

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра систем управления и информационных технологий в строительстве

**КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ по дисциплине

«Контроль качества конструкционных материалов» для студентов очного и  
заочного отделения, направления 27.03.02 Управление качеством профиль:  
Энергетический менеджмент в строительстве и промышленности

Воронеж 2021

УДК 620.22(07)  
ББК 30.3я723

**Составители:**

*канд. техн. наук И.В. Поцбнева*

**Контроль качества конструкционных материалов:** методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Контроль качества конструкционных материалов» для студентов направления 27.03.02 Управление качеством профиль: Энергетический менеджмент в строительстве и промышленности / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: И.В. Поцбнева. - Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. - 41 с.

Методические указания содержат теоретический материал, необходимый для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Контроль качества конструкционных материалов» разрабатывались на основе требований ФГОС с опорой на научные принципы формирования содержания образования. Данные методические указания отражают актуальные направления 27.03.02 Управление качеством профиль: Энергетический менеджмент в строительстве и промышленности.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле ЛР\_КККМ.

Ил. 2. Табл. 12. Библиогр.: 2 назв.

**УДК 620.22(07)**  
**ББК 30.3я723**

**Рецензент** - И. В. Фатеева, канд. экон. наук, доцент кафедры инноватики и строительной физики имени профессора И.С. Суровцева Воронежского государственного технического университета

*Издается по решению редакционно-издательского совета  
Воронежского государственного технического университета*

## ВВЕДЕНИЕ

Представлен комплекс лабораторных работ, позволяющий изучить взаимосвязь состава, строения, структуры и свойств различных материалов, а также закономерности их изменения под тепловым, химическим, механическим и другими воздействиями. Дать оценку возможности использования этих материалов в практике для студентов направления 27.03.02 Управление качеством профиль: Энергетический менеджмент в строительстве и промышленности. Описаны методика и практика проведения практических занятий, предложены работы по проведению испытаний образцов на твердость и на разрыв, а также на изучение структуры стали, в том числе и после термообработки.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ ТИТАНА

**Цель:** изучить свойства титана.

**Обеспечение:** Методические рекомендации по выполнению практических работ по материаловедению, компьютеры, файл «Структура и свойства цветных металлов и сплавов».

**Теоретическая часть:**

**Титан и его сплавы**

Титан серебристо-белый легкий металл с плотностью 4,5 г/см<sup>3</sup>. Температура плавления титана зависит от степени чистоты и находится в пределах 1660...1680°C.

Чистый иодидный титан, в котором сумма примесей составляют 0,05...0,1 %, имеет модуль упругости 112 000 МПа, предел прочности около 300 МПа, относительное удлинение 65%. Наличие примесей сильно влияет на свойства. Для технического титана ВТ1, с суммарным содержанием примесей 0,8 %, предел прочности составляет 650 МПа, а относительное удлинение – 20 %.

При температуре 882°C титан претерпевает полиморфное превращение,  $\alpha$ -титан с гексагональной решеткой переходит в  $\beta$ -титан с объемно-центрированной кубической решеткой. Наличие полиморфизма у титана создает предпосылки для улучшения свойств титановых сплавов с помощью термической обработки.

Титан имеет низкую теплопроводность. При нормальной температуре обладает высокой коррозионной стойкостью в атмосфере, в воде, в органических и неорганических кислотах (не стоек в плавиковой, крепких серной и азотной кислотах), благодаря тому, что на воздухе быстро покрывается защитной пленкой плотных оксидов. При нагреве выше 500°C становится очень активным элементом. Он либо растворяет почти все

соприкасающиеся и ним вещества, либо образует с ними химические соединения.

Титановые сплавы имеют ряд преимуществ по сравнению с другими:

- сочетание высокой прочности ( $\sigma_{\text{г}} = 800 \dots 1000$  МПа) с хорошей пластичностью ( $\delta = 12 \dots 25\%$ );
- малая плотность, обеспечивающая высокую удельную прочность;
- хорошая жаропрочность, до  $600 \dots 700^\circ\text{C}$ ;
- высокая коррозионная стойкость в агрессивных средах.

Однородные титановые сплавы, не подверженные старению, используют в криогенных установках до гелиевых температур.

В результате легирования титановых сплавов можно получить нужный комплекс свойств. Легирующие элементы, входящие в состав промышленных титановых сплавов, образуют с титаном твердые растворы замещения и изменяют температуру аллотропического превращения.

Сплавы на основе титана можно подвергать всем видам термической обработки, химико-термической и термомеханической обработке. Упрочнение титановых сплавов достигается легированием, наклепом, термической обработкой.

Часто титановые сплавы легируют алюминием, он увеличивает прочность и жаропрочность, уменьшает вредное влияние водорода, увеличивает термическую стабильность. Для повышения износостойкости титановых сплавов их подвергают цементации или азотированию.

Основным недостатком титановых сплавов является плохая обрабатываемость режущим инструментом.

По способу производства деталей различаются деформируемые (ВТ 9, ВТ 18) и литейные (ВТ 21Л, ВТ 31Л) сплавы.

#### ***Области применения титановых сплавов:***

- авиация и ракетостроение (корпуса двигателей, баллоны для газов, сопла, диски, детали крепежа);
- химическая промышленность (компрессоры, клапаны, вентили для агрессивных жидкостей);
- оборудование для обработки ядерного топлива;
- морское и речное судостроение (гребные винты, обшивка морских судов, подводных лодок);
- криогенная техника (высокая ударная вязкость сохраняется до  $-253^\circ\text{C}$ ).

**Транспорт.** Многие из тех выгод, которые сулит использование титана при производстве бронетанковой материальной части, относятся и к транспортным средствам.

Замена конструкционных материалов, потребляемых в настоящее время предприятиями транспортного машиностроения, титаном должна привести к снижению расхода топлива, росту полезной грузоподъемности, повышению предела усталости деталей кривошипно-шатунных механизмов и т. п. На железных дорогах исключительно важно снизить мертвый груз. Существенное

уменьшение общего веса подвижного состава за счет применения титана позволит сэкономить в тяге, уменьшить габариты шеек и букс.

Важное значение вес имеет и для прицепных автотранспортных средств. Здесь замена стали титаном при производстве осей и колес также позволила бы увеличить полезную грузоподъемность.

Все эти возможности можно было бы реализовать при снижении цены титана с 15 до 2—3 долларов за фунт титановых полуфабрикатов.

#### **Порядок выполнения работы**

1. Изучить теоретическую часть.
2. Заполнить в тетради таблицу по форме:

Таблица 1.1

Марка	Термическая обработка	Предел прочности при растяжении, $\sigma_B$ МПа	Относительное удлинение, $\delta$ %	Твердость, НВ	Применение
BT5					
BT8					
BT14					

#### **Контрольные вопросы:**

1. Дайте характеристику титану (плотность, температура плавления, предел прочности)
2. При какой температуре титан претерпевает полиморфное превращение, как это отражается на его свойствах?
3. Какова коррозионная стойкость титана?
4. Назовите преимущества титановых сплавов по сравнению с другими.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ ТИТАНА**

**Цель:** изучить свойства титана.

**Обеспечение:** Методические рекомендации по выполнению практических работ по материаловедению, образцы титана, микроскоп.

#### **Теоретическая часть:**

##### **Титан**

Титан - тугоплавкий металл с невысокой плотностью.

Удельная прочность титана выше, чем у многих легированных конструкционных сталей, поэтому при замене сталей титановыми сплавами можно при равной прочности уменьшить массу детали на 40 %.

Титан хорошо обрабатывается давлением, сваривается, из него можно изготовить сложные отливки, но обработка резанием затруднительна. Для получения сплавов с улучшенными свойствами его легируют алюминием, хромом, молибденом.

Титан и его сплавы маркируют буквами ВТ и порядковым номером: ВТ1-00, ВТ3-1, ВТ4, ВТ8, ВТ14.

Пять титановых сплавов обозначены иначе: 0Т4-0, 0Т4, 0Т4-1, ПТ-7М, ПТ-3В.

### Свойства и применение титана

Прочность технически чистого титана зависит от степени его чистоты и соответствует прочности обычных конструкционных сталей. По коррозионной стойкости титан превосходит даже высоколегированные нержавеющие стали.

Для получения сплавов титана с заданными механическими свойствами его легируют алюминием, молибденом, хромом и другими элементами. Главное преимущество титана и его сплавов заключается в сочетании высоких механических свойств ( $\sigma_b = 1500$  МПа;  $\delta = 10 - 15$  %) и коррозионной стойкости с малой плотностью.

Алюминий повышает жаропрочность и механическую прочность титана. Ванадий, марганец, молибден и хром повышают жаропрочность титановых сплавов. Сплавы хорошо поддаются горячей и холодной обработке давлением, обработке резанием, имеют удовлетворительные литейные свойства, хорошо свариваются в среде инертных газов. Сплавы удовлетворительно работают при температурах до 350 — 500 °С.

По технологическому назначению титановые сплавы делят на деформируемые и литейные, а по прочности — на три группы: низкой ( $\sigma_b = 300 - 700$  МПа), средней ( $\sigma_b = 700 - 1000$  МПа) и высокой ( $\sigma_b$  более 1000 МПа) прочности. К первой группе относят сплавы под маркой ВТ1, ко второй — ВТ3, ВТ4, ВТ5 и др., к третьей — ВТ6, ВТ14, ВТ15 (после закалки и старения).

Для литья применяют сплавы, аналогичные по составу деформируемым сплавам ВТ5Л, ВТ14Л, а также специальные литейные сплавы. Литейные сплавы имеют более низкие механические свойства, чем соответствующие деформируемые. Титан и его сплавы, обработанные давлением, выпускают в виде прутков, листов и слитков. Титановые сплавы (см. табл.) применяют в авиационной и химической промышленности.

### Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретическую часть.
2. Рассмотреть образцы титана под микроскопом, зарисовать структуру.
3. Заполнить в тетради таблицу по форме:

Таблица 2.1

	Марка	Твердость	Пластичность	Сопrotивляемость ударным нагрузкам	Структура металлической основы
Образец №1					
Образец №2					

Расшифруйте марки титана: ВТ5, ВТ15, 0Т4-1, ПТ-7М.

### **Контрольные вопросы:**

1. Каким видам обработки можно подвергать титановые сплавы?
2. Назовите недостатки титановых сплавов?
3. Приведите примеры маркировки титановых сплавов.
4. Назовите области применения титановых сплавов.
5. Используется ли титан в автомобилестроении?

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3-4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧУГУНОВ И СТАЛЕЙ ПО МАРКЕ**

**Цель:** научиться определять механические свойства чугунов и сталей по марке.

**Обеспечение:** Методические рекомендации по выполнению практических работ по материаловедению, компьютеры, файл «Структура и свойства сталей и чугунов»,

### **Теоретическая часть:**

**Механические свойства материалов**

Механические свойства чугунов зависят от металлической основы, а также формы и размеров включений графита. Наиболее прочными являются серые чугуны на перлитной основе, а наиболее пластичными - серые чугуны на ферритной основе. Поскольку графит имеет очень малую прочность и не имеет связи с металлической основой чугуна, полости, занятые графитом, можно рассматривать как пустоты, надрезы или трещины в металлической основе чугуна, которые значительно снижают его прочность и пластичность. Наибольшее снижение прочностных свойств вызывают включения графита в виде пластинок, наименьшее - включения точечной или шарообразной формы.

В стали твердые частицы цементита повышают сопротивление деформации, уменьшая пластичность и вязкость. Таким образом, с увеличением в стали содержания углерода возрастают твердость, предел прочности и уменьшаются ударная вязкость, относительное удлинение и сужение.

Чугун обладает хорошими литейными свойствами, хорошо обрабатывается резанием, сопротивляется износу, обладает способностью рассеивать колебания при вибрационных и переменных нагрузках. Свойство гасить вибрации называется демпфирующей способностью. Демпфирующая способность чугуна в 2-4 раза выше, чем стали.

**Специфические свойства**

Сталь - это сплав железа с углеродом. Содержание углерода до 2 %.

Сталь - основной материал, широко применяемый в машино- и приборостроении, строительстве, а также для изготовления различных инструментов.

Раскислением называют процесс удаления кислорода из жидкой стали. Не раскисленная сталь обладает недостаточной пластичностью и подвержена хрупкому разрушению при горячей обработке давлением.

Спокойные стали раскисляют марганцем, алюминием и кремнием в печи и ковше. Они затвердевают в изложнице спокойно, без газовыделения, с образованием в верхней части слитков усадочной раковины. Дендритная ликвация в крупных слитках такой стали при их прокатке или ковке приводит к появлению полосчатой структуры.

Для улучшения физических, химических, прочностных и технологических свойств стали легируют, вводя в их состав различные легирующие элементы (хром, марганец, никель и др.). Стали могут содержать один или несколько легирующих элементов, которые придают им специальные свойства.

Легирующие элементы вводят в сталь для повышения ее конструкционной прочности.

**Чугун** - это железоуглеродистый сплав, с содержанием более 2 % углерода.

Высокая демпфирующая способность и износостойкость обусловили применение чугуна для изготовления станин различного оборудования, коленчатых и распределительных валов тракторных и автомобильных двигателей и др.

Повышенная жидкотекучесть чугуна затрудняет удержание расплавленного металла от вытекания и усложняет формирование шва. Вследствие окисления кремния на поверхности сварочной ванны возможно образование тугоплавких оксидов, что может привести к непроварам.

Плохо свариваются также чугунные детали, работающие длительное время в соприкосновении с маслом и керосином. Поверхность чугуна пропитывается маслом и керосином, которые при сварке сгорают и образуют газы, способствующие появлению сплошной пористости в сварном шве.

Графит повышает износостойкость и антифрикционные свойства чугуна вследствие собственного смазочного действия и повышения прочности пленки смазочного материала. Чугуны с графитом, как мягкой и хрупкой составляющей, хорошо обрабатываются резанием (с образованием ломкой стружки) и обеспечивают более чистую поверхность, чем стали (кроме автоматных сталей).

Чугунные детали, работающие длительное время при высоких температурах, почти не поддаются сварке. Это происходит в результате того, что под действием высоких температур (300-400<sup>0</sup>С и выше) углерод и кремний окисляются, и чугун становится очень хрупким.

Наиболее прочными являются серые чугуны на перлитной основе, а наиболее пластичными - серые чугуны на ферритной основе.

Механические свойства высокопрочного чугуна позволяют применять его для изготовления деталей машин, работающих в тяжелых условиях, вместо



поковок или отливок из стали. Из высокопрочного чугуна изготавливают детали прокатных станов, кузнечно-прессового оборудования, паровых турбин (лопатки направляющего аппарата), тракторов, автомобилей (коленчатые валы, поршни) и др.

**Порядок выполнения работы**

1. Изучить теоретическую часть.
2. Используя марочник сталей (источник on-line) определить механические свойства чугунов и сталей по марке.
3. Заполнить в тетради таблицу по форме:

Таблица 3.1

Наименование свойств	Сталь	Чугун
физико-химические		
содержание углерода		
свариваемость		
цвет		
температура плавления		
влиянию фосфора		
механические		
металлическая и включения графита		
включения цементита		
специфические		
раскисление		
легирование		
жидкотекучесть		
пропитываемость маслом и керосином		
износостойкость и антифрикционные свойства		
литейные свойствами		

**Контрольные вопросы:**

1. Назовите физико-химические свойства чугуна и стали.
2. Назовите механические свойства чугуна и стали.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5-6  
ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕЙСТВИЙ КОРРОЗИИ НА МЕТАЛЛЫ**

**Цель:** изучить действие коррозии на металлы.

**Обеспечение:** Методические рекомендации по выполнению практических работ по материаловедению, компьютеры, файл «Электрохимическая коррозия».

**Теоретическая часть:**

## Коррозия металлов

Коррозия металлов – это процесс разрушения металлов и сплавов вследствие взаимодействия их с коррозионной средой.

Таблица 5.1

### Виды коррозии в зависимости

от процесса разрушения	от характера окружающей среды	от типа коррозионных разрушений
1. Химическая (окисление окружающей средой) 2. Электрохимическая (разрушение в электролите одного из металлов, образующих гальваническую пару: активный+пассивный. В первую очередь разрушается активный металл)	1. Газовая (в газах при высокой температуре) 2. Атмосферная (в условиях влажных газов и воздуха) 3. Подводная 4. Подземная (грунтовая вода – электролит)	1. Сплошная а) равномерная б) неравномерная 2. местная (охватывает отдельные участки, механические повреждения) 3. структурная (связана со структурной неоднородностью металла)

Таблица 5.2

### Способы защиты от коррозии

№ п/п	Способ	Принцип защиты	Защитный материал	Изделия
1	Лакокрасочные покрытия	Образуется сплошная защитная пленка	Масляные краски, эмали, грунты, лаки, шпатлевки	Материал кузова, трубы
2	Неметаллические покрытия			
	а) пластмассовое	Распыляются в расплавленном состоянии	Пластмассы	Провода, детали, работающие в коррозионных средах
	б) смазочные материалы	Образуется защитная пленка	Вазелин, пушечное масло, смазки, солидол	Детали при хранении на складах
3	Металлические покрытия	Защита изделий слоем металла		
	а) гальваническое	Защитный слой металла образуется путем электролитического осаждения из раствора солей металлов	Олово, цинк, хром, никель и т.д.	Рукоятки управления, краны, смесители
	б) металлизация	На поверхность наносят тонкий слой расплавленного металла	Цинк, алюминий, кадмий	Детали любой конфигурации
	в) химическое покрытие	Создает на поверхности изделия плотную окисную	Растворы кислот и солей (окисление, фосфатирование)	Любые металлические изделия

		пленку		
4	Электрохимическая (протекторная) защита	Создается гальваническая пара, в которой разрушается защитный металл (протектор)	Цинковые, магниевые пластины	Для изделий, находящихся в токопроводящей среде (например, грунтовая вода)
5	Легирование (высоколегированные нержавеющие сплавы)	В состав сплава вводят легирующие элементы, повышающие его коррозионную стойкость	Хром, никель, титан, магний, марганец и т.д.	Ответственные детали, работающие в коррозионной среде

### Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретическую часть.
2. Заполнить в тетради таблицу по форме:

Таблица 5.3

Вид металла	Марка	Виды коррозии		
		от процесса разрушения	от характера окружающей среды	от типа коррозионных разрушений
Образец № 1				
Образец № 2				
Образец № 3				

*Примечание: образцы выдаются преподавателем.*

### Контрольные вопросы:

1. Что называют коррозией?
2. Назовите виды коррозии.
3. Дайте характеристику электрохимической коррозии.
4. Дайте характеристику химической коррозии.
5. Назовите уязвимые места автомобильного кузова, которые особенно подвержены коррозии.
6. Назовите виды защиты от коррозии.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7-8 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЦВЕТНЫХ СПЛАВОВ ПО МАРКЕ

**Цель:** научиться определять физические свойства цветных металлов по марке.

**Обеспечение:** Методические рекомендации по выполнению практических работ по материаловедению, компьютеры, файл «Маркировка цветных металлов».

### **Теоретическая часть:**

#### **Цветные металлы и сплавы**

Цветные металлы являются более дорогими и дефицитными по сравнению с черными металлами, однако область их применения в технике непрерывно расширяется. Это сплавы на основе титана, алюминия, магния, меди.

Переход промышленности на сплавы из легких металлов значительно расширяет сырьевую базу. Титан, алюминий, магний можно получать из бедных и сложных по составу руд, отходов производства.

**МЕДЬ (Cu)** – наиболее ценный технический материал.

*Сырье:* медный колчедан ( $\text{CuFeS}_2$ ), медный блеск ( $\text{Cu}_2\text{S}$ )

*Цвет:* в чистом виде – розово-красный, чем больше примесей – тем темнее излом

Продажная медь всегда содержит примеси

Тпл. –  $1083^\circ\text{C}$

$\rho = 8,92 \text{ г/см}^3$

Предел прочности при растяжении: 200-300 МПа

*Свойства меди:*

- 1) хорошая электропроводность
  - 2) высокая теплопроводность
  - 3) высокая коррозионная стойкость
  - 4) высокая вязкость и пластичность
  - 5) трудно поддается обработке резанием (стружка налипает на режущие инструменты
  - 6) хорошо сваривается, штампуется и прокатывается.
  - 7) низкая механическая прочность
- Дорогой металл. Если в руде содержится 0,5 % – она выгодна для переработки.

*Процесс переработки:*

1. Обогащение руды: а) руда измельчается;

2. Переработка руды:

а) руду обжигают (для уменьшения содерж. серы);

б) обожженную руду плавят в шахтных печах. Выход: шлак и штейн (20-50 % Си)

в) из штейна в конвертерах получают черновую медь (99%)

**Классификация меди:**

*В зависимости от чистоты – 5 марок: М0; М1; М2; М3; М4.*

М0 наиболее чистая (0,05 % примесей) - М4 наибольшее кол-во примесей (до 1 %)

*По химическому составу и назначению:*

- (К) 1. катодная (низкое содержание примесей до 0,1%)-МОК, МОКу,  
(б) 2. бескислородная МОб; М1б;  
(р) 3. раскисленная М1р, М2р, М3р;  
4. огневого рафинирования М2, М3.

*Применение меди:*

В чистом виде почти не применяется.

М0 (электролитическая) изг. токопроводящие детали и сплавы высокой чистоты.

Катодная медь – для изг. токопроводящих деталей;

Остальные марки – слитки, полуфабрикаты деталей машин, а также для изготовления сплавов на медной основе: латуней, бронз, медно-никелевых сплавов.

*Маркировка меди (пример):*

М1 – медь первой группы;

МОК - медь нулевой группы, катодная. (8920 кг/м<sup>3</sup>)

- б) заливается струей воды (кусочки руды всплывают);

### **СПЛАВЫ НА МЕДНОЙ ОСНОВЕ**

**Латунь** - сплав меди с цинком (до 50% )

Чем больше цинка – тем выше механические свойства, и ниже Т пл.

Специальные латуни- латуни с добавками А l, Ni, Fe, Mn, S i, Pb

- Добавки придают повышенную прочность, твердость, кор.стойкость.
- *Свинцовистые латуни* (ЛС 59-1, ЛС60-1 и т.д.) обл. высокими мех.свойствами, хорошо обраб.резанием и штампуются, обладают высокими короз.стойкими свойствами в морской воде.

Изготавливают: детали теплообменных аппаратов, радиаторы, поковки, штамповки для деталей ответственного назначения.

- Свинец – увеличивает свойства латуней обрабатываться резанием,
- Олово – увеличивает корроз.свойства

Мельхиор - сплав меди, цинка и никеля.

*Маркировка латуней:*

Л 80 – латунь, сод. 80% Си, остальное цинк.

ЛС59-1 – латунь, сод. 59% Си, 1% свинца, остальное цинк.

ЛМц58-2 – латунь, сод. 58% Си, 2% свинца, ост.цинк.

*Маркировка легирующих элементов:*

К –кремний Мц – марганец Ф – фосфор Ж – железо С – свинец А – алюминий

**Бронза** – сплав меди с любым металлом, кроме цинка.

*Свойства (по сравнению с латунями)*

1. Хорошие литейные свойства
2. Более высокие прочность, твердость, корроз.свойства
3. Высокие антифрикционные свойства.

*Виды бронз:*

1. Оловянистые бронзы ( Си + Рв + лег.элемент)

Свойства: высокая теплопроводность, хорошо свариваются, устойчивы в морской воде

Изготавливают: валы, трубки, пружины, антифрикционные детали.

2.Безоловянистые бронзы (специальные) Си + легирующий элемент А I, Ni, Fe, Mn, Si,

Свойства: повышенная корроз стойкость и мех.свойства, меньше износостойкость ( по сравнению с оловянистыми)

Изготавливают: вкладыши подшипников, червячные колеса, гайки, втулки, поршни.

*Маркировка бронз:*

БрОЦС 6-6-3 – бронза, сод. 6% олова, 6% цинка, 3% свинца, ост.медь.

БрАЖНМц 10-3-1,5 – бронза, сод. 10% алюминия, 3% железа, 1,5% свинца, ост.медь.

**АЛЮМИНИЙ**( Al) – по содержанию в земной коре 1 место (7,45%)

Легкий металл серебристо-белого цвета.

Тпл -660 С

Плотность – 2,7 г/см

В природе встречается в виде минералов: бокситы, глиноземы.

Для получения 1 т алюминия исп. 18000 квт/ч электроэнергии.

*Свойства алюминия:*

Высокие: электропроводность, т\проводность, пластичность, прочность, корроз.стойкость(из-за пленки – окиси алюминия)

Низкие литейные свойства,плохо обрабатывается резанием.

*Классификация алюминия:*

Цифра – содержание алюминия в% после 99%

A999 – алюминий особой чистоты,(сод.99,999% алюминия)

A995, A99. A97, A95 - алюминий высокой чистоты (содержит 99,995%, 99,99% и т.д

A 85, A8, A7, и т.д. до A0 - алюминий технической чистоты.

*Применение алюминия:*

1. в электротехнической промышленности (провода, кабели, обмотки)
2. в химической промышленности ( из-за корроз.стойкости)
3. в приборостроении
4. в машиностроении (блоки, направляющие штанг, вкладыши подшипников)
5. для получения алюминиевых сплавов (силумины, дюралюмины).

### **СПЛАВЫ АЛЮМИНИЯ**

Сплав Al = алюминий + Металл (медь, магний, цинк, кремний и т.д.)

*Свойства сплавов алюминия:*

- высокие механические свойства, эл/ и т/проводность,
- хорошая корроз.стойкость
- малая плотность

Сплавы алюминия 2-х видов:

1. деформируемые (дюралюмины и т.д.)

2. литейные (силумины и т.д.)

Дюралюмины = алюминий + Me (медь, магний, марганец)

Медь и магний – увеличивают прочность

Марганец – увеличивает коррозионную стойкость

*Обозначение:*

Д1 – дюралюмин №1 (Д12, Д16 и т.д.)

Изготавливают: листы, трубки, ленты и т.д.

Силумин = алюминий + кремний (Si),

Кремний – увеличивает мех. свойства и обрабатываемость резанием.

*Обозначение:*

АЛ1 – силумин, сплав № 1

Изготавливают: корпуса двигателей, карбюраторов, приборов.

**МАГНИЙ (Mg)** – очень легкий металл

Цвет – серебристо-белый

– 6500С Тпл.

$\rho = 1,750 \text{ г/см}$

*Свойства:*

1. низкие механические свойства

2. легко окисляется и воспламеняется на воздухе

Как конструкционный материал не применяется.

Используется для изготовления сплавов и в пиротехнике.

**СПЛАВЫ МАГНИЯ** = Mg + Me(алюминий, цинк, марганец и т.д.)

Алюминий и цинк – упрочняют магниевый сплав

Марганец – повышает коррозионную стойкость сплава.

*Виды сплавов:*

1. деформируемые (МА)

2. литейные (МЛ)

*Расшифровка:*

Цифра - условный номер сплава

МА 2 – магниевый сплав № 2, деформируемый

МЛ 12 – магниевый сплав № 12, литейный

Применение: в изделиях, где вес имеет первостепенное значение – корпуса приборов, панели и т. п.

**ТИТАН(Ti)** - легкий металл

Цвет: серебристо – белый

– 16680 С-Тпл.

$\rho = 4,5 \text{ г/см}$

*Свойства:* 1. очень прочный, пластичный, по свойствам не уступает стали, и в тоже время в два раза легче

2. тугоплавкий, сохраняет свои свойства до 4000 С

3. немагнитен

4. коррозионноустойчивый в морской и пресной воде

5. низкая электропроводность

6. хорошо обрабатывается давлением и плохо – резанием.

*Маркировка:* например, Т100 (чем больше 0, тем меньше примесей)

Используется в виде сплавов и для легирования стали

**СПЛАВЫ ТИТАНА** = Ti + Me (алюминий, ванадий, магний, хром, цинк и т.д.)

Добавки увеличивают жаропрочность и прочность сплавов.

*Виды сплавов:*

1. Деформируемые (BT5, BT16)

2. Литейные (BT5Л)

Цифра – номер сплава

Применение: баллоны для сжиженных газов, обшивки подводных лодок, сверхзвуковых самолетов, корпуса ракетных двигателей и т.д.

### **Порядок выполнения работы**

1. Изучить теоретическую часть.

2. Используя поисковую систему Интернета определить физические свойства цветных металлов по марке.

3. Заполнить в тетради таблицу по форме:

Таблица 7.1

Наименование цветного металла	Температура плавления	Предел прочности при растяжении	Жаропрочность	Электропроводность
<u>медь</u>				
<u>титана</u>				
<u>алюминия</u>				
<u>магния</u>				

### **Общие сведения о твердости**

Под твёрдостью понимают способность материалов сопротивляться упругой деформации, пластической деформации и (или) разрушению в поверхностном слое. Измерение твердости является одним из широко распространенных видов механических испытаний металлов. Широкое применение этого вида испытаний обусловлено следующими его преимуществами:

– измерение твердости проводится, как правило, без разрушения изделия (образца) и, следовательно, может проводиться непосредственно на готовой детали. Габариты деталей при этом могут колебаться в очень широких пределах – от нескольких десятых и сотых долей миллиметра (часовые пружины) до нескольких метров (станины станков, валки прокатных станов);

– методики измерения твердости и подготовки испытываемых образцов сравнительно просты и оперативны; их легко освоить;

– приборы и оборудование для измерения твердости, как правило, проще, чем при других методах испытаний. Их можно установить в любой



лаборатории или в соответствующем участке цеха;

– по полученному значению твердости можно сделать предварительные выводы о других механических свойствах металла (сплава), так как большинство свойств металлов и сплавов определяются одним и тем же показателем – его структурой;

– измерение твердости позволяет судить о наличии (или отсутствии) в деталях упроченных поверхностей в результате различных видов термической обработки сплавов, связанной с изменением структуры по сечению детали.

Применительно к приведённому выше определению твёрдости существует три способа её измерения, а именно:

- 1) способ упругого отскока.
- 2) способ вдавливания (внедрения).
- 3) способ царапания.

В промышленности используется очень большое количество металлов и их сплавов с самыми разнообразными механическими свойствами.

Это привело к тому, что в настоящее время существует около трех десятков методов испытания твердости, относящихся к перечисленным трём способам, причем каждый имеет вполне определенную область применения. Среди этого большого многообразия можно выделить несколько наиболее распространенных, методов основанных на одних и тех же принципах.

В технической литературе твердость всегда обозначается буквой Н (от англ. hardness – твердость). Следом за буквой Н всегда пишется одна или две буквы, обозначающие метод испытания твердости, например: НВ – твердость по Бринеллю; НРА, HRB, HRC – твердость по Роквеллу (по шкалам А, В и С); НV – твердость по Виккерсу; HSD – твердость по Шору; НР – твердость по Полюди; Н<sub>μ</sub> – микротвердость и т.д.

Сущность некоторых методов испытания твердости металлов приведена ниже.

Метод Виккерса (НV) заключается во внедрении в испытуемый металл алмазной пирамиды с углом при вершине между противоположными гранями 136°. Усилие вдавливания выбирается в зависимости от толщины и твердости образца и составляет от 1 до 100 кгс. Значение твердости получается делением приложенной к индентору нагрузки на площадь пирамидального отпечатка, которую определяют по диагонали отпечатка. Метод достаточно универсален, так как позволяет измерять, практически, твердость любого металла и сплава. Этим методом можно измерять твердость тонких пластин и слоев (до 6,05 мм). Метод требует очень тщательной подготовки поверхности – тонкого шлифования или полировки. Метод Виккерса нежелательно применять при измерении твердости крупнозернистых и разнородных структур, так как при малом размере отпечатка (соизмеримом с размерами зерна) можно получить большой разброс данных.

Микротвердость (Н<sub>μ</sub>) по своей сути – тот же метод Виккерса. Разница заключается в величине прилагаемой к пирамиде нагрузки – от 5 до 200 кгс.

Этот метод предназначен для измерения твердости очень тонких и однородных по структуре слоев, а так же отдельных зерен металла (сплава). Измерение твердости производится под микроскопом при увеличении от 200 до 400 раз. Метод применяется в лабораторных условиях и, как правило, в исследовательских целях. Для измерения твердости этим методом поверхность образца необходимо полировать.

Метод Польди (НР) заключается в том, что между испытуемой поверхностью и эталонным образцом помещают стальной закаленный шарик диаметром 5... 10 мм. Затем по эталону наносят удар молотком (со стороны противоположной шарик), в результате чего на испытуемом образце и на эталоне твердости получаются отпечатки. Замеряя диаметры отпечатков и зная твердость эталона  $HB_{\text{э}}$  (в единицах Бринелля), вычисляют твердость образца  $HB_0$  (также в ед. Бринелля) по выражению (17.1):

$$HB_0 = HB_{\text{э}} \cdot \left( \frac{d_{\text{э}}^2}{d_0^2} \right) \quad (7.1)$$

где  $d_{\text{э}}$  и  $d_0$  – диаметры отпечатков на эталоне и на образце.

Полученное значение будет примерно равно твердости, определенной методом Бринелля в стандартных условиях. Этот метод обычно используют для приближенной оценки твердости и когда невозможно использовать стандартные методы, например, на металлобазах, на крупногабаритных деталях и т.д.

Метод Шора (HSD) заключается в том, что на испытуемую поверхность с высоты 19 мм свободно падает боек массой 36 г, боек имеет алмазный закругленный наконечник. Под действием упругой отдачи материала боек отскакивает на высоту  $h$ . Твердость материала пропорциональна высоте отскока. В шкале Шора за 100 единиц твердости принята максимальная твердость закаленной на мартенсит эвтектоидной стали, что соответствует высоте отскока бойка на 13,6мм. Этим методом можно измерять твердость деталей, имеющих массу не менее 5 кг, непосредственно на детали. Можно измерять твердость изделий массой до 100г, но при этом изделие должно иметь толщину не менее 10мм и располагаться на столике прибора. Возможно применение этого метода для контроля твердости металла, нагретого до высокой температуры.

Поверхность изделия (образца), на которой определяется твердость, должна отвечать ряду требований. Она в месте контроля должна быть зачищена до металлического блеска, быть ровной и плоской, не должна иметь следов окалины, ржавчины, краски, грубых рисок, выбоин, царапин. Если деталь имеет криволинейную поверхность, то на ней необходимо подготовить плоскую площадку, размер которой зависит от метода измерения. Поверхность, которой образец ложится на предметный столик прибор также должна быть чистой и ровной. Обе поверхности должны быть параллельны друг другу. Толщина контролируемого образца должна быть не менее 10-кратной глубины отпечатка.

Наиболее распространёнными методами измерения твёрдости

металлических материалов являются методы Бринелля и Роквелла, относящиеся к способу вдавливания (внедрения). Совместное применение этих методов позволяет измерять твёрдость любых по твёрдости металлов и сплавов на их основе.

### Измерение твердости по методу Бринелля

При измерении твердости этим методом в поверхность изделия в течение определенного времени с усилием  $P$  вдавливается стальной закаленный или твёрдосплавной шарик диаметром 10,5 или 2,5 мм. На поверхности образца получается отпечаток диаметром  $d$  (рис. 7.1). Для получения значения твердости необходимо измерить диаметр

отпечатка и рассчитать площадь  $F_{отп}$  шарового сегмента по выражению (7.2):

$$F_{отп} = \frac{\pi \cdot D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}{2} \quad (7.2)$$

Твердость  $HB$  ( $\text{кгс}/\text{мм}^2$ ) определяется делением приложенной к шарiku нагрузки на площадь отпечатка, т.е.

$$HB = \frac{P}{F_{отп}} \text{ или } HB = \frac{2P}{\pi \cdot D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (7.3)$$

Диаметр отпечатка измеряют специальной измерительной лупой с точностью 0,05 мм.

Для получения более точного результата диаметр отпечатка следует измерять в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

На рис. 7.2 показано расположение шкалы лупы относительно кромок отпечатка. Диаметр отпечатка, как видно из рисунка, равен 3,95 мм.

Для устранения влияния наклепа металла и выпучивания краев образца расстояние между центрами двух соседних отпечатков должно быть не менее  $4d$ , а до края образца - не менее  $2,5d$ .

Время нагружения зависит от материала образца и составляет: 10 с – для черных металлов, 30 или 60 с – для цветных сплавов в зависимости от их твердости (от марки сплава) – таблица 7.2.

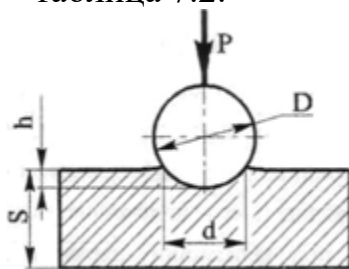
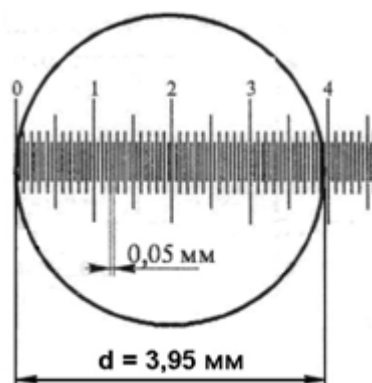


Рис. 7.1. Схема измерения твердости по Бринеллю



**Рис. 7.2.** Схема замера диаметра отпечатка

При измерении тонких образцов необходимо соблюдать следующее условие: толщина образца  $S$  должна быть не менее 10-кратной глубины отпечатка  $h$ .

В противном случае образец может быть продавлен и результат испытания будет неверен. Глубину отпечатка можно определить по выражениям (7.4):

$$h = \frac{P}{\pi D \cdot HB} \text{ или } h = \frac{(D - \sqrt{D^2 - d^2})}{2} \quad (7.4)$$

Режим испытания твердости, т.е. выбор диаметра шарика и величины прикладываемой нагрузки производится по данным таблицы 7.1.

При определении твердости по стандартной методике (т.е. по данным таблицы 7.2) значение твердости записывается одним числом, например: HB 163. Если же измерение проводилось по другим режимам, то значение твердости записывают с учетом принятых при измерении режимов. Например, запись HB 5/250/30 – 186 означает, что полученное значение твердости 186 кгс/мм<sup>2</sup> было получено при испытании шариком 5 мм, под нагрузкой 250 кгс с выдержкой 30 с.

Следует отметить, что методом Бринелля можно испытывать материалы, твердость которых не превышает 450 единиц по Бринеллю. При большей твердости внедритель – шарик будет деформироваться, и измерение будет не точным.

Измерение твердости по Бринеллю производится на специальном приборе – прессе Бринелля, который позволяет устанавливать необходимые нагрузки на шарик в диапазоне 187,5 ... 3000 кгс и время приложения нагрузки – 10, 30 или 60с.

Между численным значением твердости HB и пределом прочности на растяжение  $\sigma_b$  имеется достаточно хорошая связь, которая для некоторых материалов имеет следующий вид:

Таблица 7.1

Связь численного значения твердости HB и предела прочности на растяжение  $\sigma_b$

Материал	Предел прочности на растяжение, $\sigma_B$ , кгс/мм <sup>2</sup>
Сталь	0,34 НВ
Медь, латунь, бронза	0,40 НВ
Алюминий	0,26 НВ
Дуралюмин	0,35 НВ
Сплавы цинка	0,09 НВ
Чугун серый	$\frac{(HB \square 40)}{6}$

Таблица 7.2

Выбор диаметра шарика и нагрузки в зависимости от толщины материала образца

Материал	НВ кгс/мм <sup>2</sup>	Толщина испытуемого образца S, мм	Диаметр шарика D, мм	Отношение диаметра шарика к нагрузке	Нагрузка P, Кгс	Время под нагрузкой, с
Чёрные металлы	140 – 150	>6	10	$30D^2$	3000	10
		3-6	5	$30D^2$	750	
		<3	2,5	$30D^2$	187,5	
	<140	>6	10	$10D^2$	1000	10
		3-6	5	$10D^2$	250	
		<3	2,5	$10D^2$	62,5	
Цветные металлы на основе меди; дуралю- мины	>130	>6	10	$30D^2$	3000	30
		3-6	5	$30D^2$	750	
		<3	2,5	$30D^2$	187,5	
	35 – 130	>6	10	$10D^2$	1000	30
		3-6	5	$10D^2$	250	
		<3	2,5	$10D^2$	62,5	
Магни- евые сплавы, алюми- ний, олово, свинец, баббит	8 – 35	>6	10	$2,5D^2$	250	60
		3-6	5	$2,5D^2$	62,5	
		<3	2,5	$2,5D^2$	16,5	

**Задание по работе**

1. Выбрать режим испытания твердости предложенного образца (из черного или цветного металла).
2. Согласовать полученные режимы с преподавателем и произвести испытания на твердость.
3. Результаты испытания занести в таблицу.
4. Отчет должен также содержать основные понятия о твердости и описание сущности метода Бринелля.

Таблица 7.3

Результаты измерения твёрдости по Бринеллю

Материал образца	Толщина образца S, мм	Диаметр шарика D, мм	Нагрузка P, кгс	Диаметр отпечатка d, мм			Твёрдость, НВ		Предел прочности на растяжение $\sigma_B$ , кгс/мм <sup>2</sup>
				1	2	Среднее	Расчетное	Табличное	

### Измерение твердости по методу Роквелла

При измерении твердости по Роквеллу внедрителем служит или алмазный конус с углом при вершине  $120^\circ$  и радиусом закругления 0,2 мм, или стальной закаленный шарик диаметром 1,588 мм (1/16). Внедритель вдавливаются в испытуемый материал под действием двух последовательно прикладываемых нагрузок: предварительной  $P_0$ , равной 10 кгс и основной  $P_1$ , таким образом, общая нагрузка  $P$  на внедритель в момент нагружения равна  $P = P_0 + P_1$  (рис.17.3). Предварительная нагрузка всегда равна 10 кгс (независимо от внедрителя), а основная нагрузка колеблется в зависимости от внедрителя и испытуемого материала. Если внедрителем служит алмазный конус, то основная нагрузка  $P_1$  может быть или 50, или 140 кгс (общая нагрузка 60 и 150 кгс); если внедрителем является шарик, то основная нагрузка всегда равна 90 кгс (общая 100 кгс).

При использовании в качестве внедрителя алмазного конуса твердость материала оценивается по двум шкалам – А и С. На индикаторе прибора обе эти шкалы совмещены в одну, имеющую 100 делений (черная шкала). При нагрузке на индентор 60 кгс эта шкала называется шкалой А и твердость в этом случае обозначается как HRA, если нагрузка составляет 150 кгс, то шкала называется шкалой С и твердость в этом случае обозначается как HRC.

Если же внедрителем служит шарик (нагрузка на него 100 кгс), то отчет

твердости производится по шкале В (красная шкала), имеющей 130 делений и твердость в этом случае обозначается как HRВ.

Мерой твердости в методе Роквелла является глубина проникновения внедрителя в испытуемый материал: одной единице твердости соответствует внедрение индентора на 0,002 мм. Схема измерения твердости конусом показана на рис.17.3; схема измерения шариком совершенно аналогична. Из рисунка видно, что вначале испытания индентор под действием предварительной нагрузки  $P_0 = 10$  кгс вдавливаются в поверхность на глубину  $h_0$  (поз.1). Затем прикладывается основная нагрузка  $P_1$  и под действием этой суммарной нагрузки  $P = P_0 + P_1$  индентор внедряется в испытуемую поверхность на максимальную глубину, производя пластическую и упругую деформацию материала (поз.2). После того как нагружение закончилось (примерно в течение 5с), снимают основную нагрузку, оставляя предварительную.

Под действием упругих сил внедритель частично поднимается вверх и занимает положение, соответствующее глубине проникновения  $h$  (поз.3), которая и характеризует твердость металла.

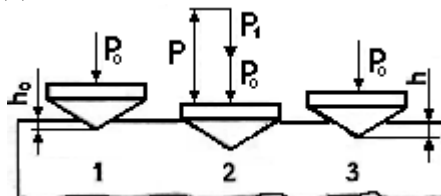


Рис. 7.3. Схема измерения твердости по Роквеллу

Шкалы прибора, с которых снимаются показания твердости, проградуированы в соответствии с глубиной  $h_0$ . Численное значение твердости (безразмерная величина) указывается стрелкой индикатора по соответствующей шкале. Это обстоятельство объясняет удобство, простоту и быстроту определения твердости методом Роквелла. Достоинством этого метода является возможность измерения твердости в широком диапазоне как очень твердых, так и сравнительно мягких материалов. Но методом Роквелла не рекомендуется измерять, например, твердость серых чугунов и цветных сплавов, содержащих структурные составляющие, резко отличающиеся по своим механическим свойствам. Это объясняется тем, что отпечаток, получаемый при вдавливании конуса или шарика диаметром 1,588 мм, достаточно мал и не всегда может равномерно охватить все составляющие, что приведет к большому разбросу данных по твердости.

При выборе режимов испытания твердости необходимо ориентировочно знать примерную твердость сплава (твердый, мягкий) и толщину образца.

Измерение шариком по шкале В применяется для отожженных и нормализованных сталей, меди и ее сплавов, дуралиминов и других сплавов, с твердостью HRВ в диапазоне 25...100 ед. (HB65...240). Минимальная толщина образца 0,7 мм.

*Измерение твердости конусом по шкале С* применяется для закаленных сталей и сталей после отпуска. Пределы измерения в этом случае составляют примерно HRC 20...67 (HB220...710). Минимальная толщина образца 0,7 мм.

*Измерение твердости конусом по шкале А* применяется в тех случаях, когда нельзя применить измерение по шкале С. Это бывает в двух случаях:

1. когда измеряется твердость очень твердых материалов (твердые и минералокерамические сплавы и другие инструментальные материалы).

Применение в этом случае шкалы С, т.е. нагрузки конус 150 кгс, может привести к поломке алмаза,

2. когда необходимо измерить твердость тонких и твердых пластин и слоев, например, цементационного слоя (толщиной 0,4...0,7 мм).

Применение в этом случае нагрузки 150 кгс приведет к продавливанию измеряемого слоя (образца). Пределы измерения твердости по HRA составляют обычно 70...85 ед. (HB 360...710).

В таблице 7.4 приведены режимы испытания твердости по Роквеллу.

Таблица 7.4

Режимы измерения твердости по Роквеллу

Материал	Твердость, HB	Внедритель	Нагрузка, кгс	Шкала	Обозначение твердости	Пределы измерения твердости.	Минимальная толщина, мм
Мягкие металлы	<230	Стальной шарик	100	B	HRB	25...100	0,7
Закал. и отпущенные стали	230-700	Алмазн. конус	150	C	HRC	20...67	0,7
Твердые сплавы и тонкие изд.	>700	Алмазн. конус	60	A	HRA	70...85	0,4

Измерение твердости производится на специальном приборе – твердомере Роквелла, который позволяет устанавливать нужный внедритель и прилагать на него соответствующую нагрузку. Работа на приборе проводится в присутствии преподавателя (лаборанта).

### Задание по работе

1. Изучить и занести в отчет основные положения по определению твердости методом Роквелла.

2. Выбрать режимы испытания твердости образца, предложенного преподавателем.

3. Результаты испытания занести в таблицу 7.5.



Результаты измерения твердости по Роквеллу

Материал	Тип внедрителя	Нагрузка Р, кгс	Шкала	Обозначение твердости	Значение твердости	Твердость по Бринеллю, НВ

**Контрольные вопросы:**

1. Какими свойствами обладает медь?
2. Какими свойствами обладает титан?
3. Какими свойствами обладает алюминий?
4. Какими свойствами обладает магний?
5. Что такое твёрдость?
6. Какие требования предъявляются к поверхности изделия (образца) при измерении твёрдости.
7. Какие материалы можно измерить методом Бринелля.
8. Как выбрать режим испытания на твёрдость на приборе Бринелля.
9. Каким прибором и как замерять диаметр отпечатка от внедрителя на приборе Бринелля.
10. Как подсчитать твёрдость образца (детали) по Бринеллю после его испытания.
11. Какие существуют зависимости между твёрдостью и пределом прочности материала на растяжение.
12. Какие имеются внедрители и нагрузки при испытании материалов по методу Роквелла.
13. Как правильно выбрать режим испытания на приборе Роквелла?
14. На каком твёрдомере результаты измерения твердости точнее?
15. Что обозначает HRB, HRC, HRA.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Кириллова, И. К. Материаловедение : учебное пособие для СПО / И. К. Кириллова, А. Я. Мельникова, В. В. Райский. — Саратов: Профобразование, Ай Пи Эр Медиа, 2018. — 127 с. — ISBN 978-5-4488-0145-7, 978-5-4486-0739-4. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/73753.html>

2. Алексеев, В. С. Материаловедение : учебное пособие для СПО / В. С. Алексеев. — Саратов: Научная книга, 2019. — 159 с. — ISBN 978-5-9758-1894-2. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/87077.html>

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1</b>	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ ТИТАНА.....	3
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2</b>	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ ТИТАНА.....	6
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3-4</b>	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧУГУНОВ И СТАЛЕЙ ПО МАРКЕ.....	7
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5-6</b>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕЙСТВИЙ КОРРОЗИИ НА МЕТАЛЛЫ.....	10
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7-8</b>	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЦВЕТНЫХ СПЛАВОВ ПО МАРКЕ.....	12
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	17

# **КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к выполнению лабораторных работ по дисциплине  
«Контроль качества конструкционных материалов» для студентов  
направления 27.03.02 Управление качеством профиль: Энергетический  
менеджмент в строительстве и промышленности

Составители:

**Поцбнева Ирина Валерьевна**

В авторской редакции

Подписано к изданию 03.06. 2021.

Объем данных

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

394026 Воронеж, Московский проспект 14