и поперек волокон.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ЭЛЕКТРОЛИТА В АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЯХ

Цель работы — приобретение навыков технического обслуживания аккумуляторных батарей.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Топливо-смазочные материалы, технологические жидкости и газы, применяемые в машиностроении (автомобилестроении) и на различных видах транспорта, классифицируют по следующим группам:

- технологические материалы — смазочно-охлаждающие жидкости и моющие, обезжиривающие, травящие, растворяющие и другие жидкости и пасты, необходимые при обработке металлов резанием, сборке машин и механизмов, закалке деталей и инструмента;
- эксплуатационные (конструкционные) материалы — смазочные масла, пластичные вязкие смазки и жидкости, применяемые в зависимости от конструкционных особенностей машин и механизмов, их температурных режимов, условий работы и нагрузки. Кроме того, технические жидкости этой группы используют в качестве рабочих тел в гидравлических системах (прессах, литьевых машинах, тормозных устройствах, амортизаторах, теплообменных аппаратах и др.);
- жидкое топливо — группа топлива применяемого для авиационных, автомобильных, реактивных двигателей и

дизелей, а также как растворитель технических жидкостей и смазок;

- газовое топливо и технический газ — особая группа газоздушных смесей, применяемых на транспорте и в промышленности. Перевод автомобилей на газовое топливо (сжатый и сжиженный газ), газовая сварка и резка металла, широкое применение газа в коммунальном хозяйстве, энергетике, быту и других отраслях экономики дает большой экономический эффект.

В свинцово-кислотных аккумуляторных батареях электролитом служит водный раствор серной кислоты определенной плотности (ГОСТ 667—73 «Кислота серная аккумуляторная. Технические условия»). Плотность электролита в процессе эксплуатации должна систематически контролироваться.

Необходимо отметить, что тенденция современного автомобилестроения к минимизации обслуживания отдельных элементов автомобиля во время эксплуатации привела к появлению узлов и агрегатов в закрытом исполнении, исключающих доступ со стороны. Эта тенденция коснулась и современных аккумуляторов.

В настоящее время в нашей стране производят малообслуживаемые, необслуживаемые и герметизированные с иммобилизованным (гелеобразным) электролитом или абсорбированным электролитом в сепараторах с высокой объемной пористостью аккумуляторные батареи. Однако нормальная эксплуатация таких аккумуляторных батарей связана с жестким ограничением зарядного напряжения. Стоимость подобных батарей значительно выше, чем стоимость обслуживаемых аккумуляторных батарей, и это создает определенные трудности для их применения в автомобильной технике. Целесообразным применение таких аккумуляторов станет после оптимизации и стабилизации зарядных режимов автомобильного оборудования и снижения их стоимости.

Аккумуляторные батареи обычной конструкции требуют систематического и грамотного ухода. От этого в значительной мере зависит их долговечность и безопасность эксплуатации.

На заряженность аккумуляторных батарей влияет состояние электрооборудования автомобиля.

Генератор служит основным источником тока, обеспечивает потребителей электроэнергией и заряжает во время работы двигателя аккумуляторные батареи. Неисправности генератора (износ щеток, ослабление натяжения ремня и проводов и др.) приводят к недозарядке или разрядке аккумуляторной батареи.

Стартер является основным потребителем тока при пуске двигателя автомобиля. Неисправности стартера (замыкание силовых контактов, пусковое реле и др.) могут привести к утечке тока до полной разрядки аккумуляторной батареи.

Регулятор напряжения — это устройство, обеспечивающее постоянный заряд аккумуляторной батареи. При его неисправности происходит кипение электролита, приводящее к разрушению положительных электродов и последующему полному разряду аккумуляторной батареи.

В *предохранителях* при окислении контактов происходит снижение заряженности аккумуляторной батареи.

При неисправности *выключателя зажигания* происходит отказ в пуске двигателя, а также возможен самопроизвольный разряд аккумуляторной батареи и остановка двигателя.

Одним из основных показателей аккумуляторной батареи является плотность электролита. По плотности электролита судят о пригодности батареи к эксплуатации и ее применении в соответствующих климатических условиях (табл. 31.1).

По плотности электролита определяют степень заряженности аккумулятора, т. е. длительность его работы (табл. 31.2).

При глубоком разряде аккумуляторной батареи плотность электролита достигает значения, близкого к плотности воды. При достижении плотности $1\,070\text{ кг/м}^3$ ($1,07\text{ г/см}^3$) электролит уже при температуре $-5\text{ }^\circ\text{C}$ замерзает (табл. 31.3).

Низкая плотность электролита приводит к сульфатации пластин, которая снижает емкость аккумулятора. Повышенная плотность электролита уменьшает срок службы аккумуляторной батареи.

Таблица 31.1. Рекомендуемые значения сезонной плотности электролита в различных климатических условиях

Район эксплуатации	Плотность электролита заряженного аккумулятора при $20\text{ }^\circ\text{C}$, кг/м^3		
	зимой	летом	в течение всего года
Крайний Север	1 310	1 270	—
Северные районы	1 290	1 270	—
Центральные районы	—	—	1 270
Южные районы	—	—	1 250

Таблица 31.2. Зависимость плотности электролита, кг/м³, от заряда батареи

Полностью заряженная батарея	Батарея, разряженная на 25 %	Батарея, разряженная на 50 %
1 300	1 260	1 220
1 280	1 240	1 200
1 260	1 220	1 180
1 240	1 200	1 160
1 230	1 190	1 150

Рекомендуется проверять плотность не менее 1 раза в 3 мес, а в некоторых случаях и ежемесячно.

Для определения плотности и температуры замерзания электролита в кислотных и щелочных аккумуляторах применяют прибор — **ареометр** (рис. 31.1). Ареометр имеет шкалу плотности электролита в диапазоне измерения от 1 150 кг/м³ (1,15 г/см³) до

Таблица 31.3. Плотность электролита при разной температуре

Температура замерзания, °С	Плотность электролита, кг/см ³ , при температуре		
	15 °С	20 °С	25 °С
-3,0	1 050	1 046	1 043
-5,0	1 075	1 071	1 068
-10,0	1 125	1 121	1 118
-14,0	1 150	1 146	1 143
-19,0	1 175	1 171	1 167
-25,0	1 200	1 196	1 193
-37,0	1 225	1 221	1 118
-50,0	1 250	1 246	1 243
-59,0	1 275	1 271	1 269
-68,0	1 300	1 296	1 293

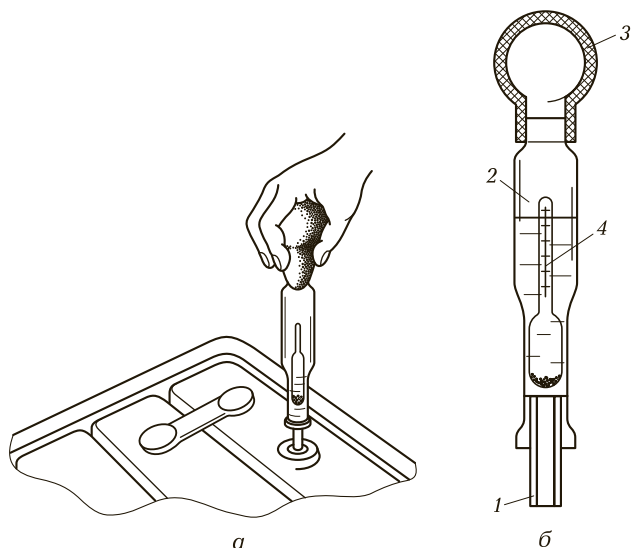


Рис. 31.1. Определение плотности электролита ареометром (а), ареометр в сборе (б):

1 – трубка для забора электролита; 2 – колба; 3 – груша; 4 – денсиметр

1 300 кг/м³ (1,3 г/см³) и шкалу температур замерзания охлаждающей жидкости в диапазоне –60...–5 °С.

Электролит по своим свойствам относится к агрессивным жидкостям. На практике измерение плотности проводят как при приготовлении электролита во время смешивания концентрированной аккумуляторной серной кислоты с дистиллированной водой, так и при техническом обслуживании и зарядке батарей.

Сущность метода исследования заключается в определении плотности электролита при разной температуре с помощью ареометра и сравнении полученных результатов со справочными данными

Таблица 31.4. Температурные поправки к плотности электролита, кг/м³

Температура, °С	0	10	20	30	40
Температурная поправка к плотности электролита на каждый градус Цельсия	–14	–7	0	+7	+14

ми. При выполнении лабораторно-практической работы нужно неукоснительно соблюдать правила безопасности при измерении плотности электролита и исключать возможность прямого контакта с ним.

Если плотность электролита измеряют при температуре, отмеченной от (20 ± 2) °С, то используют температурную поправку, по которой уточняют измерение (табл. 31.4).

ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для выполнения лабораторно-практической работы необходимы:

- ареометр для электролита в комплекте с устройством для отбора жидкости из аккумулятора;
- термометр для измерения температуры испытуемых жидкостей;
- аккумуляторные батареи.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучите инструкцию по охране труда при работе с токсичными материалами, устройство ареометра.

2. Соберите ареометр для проведения работы.

3. Наберите испытуемую жидкость в пипетку в количестве, необходимом для свободного плавания поплавка ареометра в вертикальном положении.

4. Снимите показания ареометра по линии совпадения поверхности жидкости с делениями его соответствующей шкалы.

5. Промойте прибор, просушите и уложите в футляр.

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование, материалы и образцы. Результаты измерений и расчетов плотности электролита с учетом температурной поправки оформите в виде табл. 31.5.

По полученным значениям плотности электролита определите степень заряженности аккумулятора.

Таблица 31.5. Результаты определения плотности электролита

Электролит	Измеренная плотность электролита, кг/м ³	Температура электролита при измерении, °С	Температурная поправка к измеренной плотности электролита, кг/м ³	Плотность электролита с учетом температурной поправки, кг/м ³
Раствор серной кислоты				

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какая рабочая жидкость применяется в аккумуляторных батареях?
2. Какова должна быть плотность электролита в зимних условиях?
3. Как готовится электролит для аккумуляторных батарей?
4. Кратко расскажите о правилах безопасности при работе с токсичными материалами.
5. Каковы современные тенденции производства аккумуляторных батарей?
6. Как влияет плотность электролита на эксплуатацию аккумуляторных батарей?
7. Как влияют неисправности электрооборудования автомобиля на состояние аккумуляторных батарей?

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ ЗАМЕРЗАНИЯ АНТИФРИЗА (ТОСОЛА)

Цель работы — приобретение навыков технического обслуживания системы охлаждения двигателей автомобилей, тракторов и другой техники.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

При работе двигателя выделяется большое количество теплоты, которая частично используется для нагрева самого двигателя до оптимальной температуры 80...90 °С, нагрева моторного масла, а при необходимости для отопления салона (кабины) водителя. Во избежание перегрева силового агрегата излишняя теплота удаляется системой охлаждения в окружающую среду.

Технологическими жидкостями, используемыми в системе охлаждения, являются антифризы (тосолы¹), их свойства сохраняются в течение 2—4 лет.

Антифриз имеет большую жидкотекучесть, поэтому даже незначительные неплотности в системе охлаждения приводят к утечке. Кроме того, в процессе эксплуатации происходит испарение воды из антифриза.

Компенсацию утечки производят добавлением свежего антифриза или дистиллированной воды, при этом возможно значительное изменение плотности жидкости, что приводит к изменению температуры кристаллизации (замерзания) антифриза (табл. 32.1),

¹ Тосол — торговая марка отечественного антифриза.

Таблица 32.1. Зависимость температуры кристаллизации и плотности антифриза от концентрации этиленгликоля для холодного периода года

Концентрация этиленгликоля, %	Плотность антифриза при 20 °С, г/см ³	Температура кристаллизации, °С	Концентрация этиленгликоля, %	Плотность антифриза при 20 °С, г/см ³	Температура кристаллизации, °С
26,4	1,034	-10	65,3	1,086	-65
36,4	1,051	-20	72,1	1,092	-60
45,6	1,063	-30	78,5	1,098	-50
52,6	1,071	-40	85,4	1,104	-40
58,0	1,078	-50	93,0	1,110	-30
63,1	1,083	-60	97,8	1,112	-20

причем температура кристаллизации снижается не только при недостаточном, но и при избыточном количестве этиленгликоля в растворе. Для контроля плотности антифриза используют ареометры, на шкалах которых может быть указана не плотность, а температура кристаллизации антифриза.

В инструкциях к ареометрам указана температура измерения жидкости 15; 20 или 25 °С. Если плотность жидкости измеряют при иной температуре, то используют температурную поправку (табл. 32.2), по которой уточняют измерения.

Сущность метода исследования заключается в определении с помощью ареометра плотности антифриза при разной температуре и сравнении полученных результатов со справочными данными.

Таблица 32.2. Температурные поправки к плотности антифриза, кг/м³

Температура антифриза, °С	0	10	20	30	40
Температурная поправка к плотности антифриза на каждый градус Цельсия	-6	-3	0	+3	+6

ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для выполнения лабораторно-практической работы необходимы:

- ареометр для антифриза в комплекте с устройством для отбора жидкости из системы охлаждения двигателя (рис. 32.1);

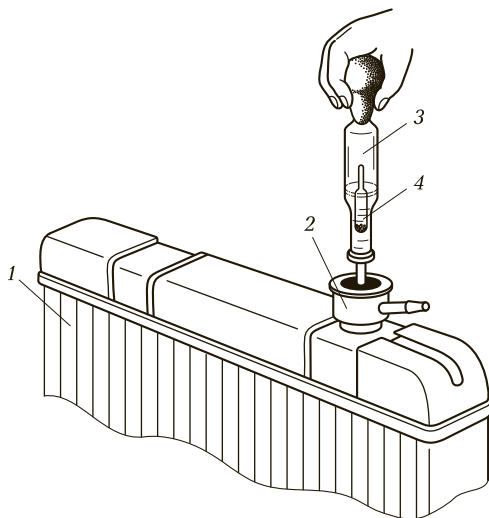


Рис. 32.1. Определение плотности антифриза:

1 — радиатор; 2 — горловина радиатора; 3 — колба; 4 — денсиметр

- термометр для измерения температуры испытуемой жидкости;
- охлаждающая жидкость (антифриз).

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучите инструкцию по охране труда при работе с охлаждающими жидкостями, устройство ареометра.
2. Соберите ареометр и приведите его в рабочее состояние.
3. Наберите испытуемую жидкость в пипетку в количестве, необходимом для свободного плавания поплавка ареометра в верти-

кальном положении. Снимите показания ареометра по линии совпадения поверхности жидкости с делениями по его соответствующей шкале.

4. Промойте прибор, просушите и уложите в футляр.

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование, материалы и образцы. Результаты измерений оформите в виде табл. 32.3.

Таблица 32.3. Результаты определения плотности и температуры кристаллизации антифриза

Марка антифриза	Измеренная плотность антифриза, кг/м ³	Температура антифриза при измерении, °С	Температурная поправка к измененной плотности антифриза, кг/м ³	Плотность антифриза с учетом температурной поправки, кг/м ³	Температура кристаллизации антифриза, °С
Тосол А40					

По полученным значениям плотности антифриза определите его температуру кристаллизации.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие рабочие жидкости применяют для охлаждения двигателя внутреннего сгорания?
2. Укажите температуру замерзания Тосола А40 и Тосола А65.
3. Каковы правила безопасности при работе с охлаждающими жидкостями двигателей внутреннего сгорания?
4. Охлаждающие жидкости каких марок применяют при эксплуатации автомобилей в северных, южных и центральных районах России?
5. С какой целью учитывают поправочный коэффициент при определении плотности тосола?

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЯЗКОСТИ ТОПЛИВА И МАСЛА

Цель работы — приобретение навыков определения вязкости топлива и масла с помощью универсального вискозиметра ВУ.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Свойство жидкости оказывать сопротивление течению (перемещению одного слоя жидкости относительно другого) под действием внешней силы называется **вязкостью** (внутренним трением). Вязкость определяют для жидких нефтепродуктов, напряжение сдвига которых пропорционально скорости деформации. Вязкость не зависит от касательного напряжения и градиента скорости.

Вязкость топлива — один из важнейших показателей его качества, влияющий на возможность использования топлива при низких температурах. Кроме того, вязкость топлива влияет на процесс его испарения и сгорания в цилиндрах двигателя.

Вязкость топлива зависит от его химического и фракционного состава. При увеличении содержания ароматических и нафтеновых углеводородов и утяжелении фракционного состава топлива его вязкость возрастает.

Высокая вязкость топлива приводит к затруднениям при фильтрации, перебоям подачи топлива насосом, ухудшению распыления и неполному сгоранию топлива.

При низкой вязкости топлива нарушается дозировка топлива вследствие его просачивания между плунжером и гильзой насоса высокого давления, а также происходит протекание топлива через распыливающие отверстия форсунок и, как следствие, их закоксо-

ывание. При низкой вязкости топлива «дальнобойность» его струи оказывается недостаточной из-за чрезмерного распыливания, топливо в основном сосредотачивается и сгорает вокруг форсунки и равномерно не распределяется по всей камере сгорания.

Таким образом, высокая и низкая вязкость топлива приводит к неоднородности рабочей смеси, ухудшению процесса сгорания топлива, перегреву форсунок и в результате к быстрому износу подвижных деталей, подающих топливо. Основным узлом, состоящим из таких деталей, является насос высокого давления, для которого топливо является одновременно смазочным материалом.

Вязкость топлива также зависит от температуры и давления. Например, с понижением температуры и повышением давления вязкость бензина возрастает.

Вязкость смазочного масла является одним из его важнейших показателей, поскольку смазочные масла применяют для снижения износа трущихся поверхностей деталей автомобиля и уменьшения потерь энергии на трение, когда одна деталь перемещается по поверхности другой. Эти потери весьма значительны. Например, в автомобильном двигателе они поглощают до 25 % всей развиваемой полезной мощности. Кроме того, вязкость масла для двигателей влияет на подачу масла в смазочную систему, быстрый пуск двигателя, уплотнение поршневых колец в цилиндре и другие характеристики двигателя.

Различают динамическую и кинематическую вязкость жидких материалов. Единицей измерения динамической вязкости является пуаз.

Динамическая вязкость, или коэффициент динамической вязкости, — это отношение действующего касательного напряжения к градиенту скорости. Динамическая вязкость служит мерой сопротивления жидкости течению.

Единицей динамической вязкости в системе СИ является паскаль-секунда ($\text{Па} \cdot \text{с}$). На практике применяют $\text{мПа} \cdot \text{с} = 10^{-3} \text{Па} \cdot \text{с}$, а также сантипуаз ($\text{сП} = \text{Па} \cdot \text{с}$).

Динамическая вязкость η — произведение кинематической вязкости жидкости ν и ее плотности ρ при той же температуре:

$$\eta = \nu \rho.$$

Кинематическая вязкость — это отношение динамической вязкости η жидкости к плотности ρ при той же температуре:

$$\eta = \nu / \rho.$$

В системе СИ единицей кинематической вязкости является квадратный метр на секунду ($\text{м}^2/\text{с}$). На практике применяется

меньшая единица — $\text{мм}^2/\text{с} = 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, а также сантистокс ($\text{сСт} = \text{мм}^2/\text{с}$).

Кроме численного значения вязкости указывают температуру масла в момент определения вязкости.

Вязкость масел нормируется в зависимости от условий работы:

- моторных — при температуре 100°C (табл. 33.1);
- промышленных — при температуре 50°C ;
- трансформаторных — при температуре 20°C .

Моторные масла с вязкостью $6 \dots 8 \text{ мм}^2/\text{с}$, оцениваемой при температуре 100°C , следует применять в зимний период, а масла с вязкостью $10 \dots 12 \text{ мм}^2/\text{с}$ и выше — в летний период.

Смазочные масла обладают свойством изменять вязкость по сравнению с эталонным маслом при повышении или понижении температуры, что очень важно, когда масло оценивается индексом вязкости. Чем больше изменяется вязкость, тем ниже индекс вязкости, следовательно хуже становятся вязкостные свойства исследуемого масла.

С повышением температуры, при которой эксплуатируется рабочий механизм, необходима максимальная вязкость смазочного масла, но несмотря на это вязкость масла должна быть минимальной, так как с ее увеличением неизбежно возрастают потери энергии на трение.

Таблица 33.1. Физико-химические свойства масел для автомобильных карбюраторных двигателей (ГОСТ 10541—78)

Марка масла	Вязкость при 100°C , $\text{мм}^2/\text{с}$	Индекс вязкости	Температура вспышки, $^\circ\text{C}$, не ниже	Температура застывания, $^\circ\text{C}$, не ниже	Зольность сульфатная, %, не выше
М-6 ₃ /12-Г	Не менее 12	115	210	-30	1,3
М-5 ₃ /10-Г ₁	10... 11	120	200	-38	0,9
М-4 ₃ /6-В ₁	5,5... 5,6	125	165	-42	1,3
М-8-В	7,5... 8,5	93	207	-25	0,95
М-6 ₃ /10-В	9,5... 10,5	120	190	—	1,3

Примечание. ГОСТ 10541—78 «Масла моторные универсальные и для автомобильных карбюраторных двигателей. Технические условия».

Сущность метода определения вязкости топлива и моторного масла заключается в измерении времени истечения определенного объема испытуемой жидкости под действием силы тяжести, для чего используют вискозиметр.

Простым по конструкции является вискозиметр ВЗ-4 с помощью которого можно определить вязкость жидкого масла, не подогревая его. На практике чаще используют универсальный вискозиметр ВУ (рис. 33.1).

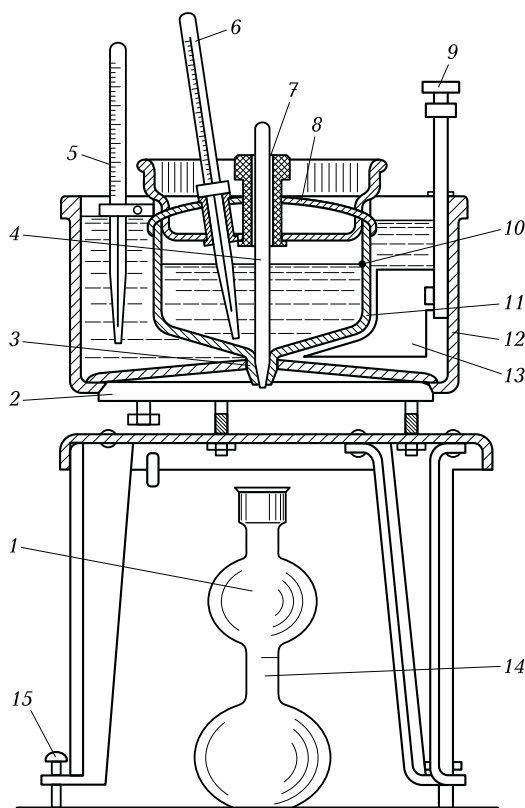


Рис. 33.1. Универсальный вискозиметр (ВУ):

1 — мерная колба; 2 — электронагревательный прибор; 3 — сточное отверстие; 4 — стержень; 5 — термометр для измерения температуры жидкости в бане; 6 — термометр для измерения температуры испытуемой жидкости; 7 — отверстие; 8 — крышка; 9 — рукоятка мешалки; 10 — указатель (латунный стержень); 11 — латунный сосуд; 12 — баня; 13 — мешалка; 14 — метка (200 мл); 15 — установочный винт

С помощью вискозиметров определяют вязкость материалов в условных единицах — градусах Энглера.

Градус Энглера (°Э) представляет собой отношение времени истечения 200 мл воды при заданной температуре ко времени истечения 200 мл воды при температуре 20 °С.

Время истечения 200 мл воды при температуре 20 °С называется постоянной k прибора и составляет 50...52 с. При этом берется средняя величина, т. е. $k = 51$ с.

Условная вязкость в градусах Энглера (°Э) определяется по формуле

$$^{\circ}\text{Э} = \frac{\Delta t}{k}, \quad (33.1)$$

где Δt — время истечения 200 мл воды при заданной температуре; k — постоянная вискозиметра, $k = 51$ с при температуре 20 °С.

ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для выполнения лабораторно-практической работы необходимы:

- универсальный вискозиметр ВУ;
- образцы автомобильного топлива и моторного масла;
- термостат (или нагревательный прибор);
- емкость с термостатирующей жидкостью;
- термометр;
- секундомер;
- мерная колба.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучите инструкцию по охране труда при работе с токсичными материалами, устройство и принцип действия вискозиметра ВУ.

2. Сточное отверстие 3 (см. рис. 33.1) в сосуде 11 закройте стер- жнем 4. В чистый сосуд 11 залейте испытуемое масло до касания

Таблица 33.2. Результаты определения вязкости масла

Номер образца	Наименование и марка масла	Постоянная вискозиметра, с	Температура масла, °С	Время истечения масла, с	Условная вязкость, °Э
		51			

Таблица 33.3. Результаты определения вязкости топлива

Номер образца	Наименование и марка топлива	Постоянная вискозиметра, с	Температура топлива, °С	Время истечения топлива, с	Условная вязкость, °Э
		51			

с тремя остриями указателей *10* и закройте сосуд крышкой *8*. В баню *12* залейте необходимое количество водопроводной воды и установите термометр.

3. Медленно нагрейте баню электронагревательным прибором *2* до установления нужной температуры испытуемого масла (20 или 50 °С). Температура жидкости в бане не должна превышать температуру масла более чем на 0,2 °С. Когда температура масла достигнет заданной величины, приступите к измерению условной вязкости. Для этого выдержите масло в течение 5 мин при достигнутой температуре. Затем выньте стержень *4* и одновременно включите секундомер. Остановите секундомер в момент, когда уровень в мерной колбе *1* дойдет до отметки 200 мл.

4. Определите условную вязкость испытуемого масла в градусах Энглера при температуре 20 и 50 °С по формуле (33.1).

5. По аналогичной методике определите вязкость топлива.

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование, материалы и образцы. Результаты измерений и расчетов вязкости масла и топлива оформите в виде табл. 33.2 и 33.3 соответственно.

Сделайте вывод о соответствии условной вязкости исследуемых масла и топлива стандартным значениям.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется вязкостью автомобильного топлива и масла?
2. В каких единицах измеряют вязкость автомобильного топлива и масла?
3. Что собой представляет вискозиметр? Опишите принцип действия универсального вискозиметра ВУ.
4. На какие теплосенергетические процессы при работе двигателя влияет вязкость топлива и масла?

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА МОТОРНОГО МАСЛА ПРОСТЕЙШИМИ МЕТОДАМИ

Цель работы — приобретение навыков определения наличия в моторном масле механических примесей и воды.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Наличие воды в моторном масле отрицательно влияет на работу двигателя и механизма трансмиссии автомобиля. Особенно опасно наличие воды в масле в смазочной системе шатунно-поршневой группы. Если в масле присутствует вода, то при незначительной отрицательной температуре в масле образуются кристаллы льда, которые способствуют загустению масла и затрудненности его подачи в смазочную систему двигателя (поэтому при работе автомобиля при отрицательной температуре окружающего воздуха наличие воды в масле недопустимо). Кроме того, наличие воды в масле способствует образованию коррозии смазываемых узлов и вымыванию присадок.

Вода в масле может находиться в трех состояниях: свободном в виде отстоя; в виде эмульсии; растворенном.

Наличие воды в масле можно определить простейшим способом.

Масло наливают в сосуд и перемешивают. Перемешанное масло в количестве 3...4 мл наливают в сухую пробирку и нагревают на слабом огне.

При наличии воды в масле слышно характерное потрескивание, наблюдается вспенивание масла, на верхней части пробирки появляются мелкие капельки конденсированной воды. Если в процес-

се исследования масла перечисленные явления не наблюдаются, то вода в масле отсутствует.

Наличие механических примесей в моторном масле недопустимо. Механические примеси увеличивают износ механизмов, образование нагара и приводят к засорению маслопроводов и фильтров.

Механические примеси в масле могут присутствовать в виде песка, пыли, металлических частиц и оксидов металлов (ржавчины).

Наличие механических примесей в масле можно определить методом пробы на стекло. Для этого капли образца масла помещают на стекло, закрывают вторым стеклом и сдвигают одно относительно другого. Если в масле присутствуют механические примеси, то слышится характерный скрип.

Наличие одновременно механических примесей и воды в масле можно определить методом отстоя в отстойнике, на узкой части которого нанесены деления.

Образец масла в количестве 10 мл тщательно перемешивают и заливают в отстойник. Толщину слоя отстоявшейся воды измеряют через 20...30 мин. После этого определяют количество механических примесей в масле. Образец масла перемешивают с чистым бензином и помещают в теплую воду для ускорения осаждения механических примесей. Если посторонние примеси в масле присутствуют, то в отстойнике будет осадок, что свидетельствует об определенных качествах масла.

Для определения уровня подтоварной воды (отстоя) в масле и других жидкостях, не растворяющихся в воде, применяют индикаторную водочувствительную пасту КБ-2000. Паста представляет собой мазеобразный липкий продукт от светло-серого до светло-розового цвета. При контакте с водой или водными растворами паста окрашивается в ярко-малиновый цвет.

Если нанести пасту КБ-2000 на сухой мерный инструмент (метрошток) тонким слоем толщиной 0,2...0,5 мм (на предполагаемом уровне нахождения воды), опустить этот инструмент на дно резервуара с жидкостью, и выдержать 2...3 с, то, подняв метрошток, можно увидеть, что паста (при наличии воды в жидкости) окрасится по уровню отстоя. При работе с нефтепродуктами темного цвета после подъема мерного инструмента место нанесения пасты нужно промокнуть ветошью или фильтровальной бумагой. Окрашивание пасты происходит по уровню отстоя при наличии воды в нефтепродукте.

Сущность метода исследования заключается в оценке испытуемого образца моторного масла по внешним признакам (цвет, за-

пах, прозрачность) и с помощью простейших методов на наличие воды и механических примесей.

ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для выполнения лабораторно-практической работы необходимы:

- образец моторного масла;
- сосуд;
- пробирка;
- лабораторные стекла;
- электронагревательный прибор;
- отстойник.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

1. Для определения наличия **воды** в моторном масле:
 - образец масла перемешайте в сосуде;
 - перемешанное масло в количестве 3... 4 мл налейте в сухую пробирку и нагрейте на слабом огне.
2. Для определения наличия **механических примесей** в моторном масле:
 - капли масла поместите на стекло, а сверху закройте вторым стеклом;
 - сдвигайте верхнее стекло относительно нижнего.
3. Для определения наличия **воды и механических примесей** в моторном масле методом отстоя:
 - тщательно перемешайте образец масла в количестве 10 мл;
 - налейте перемешанное масло в отстойник с нанесенными делениями;
 - дайте отстояться в течение 20... 30 мин;
 - измерьте толщину слоя воды по делениям узкой части отстойника;
 - образец масла перемешайте с чистым бензином, для ускорения осаждения механических примесей подогрейте в теплой воде;
 - измерьте толщину осадка по делениям узкой части отстойника.

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите названия и цель работы, применяемое оборудование, материалы и образцы. Результаты исследования моторного масла на наличие воды и механических примесей оформите в виде табл. 34.1—34.3.

Таблица 34.1. Результаты исследования моторного масла на наличие воды

Количество масла, мл	Марка масла	Наличие потрескивания, вспенивания, капель конденсата	Вывод
4			

Таблица 34.2. Результаты исследования моторного масла на наличие механических примесей

Число капель масла	Марка масла	Наличие характерного скрипа	Вывод
3—4			

Таблица 34.3. Результаты исследования моторного масла в отстойнике

Количество масла	Количество воды, мл	Количество механических примесей, мл	Вывод

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какими методами определяют наличие воды и механических примесей в моторном масле?
2. Допускается ли наличие металлических примесей в моторном масле?
3. Как влияет наличие воды в моторном масле на работу автомобильного двигателя?

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ВОДЫ В ЖИДКОМ УГЛЕВОДОРОДНОМ ТОПЛИВЕ

Цель работы — приобретение навыков определения содержания воды в углеводородном топливе.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

В Российской Федерации выпускают **автомобильный бензин** по ГОСТ Р 51105—97 «Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированный бензин. Технические условия» следующих марок: «Регуляр-92», «Премиум-95», «Супер-98», **дизельное топливо** по ТУ 0251-001-33683428—98 «Топливо дизельное экологически улучшенное с пониженным содержанием канцерогенных полиароматических углеводородов (Евродизель). Технические условия» следующих марок: ДИТО-ЭЛ, ДИТО-ЭЛп, ДИТО-ЭЗ-минус 15, ДИТО-ЭЗ-минус 25, ДИТО-ЭЗп-минус 15, ДИТО-ЭЗп-минус 20, ДИТО-ЭЗп-минус 25, ДИТО-ЭЗп-минус 30 и др.

Все углеводородные топлива гигроскопичны, поэтому в них содержится вода в виде отстоя, эмульсии или в растворенном состоянии. Например, при температуре 20 °С в бензине марки «Регуляр-92» содержится 0,028 % воды, в дизельном топливе — 0,0005 % воды в растворенном состоянии.

Наличие воды в топливе даже в незначительном количестве может вызвать серьезные нарушения в работе автомобильного двигателя. При пониженной температуре окружающей среды образующиеся в топливе кристаллы льда забивают фильтры и топливопроводы, а при повышенной в топливе образуются нафтеновые

кислоты с выпадением студенистых осадков, оседающих на фильтрующих элементах.

По стандартам и техническим условиям наличие воды в дизельном топливе не допускается.

Сущность метода исследования заключается в определении количественного содержания воды в жидких углеводородных топливах путем прямой перегонки раствора, содержащего топливо.

ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для выполнения лабораторно-практической работы необходимы:

- аппарат для определения содержания воды в углеводородном топливе (рис. 35.1), состоящий из холодильника 1, приемника-ловушки 2 и круглодонной колбы 3;
- образец испытуемого дизельного топлива;
- измерительный цилиндр вместимостью 100 мл;
- электронагреватель (электроплитка);
- растворитель — неэтилированный бензин прямой перегонки типа БР-1;
- пемза или неглазированный фаянс, фарфор.

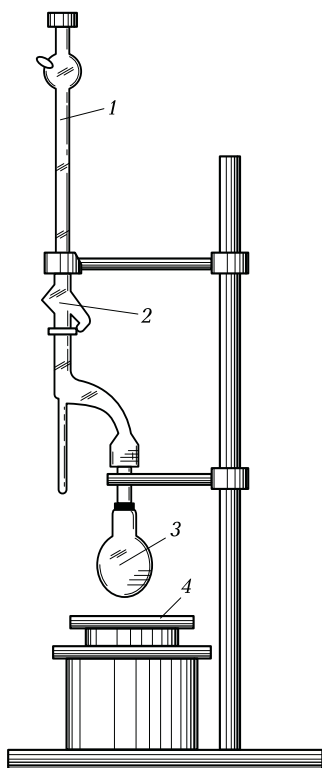


Рис. 35.1. Аппарат для определения содержания воды в углеводородном топливе:

1 — холодильник; 2 — приемник-ловушка; 3 — круглодонная колба; 4 — электронагреватель

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучите инструкцию по охране труда при работе с бензином.
2. Сухим измерительным цилиндром отмерьте 100 мл топлива и влейте его в колбу 3, затем отмерьте 100 мл растворителя и также влейте в колбу. Содержимое колбы тщательно перемешайте путем встряхивания в течение 5 мин и опустите в колбу несколько кусочков пемзы.
3. Колбу соедините с ловушкой, а ловушку — с холодильником. Закрепите колбу на штативе в таком положении, чтобы зазор между дном колбы и плиткой составлял 2...3 мм. Подайте в холодильник воду.
4. Включите плитку и нагрейте содержимое колбы до кипения. Следите за тем, чтобы из кососрезанного конца трубки холодильника в приемник-ловушку падали 30—40 капель воды за 10 с.
5. Перегонку прекратите, как только объем воды в приемнике-ловушке не будет увеличиваться и верхний слой растворителя станет совершенно прозрачным. Время перегонки должно быть не менее 30 мин и не более 1 ч. При отсутствии воды в топливе растворитель в ловушке будет прозрачным.
6. Содержание воды в топливе χ , %, вычислите по формуле

$$\chi = \frac{V_i}{V_T} 100, \quad (35.1)$$

где V_i — объем воды в приемнике-ловушке, мл; V_T — объем испытуемого топлива, мл.

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование, материалы и образцы. Результаты испытания оформите в виде табл. 35.1. Сделайте вывод о допустимости применения данного топлива.

Таблица 35.1. Результаты определения количественного содержания воды в углеводородном топливе

До испытания		После испытания		Вывод
Количество испытуемого раствора, мл	Цвет раствора	Количество воды, мл	Цвет растворителя	

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как влияет на мощность автомобильного двигателя наличие воды в топливе?
2. Зависит ли долговечность и надежность работы автомобильного двигателя от наличия воды в топливе?

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСТОТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО КИСЛОРОДА

Цель работы — приобретение навыков определения сортности технического кислорода, используемого для сварки и резки металла.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Для газовой сварки и резки металла применяют технический кислород и ацетилен. Качество сварки зависит от мощности и вида пламени, на параметры которых влияет чистота кислорода. Качество технологии сварки и резки металла определяется характером пламени. По характеру **газовое пламя** бывает трех видов: нормальное, окислительное и ацетиленовое (науглероженное). Хорошее качество сварки и резки наблюдается при нормальном пламени, при котором соотношение массы кислорода и ацетилена составляет 1 : 1. В связи с тем что кислород чистым не бывает, газовое пламя может коптить, окислять химические элементы (марганец, кремний и др.) в свариваемых деталях. Это приводит к снижению качества сварки и резки металла.

В целях определения чистоты технического кислорода проводят его анализ по ГОСТ 5583—78 «Кислород газообразный технический и медицинский. Технические условия». В зависимости от чистоты **технический кислород** подразделяют на три **сорта**:

- кислород с массовой долей примесей не более 0,5 % — высший сорт (кислорода 99,5 %);
- кислород с массовой долей примесей не более 0,8 % — первый сорт (кислорода 99,2 %);

- кислорода с массовой долей примесей не более 1,5 % — второй сорт (кислорода 98,5 %).

Чем меньше в кислороде примесей, тем легче получить нормальное пламя, тем выше качество сварки и резки металла.

Сущность метода исследования заключается в определении чистоты технического кислорода по поглощению кислорода аммиачным раствором хлорида меди.

ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для выполнения лабораторно-практической работы необходимы:

- газовые баллоны с кислородом;
- запорные вентили;

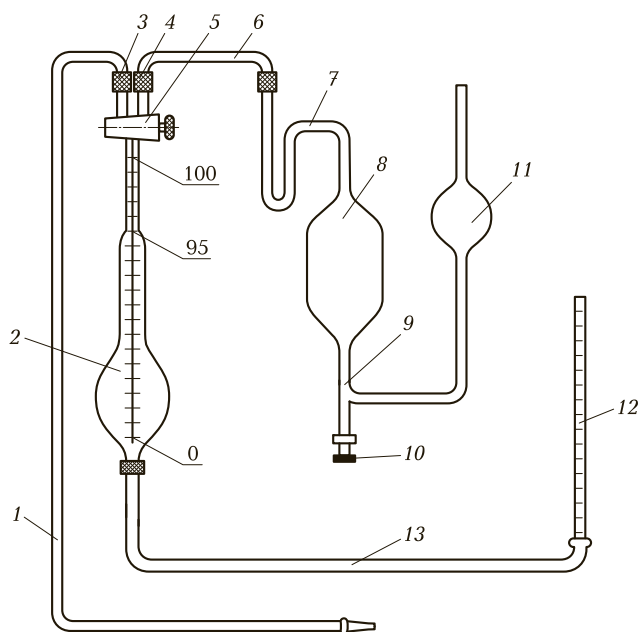


Рис. 36.1. Схема установки для определения чистоты технического кислорода:

1 — шланг; 2 — бюретка; 3, 4 — отрезки; 5 — трехходовой кран; 6 — капиллярная трубка; 7 — коленообразная трубка; 8 — пипетка; 9 — шейка пипетки; 10 — пробка; 11 — стеклянный шар; 12 — уравнивающий сосуд; 13 — резиновый шланг; 0, 95, 100 — отметки

- специальная установка, собранная по схеме, представленной на рис. 36.1;
- реактивы:
 - хлорид аммония (ГОСТ 3773—72 «Реактивы. Аммоний хлористый. Технические условия»);
 - водный аммиак (18%-ный раствор) (ГОСТ 3760—79 «Реактивы. Аммиак водный. Технические условия»);
 - соляная кислота (ГОСТ 3118—77 «Реактивы. Кислота соляная. Технические условия»);
 - дистиллированная вода (ГОСТ 6709—72 «Вода дистиллированная. Технические условия»);
- проволока из меди марки М1 диаметром 0,8 мм.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучите инструкцию по охране труда при газосварочных работах.

2. Вычертите схему установки (см. рис. 36.1). Соберите ее и подготовьте к работе.

3. Изготовьте из медной проволоки диаметром 0,8 мм спираль, используя стержень диаметром 5 мм. Полученную спираль разрежьте на части длиной 10 мм.

4. Спирали длиной 10 мм загрузите в пипетку 8, заполняя всю цилиндрическую часть пипетки. Закройте пипетку пробкой 10.

5. Приготовьте поглотительный раствор: 700 мл хлорида аммония растворите в 1 л дистиллированной воды, добавьте к полученному раствору 1 л водного аммиака и перемешайте. Налейте поглотительный раствор в стеклянный шар 11 и заполните всю цилиндрическую часть пипетки 8.

6. Установите кислородный редуктор на кислородном баллоне. На штуцер редуктора наденьте резиновый шланг 1. Регулирующим вентилем на штуцере настройте слабое истечение кислорода в бюретку.

7. Проверьте анализ чистоты технического кислорода в следующем порядке:

- подкислите дистиллированную воду несколькими каплями соляной кислоты;
- в уравнительный сосуд налейте подкисленную дистиллированную воду;

- подкисленной водой полностью залейте бюретку 2;
- поворотом трехходового крана 5 соедините пипетку 8 с бюреткой;
- поднимите или опустите уравнительный сосуд 11, добиваясь заполнения раствором капиллярной 6 и коленообразной 7 трубок;
- уравнительный сосуд установите против отметки «0» таким образом, чтобы уровень жидкости в нем и в бюретке совпали с отметкой «0»;
- уравнительный сосуд поднимите и запустите кислород в пипетку;
- перепустите в бюретку газ, который выделяется в процессе реакции кислорода с поглотительным раствором;
- закройте кран;
- совместите уровень воды в бюретке и сосуде;
- произведите измерение по шкале бюретки при уравнительном давлении. Объем, заполненный реактивом до уровня в бюретке, будет соответствовать процентному содержанию примеси в кислороде (цена деления между отметками «95» и «100» составляет 0,1 см³);
- для проверки анализа остаток газа перепустите в пипетку, встряхните и вновь выполните измерения. Если результат проверки отличается от первого не более чем на 0,1 %, то анализ проведен правильно.

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование, материалы и образцы. Результаты измерений оформите в виде табл. 36.1.

Таблица 36.1. Результаты определения чистоты технического кислорода

Вместимость газового баллона, м ³	Объем газа для анализа, см ³	Объем воды, л	Хлорид аммония, мл	Водный аммиак, мл	Показание шкалы прибора, %

Проанализируйте полученные данные и сделайте вывод о пригодности исследуемого кислорода для сверки и резки металла.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимается под технической чистотой кислорода?
2. Какое влияние оказывают на качество кислорода вода, соляная кислота и другие реактивы?
3. Охарактеризуйте виды пламени, образуемые при горении кислорода.
4. На какие сорта по чистоте подразделяют технический кислород?

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК

Цель работы — приобретение навыков определения качества пластичной смазки.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Качество пластичной смазки характеризуется таким показателем, как пенетрация. **Пенетрация** — это консистенция, или мягкость пластичных смазок (число проникаемости). Число проникаемости (пенетрации) определяется лабораторным путем на специальном оборудовании. Пластичные смазки характеризуются числом пенетрации при определенной температуре, а также коллоидной стабильностью (%). При поставке пластичных смазок в сопроводительных документах на каждую партию указывается число пенетрации. Если оно в процессе хранения изменилось, то это говорит об изменении структуры пластичной смазки. Такую смазку необходимо или утилизировать, или срочно использовать. Знание качества пластичных смазок и их характеристик необходимо работникам транспорта (автомеханикам, руководителям автосервиса).

Характеристики некоторых пластичных смазок при температуре 25 °С приведены в табл. 37.1.

Сущность метода испытания заключается в определении числа пенетрации пластичных смазок при температуре 25 °С и сравнивается со стандартными данными, приведенными в табл. 37.1. Испытание пенетрации проводится на лабораторном пенетрометре (рис. 37.1).

Таблица 37.1. Пенетрация пластичных смазок

Смазка	Пенетрация при 25 °С	Коллоидная стабильность, %
Солидол С	270...330	1...5
Пресс-солидол С	330...360	2...10
Графитная Усса	250...270	0,5...4
Литол-24	220...250	8...12
Фиол-1	310...340	15...20
Униол-1	280...320	2...7
ЦИАТИМ-201	290...320	16...30
ЦИАТИМ-221	280...320	4...7
№ 158	305	8...15
КБС	245...275	4...8
Лита	290...320	15...20

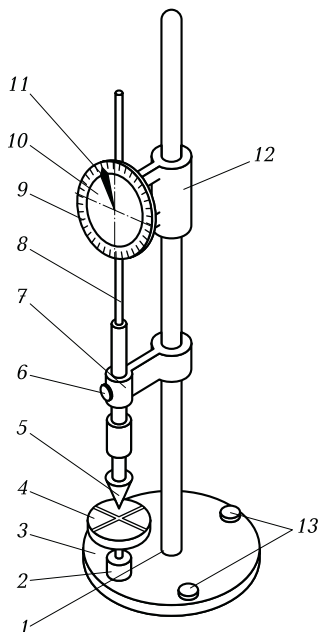


Рис. 37.1. Устройство лабораторного пенетromетра ЛП:

1 – стойка; 2 – винтовой механизм подъема предметного столика; 3 – основание; 4 – предметный столик; 5 – конус с иглой и грузом; 6 – винт фиксации конуса; 7 – нижний кронштейн; 8 – плунжер, соединенный с речным механизмом и подпираемый пружиной; 9 – циферблат (360 делений, цена деления 0,1 мм); 10 – часовой механизм; 11 – стрелка, соединенная через ось с конусом; 12 – верхний кронштейн; 13 – винты для установки прибора в вертикальном и горизонтальном положениях

ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для выполнения лабораторно-практической работы необходимы:

- пенетрометр;
- емкость с образцом пластичной смазки;
- секундомер.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучите инструкции по охране труда при работе с токсичными материалами.
2. Ознакомьтесь с устройством пенетрометра.
3. Соберите пенетрометр, проверьте вертикальность стойки и горизонтальность основания и предметного столика.
4. Заполните сосуд (стеклянный стакан) испытуемой смазкой, перемешайте, удалите лишнее и установите на предметный столик.
5. Установите на поверхность смазки наконечник конуса 5, при этом стрелку 11 зафиксируйте в положении «0».
6. Освобождая винтом 6 наконечник конуса, медленно (в течение 5 с) погрузите в смазку. При этом стрелка переместится на определенное число делений.
7. Зафиксируйте положение стрелки на циферблате и в протокол испытаний запишите число, на котором остановилась стрелка.
8. Проведите испытание четыре раза и определите среднее арифметическое.
9. Сделайте вывод о качестве пластичных смазок.

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование, материалы и образцы. Для испытаний возьмите 3—4 пластичные смазки. Результаты испытаний и расчетов оформите в виде табл. 37.2.

Таблица 37.2. Результаты измерения качества пластичных смазок

Марка смазки	1-е измерение	2-е измерение	3-е измерение	4-е измерение	Среднее арифметическое	Вывод

Сделайте вывод о качестве пластичных смазок.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Чем характеризуется качество пластичных смазок?
2. Дайте определение пенетрации пластичной смазки.
3. В каких единицах измеряется пенетрация пластичных смазок?
4. При какой температуре измеряется пенетрация пластичных смазок?
5. Назовите величину пенетрации пластичных смазок, измеренных при температуре 25 °С: Солидол С, Литол-24, ЦИАТИМ-221.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Цель работы — приобретение знаний и навыков по определению плотности нефтепродуктов.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Плотность нефтепродуктов — одна из основных паспортных характеристик. В нефтепродуктах различают абсолютную и относительную плотность.

Абсолютную плотность принято выражать в абсолютных значениях массы на единицу объема при определенной температуре. В системе СИ единицей плотности является килограмм на метр кубический ($\text{кг}/\text{м}^3$).

Относительная плотность — отношение масс равных объемов нефтепродукта и чистой воды при температуре 4°C . Для относительной плотности принято через дробь указывать температуру образца нефтепродуктов и воды.

Относительную плотность автомобильного бензина по действующему стандарту принято считать $0,69...0,75$, дизельного топлива — $0,82...0,86$. Знание физической единицы нефтепродуктов — плотности необходимо для учета прихода и расхода топлива, так как приход топлива учитывается в тоннах (массе), а расход — в литрах (объемах).

При определении плотности необходимо указывать температуру нефтепродуктов и воды. Европейские и российские стандарты применяют температуру при определении плотности нефтепродуктов — 20°C . В некоторых случаях допускается анализ при 15°C .

Плотность нефтепродуктов определяется с помощью ареометра АНТ-1, плотномера ВИП-2МР или нефтенденсиметра НДБ-1.

Для определения плотности вязких нефтепродуктов (смазочные, моторные, гипоидные, трансмиссионные масла и др.) с помощью нефтенденсиметра их разбавляют керосином в соотношении 1:1. Плотность полученной смеси вычисляют по формуле

$$\rho = 2\rho_1 - \rho_2,$$

где ρ_1 — плотность смеси; ρ_2 — плотность керосина (разбавителя).

Сущность метода испытания заключается в определении плотности нефтепродуктов при температуре 20 °С и сравнении ее с данными, приведенными в табл. 38.1.

Таблица 38.1. Средняя температура поправок для нефтепродуктов

Относительная плотность	Температурная поправка γ на 1 °С	Относительная плотность	Температурная поправка γ на 1 °С
0,6900 ... 0,6999	0,000910	0,8500 ... 0,8599	0,000699
0,7000 ... 0,7099	0,000897	0,8600 ... 0,8699	0,000686
0,7100 ... 0,7199	0,000884	0,8700 ... 0,8799	0,000673
0,7200 ... 0,7299	0,000870	0,8800 ... 0,8899	0,000660
0,7300 ... 0,7399	0,000857	0,8900 ... 0,8999	0,000647
0,7400 ... 0,7499	0,000844	0,9000 ... 0,9099	0,000633
0,7500 ... 0,7599	0,000831	0,9100 ... 0,9199	0,000620
0,7600 ... 0,7699	0,000818	0,9200 ... 0,9299	0,000607
0,7700 ... 0,7799	0,000805	0,9300 ... 0,9399	0,000594
0,7800 ... 0,7899	0,000792	0,9400 ... 0,9499	0,000581
0,7900 ... 0,7999	0,000778	0,9500 ... 0,9599	0,000567
0,8000 ... 0,8099	0,000765	0,9600 ... 0,9699	0,000554
0,8100 ... 0,8199	0,000752	0,9700 ... 0,9799	0,000541
0,8200 ... 0,8299	0,000738	0,9800 ... 0,9899	0,000528
0,8300 ... 0,8399	0,000725	0,9900 ... 0,9999	0,000515
0,8400 ... 0,8499	0,000712		

Рис. 38.1. Прибор для определения плотности нефтепродуктов (нефтеденсиметр):

1 — стеклянный цилиндр; 2 — нефтеденсиметр; 3 — исследуемый нефтепродукт

Исследование плотности нефтепродуктов проводится с помощью нефтеденсиметра (рис. 38.1), который представляет собой стеклянный поплавок со шкалой, градуированный в единицах плотности нефтепродукта, цена деления шкалы 10 кг/м^3 . Для погружения поплавка в нефтепродукт в запаянном конце помещен балласт.

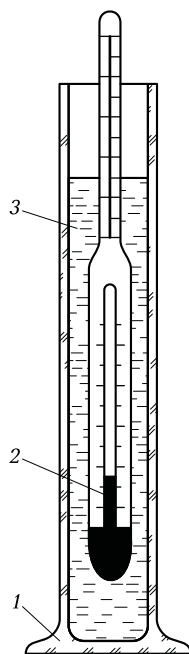
ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ, ОБРАЗЦЫ

Для выполнения лабораторно-практической работы необходимы:

- стеклянный сосуд (цилиндр);
- нефтеденсиметр;
- термометр;
- образцы нефтепродуктов.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучите инструкции по технике безопасности при работе с токсичными и горючими материалами.
2. Ознакомьтесь с устройством нефтеденсиметра.
3. Осторожно заполните стеклянный сосуд исследуемой жидкостью.
4. С помощью термометра измерьте температуру исследуемой жидкости.
5. Для измерения плотности медленно опустите нефтеденсиметр в сосуд с исследуемой жидкостью. При этом удерживайте прибор за верхнюю часть так, чтобы он свободно плавал, не прикасаясь к стенкам сосуда.



6. После того, как прекратятся колебания нефтенсиметра, снимите показания по верхнему краю исследуемого нефтепродукта.

7. При снятии показаний глаза должны находиться на уровне верхнего края исследуемой жидкости.

8. Полученные результаты подставьте в формулу для вычисления плотности:

$$\rho_4^{20} = \rho_4^t + \gamma(t - 20^\circ)$$

где ρ_4^t — плотность при температуре испытания; γ — средняя температурная поправка плотности на 1°C (см. табл. 38.1); t — температура испытания, $^\circ\text{C}$.

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Напишите отчет, в котором укажите название и цель работы, применяемое оборудование, материалы и образцы. Результат измерений и расчетов оформите в виде табл. 38.2.

Таблица 38.2. Результаты измерений плотности нефтепродуктов

Наименование нефтепродукта	Плотность нефтепродукта	Вывод

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение плотности вещества.
2. В каких единицах измеряется плотность?
3. При какой температуре измеряется плотность нефтепродуктов?
4. Чем измеряется плотность нефтепродуктов?
5. Укажите, чем отличаются абсолютная и относительная плотность нефтепродуктов.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ПОЛОЖЕНИЕ ОБ ОХРАНЕ ТРУДА И ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ЛАБОРАТОРИЯХ И МАСТЕРСКИХ ПО ИСПЫТАНИЮ МАТЕРИАЛОВ

Общие положения

В Трудовом кодексе¹ Российской Федерации в разделе «Охрана труда» дано следующее определение термина «охрана труда»: это система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические и иные мероприятия. В этом разделе раскрыты также основные понятия охраны труда: условия труда, вредный производственный фактор, опасный производственный фактор, средства индивидуальной и коллективной защиты работников и др.

Организация мероприятий по охране труда и пожарной безопасности в лабораториях и мастерских по испытанию металлов и сплавов основана на требованиях следующих нормативных документов:

- ГОСТ 12.0.004—90 «ССБТ. Организация обучения безопасности труда. Общие положения»;
- ГОСТ 12.1.033—81 «ССБТ. Пожарная безопасность. Термины и определения»;
- ГОСТ 12.0.003—74* «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»;
- ГОСТ 12.1.005—88* «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»;
- ГОСТ 12.2.003—91 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности»;
- ГОСТ 12.2.049—80 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования»;
- ГОСТ 12.4.125—83 «ССБТ. Средства коллективной защиты работающих от воздействий механических факторов. Классификация»;

¹ Федеральный закон от 30.12.2001 № 197-ФЗ (в редакции Федеральных законов от 24.07.2009 № 206-ФЗ и № 213-ФЗ).

- ГОСТ Р 12.4.026—2001 «ССБТ. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний»;
- Межотраслевые правила обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты (утверждены приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 01.06.2009 № 290н);
- СНиП 21-01—97* «Пожарная безопасность зданий и сооружений»;
- ППБ 01—03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации;
- Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Система безопасности — система организационно-технических и экономических мероприятий, включающая в себя требования к производственным помещениям, технологическому оборудованию, приборам, установкам, инструменту, электрическим сетям и электроустановкам. Высокие требования предъявляются к технологическим процессам, создающим безопасные условия труда и исключающим травматизм обучающихся и несчастные случаи.

Организация и проведение мероприятий по обеспечению безопасности труда

Организация и проведение мероприятий по обеспечению безопасности труда включает в себя следующее:

- обучение безопасным методам и приемам труда, трудовому порядку, правилам поведения;
- организация и проведение трехступенчатого контроля;
- выполнение требований:
 - к учебным помещениям;
 - учебному оборудованию и приборам;
 - электробезопасности;
 - промышленной санитарии и гигиены;
 - пожарной безопасности;
 - охраны труда при выполнении лабораторно-практических работ.

На основании типовых инструкций, действующих в различных отраслях экономики, с учетом содержания лабораторно-практических работ для учащихся разработаны инструкции по охране труда по следующей схеме:

- общие требования охраны труда;
- требования охраны труда перед началом работы;
- требования охраны труда во время работы;
- требования охраны труда в аварийных ситуациях;
- требования охраны труда по окончании работы.

Требования к учебным помещениям

Общие требования к помещениям, в том числе учебным, регламентированы СНиП 21-01—97, Правилами пожарной безопасности зданий и сооружений. Учебные кабинеты, лаборатории, мастерские и коридоры должны быть покрашены огнеупорной краской, имеющей противопожарный сертификат. Покрытие полов выполняется из огнеупорных материалов. Допускается покрытие полов линолеумом при наличии противопожарного и гигиенического сертификатов. Стальные балки межэтажных лестничных маршей должны быть покрыты огнезащитным материалом. Учебные помещения оборудуются запасными выходами, планом эвакуации людей, автоматической пожарной сигнализацией оповещения и тушения пожара.

Эвакуационные выходы и направление эвакуации людей обозначаются в соответствии с ГОСТ Р 12.4.026—2001. Помещения оборудуются отдельным источником освещения от аккумуляторной батареи или от специальной аварийной сети. На видном месте размещаются средства пожаротушения. В каждом учебном помещении вывешивается инструкция по безопасности труда, требованиям безопасности и пожарной безопасности. В доступном для обучающихся месте размещается медицинская аптечка с медикаментами и средствами для оказания первой доврачебной помощи пострадавшим (шины, средства дезинфекции и нейтрализации особо опасных химических веществ и др.).

Требование к оборудованию и приборам

Конструкции и приборы исполняются и размещаются так, чтобы исключить травматизм и несчастные случаи обучающегося и персонала. Эти требования регламентируются ГОСТ 12.2.049—80, ГОСТ 12.4.125—83 и ГОСТ 12.2.003—91.

Согласно ГОСТ 12.4.125—83 должны быть предусмотрены средства коллективной защиты работающих на технологическом оборудовании, в том числе учебном: различного рода оградительные устройства, предотвращающие травматизм при выбросе заготовок, блокировки станка при аварийных ситуациях или невключении системы.

С развитием научно-технического прогресса в сфере технологии, станков, машин и механизмов стандарты системы безопасности труда постоянно совершенствуются, так как возрастают требования по обеспечению санитарно-гигиенических норм и правил, более широкого санитарно-бытового обслуживания обучающихся. Высокие требования предъявляются к производственным вредным факторам, созданию комфортного микроклимата на рабочих местах, в том числе при выполнении лабораторно-практических работ.

Электробезопасность

Электробезопасность в учебных помещениях регулируется общими разделами 1 и 2 Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей, которые регламентируют правила установки (монтажа) электрооборудования, типы заземляющих устройств и их системы, напряжение элект-

ропитания приборов и электрооборудования. Действующие нормативные документы, в том числе международные стандарты, регламентируют техническую электробезопасность людей, максимальное напряжение, частоту тока, наличие разделительных трансформаторов, защитных отключающих устройств, блокировки включения сети, работу с реостатами, проектирование, монтаж и эксплуатацию электрооборудования, типы заземления системы и другие технические параметры, исключающие поражение электрическим током обучающихся и персонала в процессе учебных занятий.

Промышленная санитария и гигиена

Промышленная санитария и гигиена регламентируется следующими нормативными актами: ГОСТ 12.0.003—74* и ГОСТ 12.1.005—88*.

Гигиена (от гр. *hygieinos* — целебный, оздоровительный) — раздел медицины, изучающий условия сохранения здоровья человека, ее подразделяют на общую гигиену, гигиену труда и гигиену экологического состояния растительного и животного мира и окружающей среды. В лабораториях и учебных мастерских большое внимание уделяется гигиене труда и личной гигиене.

Согласно действующим стандартам опасные и вредные производственные факторы подразделяют на физические, химические, биологические и психофизиологические. Каждая из этих групп классифицируется на несколько подгрупп. Особенную опасность представляет группа физических факторов. Станки и машины, выполненные без защитных ограждений, их обрабатывающие шпиндельные головки, запыленность и загазованность, колебание температуры, шум, влажность, магнитные излучения и другие факторы отрицательно влияют на здоровье и безопасность людей. Не менее опасными являются факторы, приводящие к профессиональным заболеваниям.

В учебных помещениях создается комфортный микроклимат для обучающихся: допустимая температура, вентиляция, влажность, движения воздуха, шум и другие параметры, влияющие на условия рабочего места.

Большое значение в создании безопасных условий для человека на рабочем месте имеют средства индивидуальной защиты, к которым относятся защитные очки, беруши, шумозащитные наушники, респираторы, специальная одежда и специальная обувь, электроизоляционные галоши и перчатки. Применение этих средств исключает травматизм и профессиональные заболевания.

В соответствии с санитарными нормами и правилами в учебных помещениях создаются санитарно-бытовые условия: оборудование бытовых комнат с умывальниками, наличие моющих и дезинфицирующих средств, обеспечение питьевого режима и др. Санитарно-бытовые помещения оформляются по ГОСТ Р 12.4.026—2001 табличками с соответствующими надписями, например «Вода для питья», «Аптечка», «Туалет» и т. д.

Пожарная безопасность

Пожарная безопасность — это система нормативно-правовых актов и технических мероприятий, направленных на исключение возникновения

пожара, сохранность на объектах (образовательных учреждениях) материальных ценностей и людей.

Основным нормативным документом по пожарной безопасности являются Правила пожарной безопасности в Российской Федерации (ППБ 01—03), которые регламентируют деятельность руководителей образовательных учреждений, заведующих лабораториями, кабинетами и мастерскими по недопущению пожара, а в случае возникновения — его ликвидации.

Нормативные акты предписывают систему предупредительных мероприятий по созданию и оснащению учебных помещений, выполнение которых исключает возникновение пожаров. Организация учебных помещений, размещение оборудования, электроустановок и инструмента, поведение персонала и учащихся и другие мероприятия, предусмотренные действующими правилами пожарной безопасности, предотвращают возникновение пожара, а в случае его возникновения предписывают порядок действий персонала и учащихся.

Правила пожарной безопасности обязательны во всех образовательных учреждениях и включают в себя следующие требования и мероприятия:

- обучение персонала и учащихся выполнению учебных (и иных) работ, исключающих возникновение пожара;
- требования к территориям и учебным помещениям;
- наличие системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха;
- размещение учебного (и иного) оборудования;
- требования к электрическим сетям, электрооборудованию и их эксплуатации;
- наличие системы автоматической пожарной сигнализации;
- организацию противопожарного водоснабжения;
- номенклатуру первичных средств пожаротушения (ломы, лопаты, багры, ведра, песок, огнетушители и др.), их размещение и использование;
- содержание и систему инструктажей по противопожарным мероприятиям (первичный, вторичный, занятия по пожарно-техническому минимуму);
- действия административного персонала, педагогов и учащихся в случае пожара;
- правила хранения материалов и веществ (в том числе огнеопасных) в образовательном учреждении.

Соблюдение пожарной безопасности является обязательным условием работы персонала и учащихся в учебных кабинетах, лабораториях и мастерских. Правила пожарной безопасности, утвержденные руководителем образовательного учреждения, вывешиваются на видном месте.

Перед выполнением лабораторно-практических работ, связанных с химическими взрывоопасными реактивами и горюче-смазочными материалами, преподаватель знакомит учащихся с безопасными условиями

труда и правилами пожарной безопасности. Горюче-смазочные (или иные) взрывоопасные материалы должны храниться на специальном складе (вне учебных помещений).

За нарушение правил пожарной безопасности педагогический персонал и учащиеся несут ответственность в административном и в отдельных случаях в судебном порядке.

Требование к персоналу и учащимся

На всех этапах обучения в кабинетах, лабораториях и мастерских в соответствии с ГОСТ 12.0.004—90 педагогический, обслуживающий персонал и учащиеся должны проходить обучение на семинарах (курсах, уроках) безопасным методам и приемам труда. Порядок обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций утвержден Постановлением от 13.01.2003 № 29 Министерства труда и социального развития Российской Федерации и № 1 Министерства образования Российской Федерации.

Задача семинаров (курсов, уроков) направлена на формирование высокой ответственности и сознательности в области личной безопасности и безопасности учебной группы (бригады) и сотрудников лаборатории. Формой контроля окончания курса безопасности труда является зачет (экзамен). После сдачи зачета (экзамена) учащиеся допускаются к выполнению лабораторно-практических работ. Сведения об экзамене проставляются в специальном журнале с росписью обучающихся. Журнал хранится у преподавателя в учебном подразделении. В содержание инструктажей входит специфика работы учебной мастерской (лаборатории) и конкретной лабораторно-практической работы.

Каждый учащийся перед началом выполнения задания получает руководство по лабораторно-практической работе, образцы для испытания и знакомится с соответствующим оборудованием и приборами. При получении травмы, поражении электрическим током учащийся должен немедленно сообщить об этом преподавателю, а преподаватель принять соответствующие меры. В случае аварийной ситуации необходимо немедленно отключить электропитание оборудования и сообщить об этом преподавателю (руководителю). К обслуживанию электрооборудования допускаются лица, имеющие соответствующую группу допуска по работе с электроустановками.

В образовательных учреждениях, где учебно-воспитательный процесс связан с профессиональным обучением рабочим профессиям, охране труда придается важное значение. В учебно-производственных мастерских и лабораториях проводится комплекс мероприятий, обеспечивающих охрану труда. Все мероприятия по охране труда и пожарной безопасности отмечаются в специальных журналах:

- журнале инструктажей на рабочем месте учащихся;
- журнале учета несчастных случаев с учащимися;
- журнале учета выдачи инструкций по охране труда для работников;

- журнале трехступенчатого контроля за состоянием охраны труда, требований безопасности и производственной санитарии;
- журнале учета первичных средств пожаротушения;
- журнале регистрации противопожарного инструктажа на рабочем месте;
- журнале учета технического обслуживания и проверок работоспособности автоматической сигнализации оповещения и тушения пожара, водопровода и противопожарной техники.

Перечисленные мероприятия, проводимые в образовательном учреждении, и их регистрация в специальных журналах проводятся в целях обеспечения сохранности материальных ценностей, жизни и здоровья учащихся.

ИНСТРУКЦИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА ПРИ ИСПЫТАНИИ МАТЕРИАЛОВ В УЧЕБНЫХ МАСТЕРСКИХ (КАБИНЕТАХ, ЛАБОРАТОРИЯХ)

1. Общие требования охраны труда

1.1. Обучающиеся, не достигшие возраста 18 лет, к работе по испытанию материалов в учебных мастерских (кабинетах, лабораториях) допускаются только под руководством мастера производственного обучения (инструктора, преподавателя). Перед работой обучающие должны пройти инструктаж на рабочем месте, овладеть безопасными приемами работы и сдать соответствующий зачет (экзамен).

1.2. Обучающиеся в возрасте 18 лет и старше допускаются к работе в учебных мастерских (кабинетах, лабораториях) самостоятельно после прохождения инструктажа на рабочем месте, освоения безопасных приемов работы и сдачи соответствующего зачета (экзамена).

1.3. Требования к оборудованию, мастерской (кабинету, лаборатории) по испытанию материалов:

- наличие на движущихся механизмах станков (оборудования) защитного кожуха из небьющегося стекла с автоматическим отключением электропитания;
- наличие на станках (оборудовании) заземляющего устройства. Заземляющее устройство должно ежегодно проверяться на электросопротивление (электросопротивление должно быть не более 4 Ом);
- на станках (оборудовании) должно быть установлено местное освещение на 36 или 12 В, которое по окончании работы должно быть выключено;
- у станков (оборудования) под ногами работающего должен быть деревянный трап с резиновым электроизоляционным ковриком;
- рабочее место у станков (оборудования) нужно содержать в чистоте, регулярно убирать грязь и пыль;
- в учебном помещении должны быть в наличии индивидуальные средства защиты, медицинская аптечка, противопожарный инвентарь, а также инструкция по охране труда, требованиям безопасности и пожарной безопасности;
- на выходе из помещения должен висеть план эвакуации людей на случай пожара;
- учебные помещения должны быть оснащены автоматической сигнализацией оповещения и тушения пожара, индивидуальными противопожарными средствами;
- в учебном помещении должен систематически проводиться трехступенчатый контроль охраны труда, исправности работы

автоматической сигнализации обнаружения и тушения пожара, санитарного состояния мастерской (кабинета, лаборатории), инструктажа на рабочих местах учащихся.

1.4. Работа в учебных мастерских (кабинетах, лабораториях) по испытанию материалов связана со следующими травмоопасными факторами:

- недостаточная освещенность рабочего места;
- поражение рук, лица, глаз разлетающимися кусочками испытуемого образца или токсичными материалами;
- неисправность электрооборудования;
- отсутствие или неисправность заземления;
- движущиеся механизмы, заготовки, образцы, материалы;
- защемление рук механизмами станков (оборудования);
- испарение аэрозолей смазочно-охлаждающих веществ.

1.5. Учащийся обязан:

- выполнять только работу, порученную мастером производственного обучения (инструктором, преподавателем);
- строго выполнять правила безопасности на рабочем месте;
- соблюдать правила внутреннего распорядка, режим труда и отдыха;
- соблюдать режим личной гигиены и санитарии;
- пользоваться средствами индивидуальной защиты (очки, беруши, шумозащитные наушники, резиновые перчатки, пинцеты, специальная одежда, специальная обувь и т. д.);
- не загромождать рабочее место материалами, заготовками, образцами, отходами, мусором и т. д.;
- содержать в чистоте рабочее место, очищать станки (оборудование) от пыли, грязи, масла и смазки.

1.6. Учащемуся запрещается:

- выполнять какую-либо работу без разрешения мастера производственного обучения (инструктора, преподавателя);
- прикасаться к оголенным проводам, клеммам и токоведущим частям электрооборудования;
- проводить испытания материалов в рукавицах и с забинтованными пальцами без напальчников;
- работать без средств индивидуальной защиты.

1.7. За нарушение инструкции по охране труда и пожарной безопасности виновные привлекаются к ответственности согласно уставу образовательного учреждения и действующего законодательства.

2. Требования охраны труда перед началом работы

Перед началом работы учащийся должен:

- получить задание у мастера производственного обучения (инструктора, преподавателя);

- изучить соответствующие инструкции по охране труда при испытании материалов, пожарной безопасности;
- проверить местное освещение рабочего места, если оно неисправно сообщить об этом мастеру производственного обучения (инструктору, преподавателю);
- проверить исправность механической части станков (оборудования), электрооборудования, наличие технологической оснастки, инструмента, материалов, образцов, документации;
- разложить на рабочем месте инструмент, материалы, образцы в удобном для использования положении, убрать все лишние предметы;
- надеть средства индивидуальной защиты (головной убор, спецодежду, очки);
- включить станок (оборудование) на холостом ходу и пониженных режимах работы и, убедившись в его исправности, выключить. При обнаружении неисправностей в работе механизмов доложить об этом мастеру производственного обучения (инструктору, преподавателю).

3. Требования охраны труда во время работы

Во время работы учащийся должен:

- проводить испытание образцов согласно руководству по проведению лабораторно-практической работы;
- выполнять только работу, порученную мастером производственного обучения (инструктором, преподавателем);
- складывать образцы после испытания в специальную тару;
- не держать руки в зоне работы механизмов;
- не оставлять инструмент и какие-либо предметы на станине станков (оборудования);
- соблюдать учебную дисциплину, правила внутреннего распорядка, режим труда и отдыха;
- работать в специальной одежде и средствах индивидуальной защиты (берет, халат, хлопчатобумажные перчатки, защитные очки и т. п.);
- при травмировании другого учащегося оказать первую медицинскую помощь, при необходимости вызвать врача, сообщив об этом мастеру производственного обучения (инструктору, преподавателю), а также администрации образовательного учреждения.

4. Требования охраны труда в аварийных ситуациях

4.1. При выходе из строя пресса или его поломке во время работы нужно выключить электродвигатель и сообщить об этом мастеру производственного обучения (инструктору, преподавателю).

4.2. При нарушении изоляции, обрыве электрического провода следует немедленно отключить общую электрическую сеть, предупредить учащихся об опасности и сообщить об этом мастеру производственного обучения (инструктору, преподавателю).

4.3. Приступать к работе на станке (оборудовании) нужно только при условии устранения всех неисправностей механической части и электрооборудования.

4.4. При получении другим учащимся травмы следует оказать ему первую помощь, используя медицинские препараты из аптечки.

4.5. При поражении электрическим током нужно освободить пострадавшего от контакта с проводом, оказать медицинскую помощь, при необходимости вызвать врача, сообщив об этом мастеру производственного обучения (инструктору, преподавателю).

4.6. В случае возникновения пожара следует принять необходимые меры к его ликвидации средствами пожаротушения. Если очаг загорания локализовать не удастся, нужно вызвать дежурную службу МЧС России и сообщить об этом администрации образовательного учреждения.

5. Требования охраны труда по окончании работы

По окончании работы учащийся должен:

- выключить электродвигатель станка (оборудования);
- вынуть образцы из испытательного оборудования и сдать их мастеру производственного обучения (инструктору, преподавателю);
- привести в порядок рабочее место;
- протереть, а затем смазать станок (оборудование) в положенных местах специальными средствами;
- снять специальную одежду, средства индивидуальной защиты;
- вымыть лицо и руки с мылом или дезинфицирующими средствами.

Список литературы

1. *Адашкин А. М.* Материаловедение (металлообработка) : учебник / А. М. Адашкин, В. М. Зуев. — М. : Издательский центр «Академия», 2004. — 240 с.
2. *Басс А. Н.* Методические указания к лабораторным работам по курсу «Эксплуатационные материалы» / А. Н. Басс. — Свердловск : Изд-во УЛТИ (Уральский лесотехнический институт), 1984. — 38 с.
3. Материаловедение и термическая обработка сталей : справочник. — Т. 1 : Методы испытаний и исследований / [Б. С. Бокштейн, Ю. Э. Векслер, М. И. Виноград и др.] ; под ред. М. Л. Берштейна, А. Г. Рахштадта. — М : Металлургия, 1983. — 352 с.
4. *Васильев Н. П.* Лабораторные работы по электрометалловедению / Н. П. Васильев. — М. : Высш. шк., 1978. — 86 с.
5. *Вереина Л. И.* Техническая механика : учебник / Л. И. Вереина. — 6-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2008. — 224 с.
6. *Гусев А. П.* Металловедение / А. П. Гусев. — М. : Металлургия, 1977. — 480 с.
7. Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих. — Вып. 14, 15, 16, 18, 21. — М. : ПРИОР, 2002. — 158 с.
8. Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих. — Вып. 34. — М. : ЮРАН, 2006. — 180 с.
9. Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих. — Вып. 2. — Ч. 1. — М. : ПРИОР, 2002. — 256 с.
10. Основы материаловедения (металлообработка) : учеб. пособие / [В. Н. Заплатин, Ю. И. Сапожников, А. В. Дубов и др.] ; под ред. В. Н. Заплатина. — М. : Издательский центр «Академия», 2007. — 256 с.
11. *Заплатин В. Н.* Справочное пособие по материаловедению : учеб. пособие / В. Н. Заплатин, Ю. И. Сапожников, А. В. Дубов ; под ред. В. Н. Заплатина. — М. : Издательский центр «Академия», 2007. — 224 с.
12. *Зуев В. М.* Термическая обработка материалов / В. М. Зуев. — М. : Машиностроение, 1980. — 296 с.
13. *Кириченко Н. Б.* Автомобильные эксплуатационные материалы : Практикум : учеб. пособие / Н. Б. Кириченко. — М. : Издательский центр «Академия», 2004. — 96 с.
14. *Лоскутов В. В.* Шлифование металлов / В. В. Лоскутов. — М. : Машиностроение, 1985. — 256 с.
15. *Маньков В. Д.* Безопасность эксплуатации ЭУ / В. Д. Маньков, С. Ф. Заграничный. — СПб. : НОУ ДПО «УМИТЦ «ЭлектроСервис», 2005. — 222 с.

16. *Недоступов Ю.К.* Охрана труда в образовательном учреждении : сборник инструкций. — Ч. 2 / Ю.К. Недоступов. — Мытищи : УПЦ «Талант», 2003. — 196 с.
17. Оборудование и материалы для неразрушающего контроля и технической диагностики : каталог продукции НПФ АВЭК. — Екатеринбург : Овсет 7 — Комплекс, 2004. — 78 с.
18. Сборник правил и инструкций по пожарной безопасности. — Свердловск : Энергетическое управление Свердловэнерго, 1981. — 295 с.
19. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации (в ред. Приказа МЧС России от 18.06.2003 № 313). — Екатеринбург : КАЛАН, 2007. — 156 с.
20. Справочник специалиста по охране труда. — М. : Ветрастар, 2007. — 487 с.
21. *Семенова И.В.* Коррозия и защита от коррозии / И.В. Семенова, Г.М. Флюрианович, А.В. Хорошилов. — М. : ФИЗМАТ, 2002. — 334 с.
22. *Сеферов Г.Г.* Материаловедение / Г.Г. Сеферов, В.Т. Батиенков, А.А. Фоменко. — М. : ИНФРА-М, 2005. — 160 с.
23. *Сорокина В.Г.* Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокина. — М. : Машиностроение, 1989. — 640 с.
24. *Сологуб Н.А.* Лабораторные работы по технологии металлов / Н.А. Сологуб, В.Н. Ильин, К.А. Ипатов. — М. : МАШГИЗ, 1961. — 296 с.
25. *Рыбаков В.М.* Дуговая и газовая сварка / В.М. Рыбаков. — М. : Высш. шк., 1981. — 256 с.
26. Справочник металлста / под общ. ред. А.Г. Рахштадта, В.А. Брас-трема. — М. : Машиностроение, 1976. — 392 с.
27. *Ржевская С.В.* Материаловедение : практикум / С.В. Ржевская. — М. : Логос, 2004. — 270 с.
28. Материаловедение и технология металлов / [Г.П. Фетисов, М.Г. Карпман, В.М. Матюнин и др.]. — М. : Высш. шк., 2000. — 638 с.
29. Материаловедение и технология машиностроения / под ред. Г.П. Фетисова. — М. : Высш. шк., 2005. — 862 с.
30. *Фоминых Г.Ф.* Режущий инструмент / Г.Ф. Фоминых. — Л. : Машиностроение, 1981. — 392 с.
31. *Черепашин А.А.* Технология обработки материалов : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / А.А. Черепашин. — 3-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2004. — 272 с.
32. *Швам Е.Е.* Строение древесины / Е.Е. Швам. — Екатеринбург : Изд-во УГЛУ (Уральский государственный лесотехнический университет), 2002. — 38 с.
33. *Швам Е.Е.* Физические и механические свойства древесины : методические указания по лабораторным работам / Е.Е. Швам, В.А. Чернышова, Л.В. Бурко. — Екатеринбург : Изд-во УГЛА (Уральская государственная лесотехническая академия), 1995. — 24 с.
34. Лабораторный практикум по лесному товароведению для студентов специальностей 2601, 2602, 3112, 1704 / [Е.Е. Швам, Г.А. Повод, В.А. Чернышова и др.]. — Свердловск : Изд-во УЛТИ, 1991. — 25 с.
35. *Кузнецов А.В.* Практикум по топливам и смазочным материалам / А.В. Кузнецов, М.А. Кульчев. — М. : Агропромиздат, 1987. — 224 с.

Содержание

Предисловие	4
Лабораторно-практическая работа № 1. Определение предела прочности и пластичности при растяжении металлов и сплавов	6
Лабораторно-практическая работа № 2. Определение ударной вязкости металлов и сплавов (прочность на удар)	16
Лабораторно-практическая работа № 3. Определение твердости металлов и сплавов по методу Бринелля	22
Лабораторно-практическая работа № 4. Определение твердости металлов и сплавов по методу Роквелла	28
Лабораторно-практическая работа № 5. Определение твердости металлов и сплавов по методу Виккерса	35
Лабораторно-практическая работа № 6. Определение твердости металлов и сплавов по методу Шора	43
Лабораторно-практическая работа № 7. Определение твердости металлов и сплавов по методу Польшди	47
Лабораторно-практическая работа № 8. Определение твердости материалов по методу (шкале) Мооса	51
Лабораторно-практическая работа № 9. Ознакомление с современными методами и приборами определения твердости материалов	54
Лабораторно-практическая работа № 10. Определение пригодности конструкционных материалов к операциям деформирования	59
Лабораторно-практическая работа № 11. Проба на обрабатываемость стали резанием	67
Лабораторно-практическая работа № 12. Исследование свариваемости металлов и сплавов	74
Лабораторно-практическая работа № 13. Исследование паяемости металлов и сплавов	83
Лабораторно-практическая работа № 14. Определение марки стали по искре	89

Лабораторно-практическая работа № 15. Испытание конструкционных материалов на абразивное изнашивание	94
Лабораторно-практическая работа № 16. Испытание конструкционных материалов на коррозию	100
Лабораторно-практическая работа № 17. Исследование макроструктуры (макроанализ) металлов и сплавов	105
Лабораторно-практическая работа № 18. Анализ микроструктуры углеродистой стали	112
Лабораторно-практическая работа № 19. Анализ микроструктуры чугуна	118
Лабораторно-практическая работа № 20. Анализ микроструктуры цветных металлов и сплавов	122
Лабораторно-практическая работа № 21. Анализ диаграммы состояния сплавов системы железо — цементит	129
Лабораторно-практическая работа № 22. Закаливаемость и прокаливаемость стали	136
Лабораторно-практическая работа № 23. Закалка и отпуск конструкционных и инструментальных материалов	142
Лабораторно-практическая работа № 24. Цементация углеродистой стали	149
Лабораторно-практическая работа № 25. Определение твердости, абразивной способности и неуравновешенности абразивного инструмента	155
Лабораторно-практическая работа № 26. Определение характеристик абразивного инструмента по маркировке	162
Лабораторно-практическая работа № 27. Определение качества древесины	168
Лабораторно-практическая работа № 28. Определение влажности древесины	174
Лабораторно-практическая работа № 29. Определение плотности древесины	178
Лабораторно-практическая работа № 30. Определение линейной и объемной усушки древесины	182
Лабораторно-практическая работа № 31. Определение плотности электролита в аккумуляторных батареях	187
Лабораторно-практическая работа № 32. Определение плотности и температуры замерзания антифриза (тосола)	194

Лабораторно-практическая работа № 33.	
Определение вязкости топлива и масла	198
Лабораторно-практическая работа № 34.	
Определение качества моторного масла простейшими методами	204
Лабораторно-практическая работа № 35.	
Определение содержания воды в жидком углеводородном топливе	208
Лабораторно-практическая работа № 36.	
Определение чистоты технического кислорода	212
Лабораторно-практическая работа № 37.	
Определение качества пластичных смазок	217
Лабораторно-практическая работа № 38.	
Определение плотности нефтепродуктов	221
Приложения	225
Список литературы	236

Учебное издание

**Заплатин Валентин Никандрович, Сапожников Юрий Иванович,
Дубов Александр Викторович, Духнеев Евгений Михайлович**

**Лабораторный практикум по материаловедению
в машиностроении и металлообработке**

Учебное пособие

4-е издание, стереотипное

Редакторы *Е. Б. Махиянова, С. И. Зубкова*
Технический редактор *Е. Ф. Коржуева*
Компьютерная верстка: *Е. Ю. Назарова*
Корректор *С. Ю. Свиридова*

Изд. № 704207998. Подписано в печать 21.11.2016. Формат 60 × 90 / 16.
Гарнитура «Балтика». Усл. печ. л. 15,0.

ООО «Издательский центр «Академия». www.academia-moscow.ru
129085, Москва, пр-т Мира, 101В, стр. 1.
Тел./факс: (495) 648-0507, 616-00-29.

Санитарно-эпидемиологическое заключение № РОСС RU.ПШ01.Н00695 от 31.05.2016.