

Интегрированный урок

Тема: Металлы и их механические свойства.
Определение твердости металлов. (метод Роквелла)

Пояснительная записка

Межпредметные связи физики с материаловедением являются перспективными. Обучающиеся имеют достаточную теоретическую подготовку, что дает возможность не просто опираться на уже известные знания, а заставить будущих рабочих и технологов самих применять ранее приобретенные знания в определенных ситуациях.

В данной теме использованы следующие вопросы из физики: основные положения молекулярно-кинетической теории, кристаллы и аморфные тела, деформации, механические свойства твердых тел; вопросы из материаловедения: физические и механические свойства металлов, способы определения их твердости.

Урок проводится с целью повторения, обобщения и закрепления учебного материала за курс физики, а также приобретения новых знаний и умений по вопросам твердости металлов применительно к новому предмету – материаловедению. Данный урок является универсальным в том плане, что если сделать акцент на первую часть урока, а вторую преподнести как ознакомительную, то этот материал подходит для групп, обучающихся профессиям СПО (технический профиль). Если первую часть использовать как обобщение по курсу физики, а акцент сделать на вторую часть урока, то данный материал подходит к группам, обучающимся по специальностям СПО (технический профиль).

По ходу урока обучающиеся отвечают на те проблемные вопросы, которые ставят перед ними преподаватели. В конце урока студентами выполняются экспериментальные задания, в которых оценивается уровень полученных знаний.

Урок проводится преподавателями физики и материаловедения. Длительность урока 90 минут.

Цели урока:

Образовательные:

1. Повысить глубину и уровень знаний обучающихся по предметам: физика и материаловедение.
2. Рассмотреть учебный материал с позиции ведущих идей, установить естественные взаимосвязи между особенностями строения металлов, их прочностью и, как следствие, областями их использования в промышленности.
3. Показать тесную связь физики с техническими науками.
4. Синтезировать и обобщить полученные теоретические и практические знания на уроках физики и материаловедения.
5. Исследовать прочность материала, применив знания о деформации, силе, напряжении, свойствах материалов; предложить способы увеличения прочности материала, основываясь на теоретические знания по физике и материаловедению.
6. Сформировать у обучающихся представления о металлах, как о простых веществах, о сущности образования металлической связи и зависимости физических свойств металлов от типа кристаллической решетки.

Развивающие:

1. Способствовать развитию логического и аналитического мышления, устной речи;
2. Повысить познавательный интерес обучающихся, проявляемый в желании активной и самостоятельной работы на уроке.

3. Развивать умения использовать теоретические знания при решении практических задач, способность анализировать и обобщать полученные данные, работать с дополнительной литературой.
4. Развивать логическое мышление, память, самостоятельность. Формировать коммуникативную и эмоциональную культуру.

Воспитательные:

1. Воспитывать усидчивость, трудолюбие при выполнении практических заданий.
2. Формировать позитивное отношение к учению.
3. Воспитать культуру умственного труда, убежденность в возможности познания природы.

Тип урока: интегрированный (физика + материаловедение), комбинированный, урок усвоения новых знаний и применение полученных знаний, умений и навыков на практике.

Методы обучения: диалогический, частично-поисковый, практический.

Организационные формы: самостоятельная деятельность, работа в группе.

Средства обучения: учебно-дидактическая презентация,

Демонстрационное оборудование: модели кристаллических структур, твердомер Роквелла, мультимедийный проектор с экраном, компьютер.

План урока:

1. Организационный момент (3 минут).
2. Мотивационный момент (7 минут).
3. Повторение и обобщение изученного материала (20 минут).
4. Изучение нового материала (20 минут).
5. Закрепление знаний – практическая работа (30 минут).
6. Подведение итогов урока (5 минут).
7. Рефлексия деятельности. Домашнее задание (5 минут).

Ход урока.

1. Организационный момент.

Преподаватели приветствуют обучающихся, проверяют присутствующих по журналу, знакомят с темой урока, объясняют специфику проведения урока с пояснением той работы, которую должны будут выполнять обучающиеся.

Преподаватель физики: *Добрый день, тема нашего занятия «Металлы и их механические свойства. Определение твердости металлов. (метод Роквелла).*

Вам предстоит обобщить свои знания по вопросам строения твердых тел, повторить их основные свойства, вспомнить особенности строения.

Преподаватель материаловедения: *Сегодня мы научимся применять полученные знания о твердости металлов на практике, узнаем значимость этих вопросов применительно к промышленности, военной технике.*

2. Мотивационный момент.

Урок начинается с просмотра фотографий с изображением образцов современной военной техники. Перед обучающимися ставится задача - сформулировать основные

требования к военной технике. Среди ответов обучающихся выделяются те, где акцент делается на прочность и твердость материалов (металлов), из которых выполняются металлические элементы техники. Далее преподаватели переходят к основной части урока.

Преподаватель физики: *Ребята, сейчас вы видите на слайдах фотографии военной техники.*

Преподаватель материаловедения: *Давайте с вами попробуем сформулировать требования, которые предъявляются к военной технике. Одним из главных и основных условий является крепость брони военных образцов. А броня – это металл. Как же сделать металл прочным? Как определить твердость металла? Какие способы существуют для определения твердости? Вот об этом нам и придется поговорить.*

3. Повторение и обобщение изученного материала.

Преподаватель физики: *Сейчас речь пойдет о строении металлов. Ребята, прежде всего, вспомним определение металлов.*

(Металл - группа элементов, в виде простых веществ, обладающих характерными металлическими свойствами, такими, как высокие тепло- и электропроводность, положительный температурный коэффициент сопротивления, высокая пластичность, ковкость и металлический блеск).

Преподаватель физики: *Назовите особенности строения и свойства металлов.*

Далее следуют ответы обучающихся на вопросы о строении и свойствах металла, которые появляются по мере поступления ответов на экране.

Преподаватель физики: *Каковы характерные свойства металлов?*

Характерные свойства металлов

- Металлический блеск
- Хорошая электропроводность
- Возможность легкой механической обработки (например, пластичность)
- Высокая плотность
- Высокая температура плавления
- Большая теплопроводность

Преподаватель физики: *А какими физическими свойствами обладает металл?*

Все металлы (кроме ртути) тверды при нормальных условиях. Температуры плавления лежат в диапазоне от 39 °С (ртуть) до 3410 °С (вольфрам). В зависимости от их плотности, металлы делят на легкие и тяжелые (по плотности). Металлы тонут.

Преподаватель физики: *Давайте вспомним основное механическое свойство металла.*

Это способность металлов подвергаться различным способам механической обработки. Все металлы обладают пластичностью, прочностью, твердостью.

Преподаватель физики: *Все эти свойства металлов обусловлены их строением. При комнатной температуре все металлы, кроме ртути, представляют собой твердые тела, имеющие кристаллическую структуру (строго определенное расположение ионов в пространстве, образующих кристаллическую решетку).*

Металлы имеют кристаллические решетки различных типов. Каждая кристаллическая

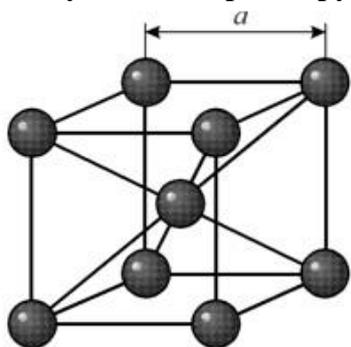
решетка может быть охарактеризована элементарной кристаллической ячейкой. Элементарная кристаллическая ячейка – наименьший комплекс атомов, повторяя который многократно, можно построить весь кристалл.

Преподаватель физики: *Давайте вспомним, сколько существует типов элементарных кристаллических ячеек.*

У металлов чаще всего встречаются три типа элементарных кристаллических ячеек:

Преподаватель физики: *В этой части урока речь пойдет о строении металлов. Ребята, на дом вам было задание подготовить сообщение на тему «Виды кристаллических структур». Работали вы в группах, сейчас мы послушаем выступление первой группы на тему «Кубическая объемноцентрированная кристаллическая решетка»*

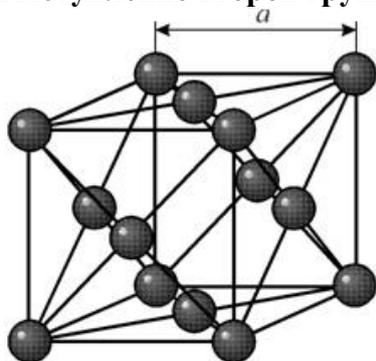
Выступление первой группы.



В кубической объемноцентрированной (ОЦК) решетке восемь ионов располагаются по вершинам и один в центре куба, на пересечении диагоналей. Объемноцентрированную кубическую решетку имеют кристаллы железа при комнатной температуре, хрома, вольфрама, молибдена, ванадия и др. Эта решетка характеризуется всего одним параметром решетки – расстоянием между центрами двух ионов, расположенных по одному ребру, обозначенным на рисунке.

Преподаватель физики: *Вторая группа подготовила нам выступление на тему: «Гранецентрированная кубическая решетка».*

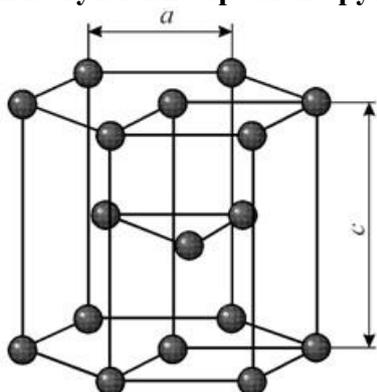
Выступление второй группы.



Многие металлы, используемые в технике, имеют гранецентрированную кубическую решетку. В элементарной решетке гранецентрированного куба ионы расположены по вершинам куба и в центре каждой грани (на пересечении ее диагоналей). Центр куба остается свободным. Такую кристаллическую решетку имеют кристаллы меди, никеля, алюминия, свинца, серебра и др. гранецентрированная решетка также характеризуется одним параметром – длиной ребра куба a .

Преподаватель физики: *Третья группа обучающихся сделает нам сообщение на тему: «Гексагональная плотноупакованная решетка».*

Выступление третьей группы.



Элементарная ячейка гексагональной плотноупакованной решетки представляет собой шестигранную призму. По основаниям призмы расположены правильные шестиугольники по вершинам которых и в их центрах находятся ионы. Посередине между основаниями вклинивается правильный треугольник с ионами по вершинам.

Гексагональная решетка характеризуется двумя параметрами: a и c . Наибольшая плотность упаковки достигается при соотношении параметров $c/a = 1.633$. Гранецентрированная

решетка с таким соотношением параметров называется гранцентрированной плотноупакованной. Такую решетку имеют титан, цирконий, кобальт, цинк, магний и др.

Преподаватель физики: *Поговорим о сплавах металлов. Что же такое сплав и какими свойствами он обладает?*

(Под металлическим сплавом понимают вещество, получаемое сплавлением двух или более элементов, обладающее характерными металлическими свойствами.

Металлические сплавы получают сплавлением элементов – металлов или металлов с неметаллами при преимущественном содержании металлов. Строение сплавов сложнее, чем чистых металлов).

Преподаватель физики: *Металл, конечно, прочное вещество, но и его можно разрушить, полностью или частично. Такой процесс носит название деформации или разрушения. Давайте вспомним основные виды деформаций (рассмотрение вопроса о деформациях сопровождается учебной презентацией).*

Так что же такое деформация?

(Деформация — изменение взаимного положения частиц тела, связанное с их перемещением относительно друг друга. Деформация представляет собой результат изменения межатомных расстояний и перегруппировки блоков атомов. Обычно деформация сопровождается изменением величин межатомных сил, мерой которого является упругое механическое напряжение).

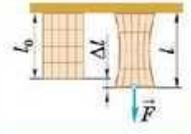
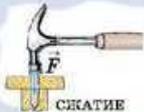
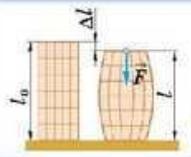
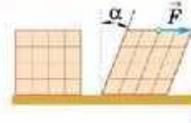
Преподаватель физики: *Ребята, какие виды деформаций вы знаете?*

Ответы обучающихся сопровождаются учебной презентацией.

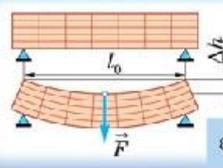
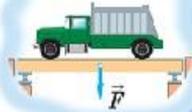
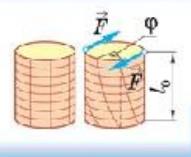
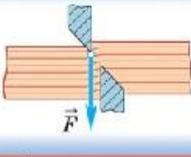
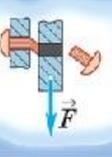
Деформации, виды деформаций.



ВИДЫ ДЕФОРМАЦИЙ

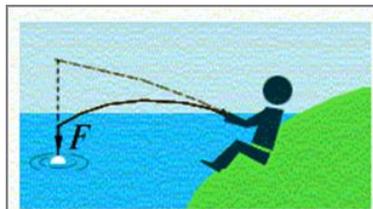
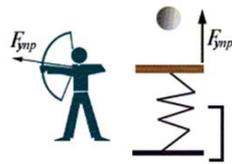
ДЕФОРМАЦИИ В ВЫТУ	МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ	ДЕФОРМАЦИИ В ТЕХНИКЕ
 <p>РАСТЯЖЕНИЕ</p>	 $\epsilon_l = \frac{\Delta l}{l_0}$	
 <p>СЖАТИЕ</p>	 $\epsilon_l = \frac{\Delta l}{l_0}$	
 <p>СДВИГ</p>	 $\epsilon_a = \operatorname{tg} \alpha$	

ВИДЫ ДЕФОРМАЦИЙ

ДЕФОРМАЦИИ В ВЫТУ	МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ	ДЕФОРМАЦИИ В ТЕХНИКЕ
 <p>ИЗГИБ</p>	 $\epsilon_a = \frac{\Delta h}{l_0}$	
 <p>КРУЧЕНИЕ</p>	 $\epsilon_\varphi = \frac{\varphi}{l_0}$	
 <p>СРЕЗ</p>		

chacomme.ru

Деформация в жизни



4. Изучение нового материала.

Преподаватель материаловедения: *Ребята, поговорим о твердости металлов. Что же такое твердость металлов?*

(Твердость — свойство материала оказывать сопротивление упругой и пластической деформации или разрушению при внедрении в поверхностный слой материала другого, более твердого и не получающего остаточной деформации тела – индентора).

Преподаватель материаловедения: *Давайте сгруппируем основные способы определения твердости в зависимости от временного характера приложения нагрузки и измерения сопротивления вдавливанию индентора.*

Способы определения твердости в зависимости от временного характера приложения нагрузки и измерения сопротивления вдавливанию индентора подразделяют на **статические, динамические и кинетические**. Наиболее распространенными являются статические методы, при которых нагрузку к индентору прикладывают плавно и постепенно, а время выдержки под нагрузкой регламентируется стандартами на соответствующие методы.

При **динамических методах** определения твердости индентор действует на образец с определенной кинетической энергией, затрачиваемой на упругую отдачу и/или формирование отпечатка, динамическую твердость часто называют также твердостью материала при ударе. Твердость при ударе характеризует сопротивление внедрению не только на поверхности образца, но и в некотором объеме материала.

Кинетические методы определения твердости основываются на непрерывной регистрации процесса вдавливания индентора с записью диаграммы «нагрузка на индентор — глубина внедрения индентора». Особенность такого подхода заключается в регистрации всей кинетики процесса упругопластического деформирования материала при вдавливании индентора, а не только конечного результата испытаний, как при других методах.

Преподаватель материаловедения: *Теперь поговорим о способах определения твердости по принципу приложения.*

По принципу приложения нагрузки способы определения твердости можно подразделить на способы **вдавливания, отскока, царапания и резания**.

Способы **вдавливания** являются наиболее распространенными. Твердость в этом случае определяется как сопротивление, которое оказывает испытываемое тело внедрению более твердого индентора и отражает преимущественно сопротивление поверхностных слоев материала пластической деформации. Способы **отскока** основаны на измерении твердости по высоте отскока бойка, падающего на испытываемую поверхность. Твердость при этом отражает преимущественно сопротивление упругой деформации. Измерение твердости способом отскока широко применяют для контроля качества прокатных валков, больших изделий и конструкций с использованием переносных приборов.

Способами **царапания и резания** твердость определяется соответственно, как сопротивление материала царапанию или резанию. Способ царапания разработал Моос в начале XIX в.; им были предложена шкала твердости минералов по способности одного наносить царапины на поверхности другого. Эта десятибалльная шкала (от талька № 1 до алмаза № 10) используется в минералогии, а также для оценки твердости технической керамики и монокристаллов.

Преподаватель материаловедения: *Что нужно учитывать при определении такой характеристики как твердость?*

При определении твердости всеми методами (кроме микротвердости) измеряют интегральное значение твердости материала (усредненное для всех структурных составляющих). Поэтому получающийся после снятия нагрузки отпечаток должен быть по размеру значительно больше размеров зерен и других структурных составляющих тестируемого материала.

Значения твердости нельзя однозначно переводить в значения других механических свойств материала. Однако определение твердости является эффективным способом сравнения друг с другом однотипных материалов и контроля их качества.

Преподаватель материаловедения: *Переходим к самым главным моментам урока, где уделим внимание методам определения твердости. (рассмотрение данного вопроса сопровождается учебной презентацией).*

Методы определения твёрдости по способу приложения нагрузки делятся на: 1) статические и 2) динамические (ударные).

Для измерения твёрдости существует несколько шкал (методов измерения):

- **Метод Бринелля** — твёрдость определяется по диаметру отпечатка, оставляемому металлическим шариком, вдавливаемым в поверхность. Твёрдость вычисляется как отношение усилия, приложенного к шариком, к площади отпечатка (причём площадь отпечатка берётся как площадь части сферы, а не как площадь круга; размерность единиц твердости по Бринеллю МПа (кгс/мм²). Число твердости по Бринеллю по ГОСТ 9012-59 записывают без единиц измерения. Твёрдость, определённая по этому методу, обозначается НВ, где Н — hardness (твёрдость, *англ.*), В — Бринелль;
- **Метод Виккерса** — твёрдость определяется по площади отпечатка, оставляемого четырёхгранной алмазной пирамидкой, вдавливаемой в поверхность. Твёрдость вычисляется как отношение нагрузки, приложенной к пирамидке, к площади отпечатка (причём площадь отпечатка берётся как площадь части поверхности пирамиды, а не как площадь ромба); размерность единиц твёрдости по Виккерсу кгс/мм². Твёрдость, определённая по этому методу, обозначается НV;
- **Твёрдость по Шору** (метод вдавливания) — твёрдость определяется по глубине проникновения в материал специальной закаленной стальной иглы (индентора) под действием калиброванной пружины. В данном методе измерительный прибор именуется дюрометром. Обычно метод Шора используется для определения твердости низкомолекулярных материалов (полимеров). Метод Шора оговаривает 12 шкал измерения. Чаще всего используются варианты А (для мягких материалов) или D (для более твердых). Твёрдость, определённая по этому методу, обозначается буквой используемой шкалы, записываемой после числа с явным указанием метода.
- **Дюрометры и шкалы Аскера** — по принципу измерения соответствует методу вдавливания (по Шору). Используется для мягких и эластичных материалов. Отличается от классического метода Шора некоторыми параметрами измерительного прибора, фирменными наименованиями шкал и инденторами.
- **Твёрдость по Шору (Метод отскока)** — метод определения твёрдости очень твёрдых (высокомолекулярных) материалов, преимущественно металлов, по высоте, на которую после удара отскакивает специальный боёк (основная часть *склероскопа* — измерительного прибора для данного метода), падающий с определённой высоты. Твёрдость по этому методу Шора оценивается в условных единицах, пропорциональных высоте отскокивания бойка. Основные шкалы С и D. Обозначается *HS_x*, где *H* — *Hardness*, *S* — *Shore* и *x* — латинская буква, обозначающая тип использованной при измерении шкалы.

Следует понимать, что хотя оба этих метода являются методами измерения твёрдости, предложены одним и тем же автором, имеют совпадающие названия и совпадающие обозначения шкал это — не версии одного метода, а два принципиально разных метода с разными значениями шкал, описываемых разными стандартами.

- **Метод Кузнецова — Герберта — Ребиндера** — твёрдость определяется временем затухания колебаний маятника, опорой которого является исследуемый металл;
- **Метод Пальди** (двойного отпечатка шарика) — твёрдость оценивается в сравнении с твёрдостью эталона, испытание производится путём ударного вдавливания стального шарика одновременно в образец и эталон (см. иллюстрацию);
- **Шкала Мооса** — определяется по тому, какой из десяти стандартных минералов царапает тестируемый материал, и какой материал из десяти стандартных минералов царапается тестируемым материалом.
- **Метод Бухгольца** — метод определения твёрдости при помощи прибора «Бухгольца». Предназначен для испытания на твёрдость полимерных лакокрасочных покрытий при вдавливании индентора «Бухгольца».

Преподаватель материаловедения: *Рассмотрим соотношение значений твёрдости материалов по различным шкалам.*

При сопоставлении значений твёрдости, полученных разными методами, между собой и с механическими свойствами материалов необходимо помнить, что приводимые в литературных источниках таблицы или зависимости для такого сопоставительного перевода являются чисто эмпирическими. Физического смысла такой перевод лишен, так как при вдавливании различных по форме и размерам инденторов и с разной нагрузкой твёрдость определяется при совершенно различных напряженных состояниях материала.

Даже при одном и том же способе измерения твёрдости значение сильно зависит от нагрузки: при меньших нагрузках значения твёрдости получаются более высокими.

То же самое справедливо и для сопоставления значений твёрдости с механическими свойствами материала, определяемыми при растяжении или других формах нагружения. Кроме того, традиционные механические характеристики материала (предел пропорциональности, предел текучести, предел прочности, относительное удлинение и др.) являются интегральными характеристиками всего испытываемого образца материала и зависят от формы образца и условий испытаний.

Ориентировочный перевод значений твёрдости, определяемый различными методами, приведен в табл. 1.

Твёрдость по Бринеллю (D= 10 мм, P= 3000 кгс), HB	Твёрдость по Роквеллу (шкала C, P = 150 кгс), HRC	Твёрдость по Виккерсу, HV	Твёрдость по Шору, HSD
163	2	162	27
170	4	171	28
179	7	178	29
187	9	186	30
197	12	197	31

Табл. 1. Ориентировочный перевод чисел твёрдости, определяемых различными методами (по М.Л. Бернштейну, А.Г. Рахштадту и др.)

Преподаватель материаловедения: *Сегодня мы с вами подробно остановимся на рассмотрении одного из методов определения твердости – методе Роквелла.*

Твердость по Роквеллу

- **Метод Роквелла** — твёрдость определяется по относительной глубине вдавливания металлического шарика или алмазного конуса в поверхность тестируемого материала. Твёрдость, определённая по этому методу, является безразмерной и обозначается HR, HRB, HRC и HRA (B, C, A – обозначение шкалы по которой ведется измерение твердости), твёрдость вычисляется по формуле $HR = 100 (130) - kd$, где d — глубина вдавливания наконечника после снятия основной нагрузки, а k — коэффициент. Таким образом, максимальная твёрдость по Роквеллу по шкалам А и С составляет 100 единиц, а по шкале В — 130 единиц.

Метод измерения твердости по Роквеллу регламентирован ГОСТ 9013-59. При определении твердости этим методом тестируемый образец (изделие) под действием двух последовательно прилагаемых нагрузок - предварительной P_0 (обычно $P_0 = 10$ кгс) и общей P - вдавливают индентор (алмазный конус или стальной шарик). При этом общая нагрузка равна сумме предварительной P_0 и основной P_1 нагрузок:

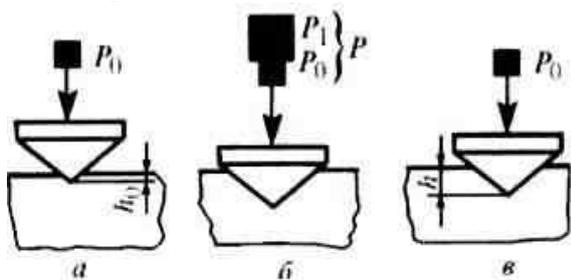
$$P = P_0 + P_1$$

После выдержки под приложенной общей нагрузкой P в течение 3...5 с основную нагрузку P_1 снимают и измеряют глубину проникновения индентора в материал А под действием общей нагрузки P затем снимают оставшуюся предварительную нагрузку P_0 . Твердость по Роквеллу измеряют в условных единицах. За единицу твердости принята величина, соответствующая осевому перемещению индентора на 0,002 мм. Число твердости определяется по шкале индикатора (как правило, часового типа). Индикатор показывает результат вычитания разности глубин ($h - h_0$), на которые вдавливается индентор под действием двух последовательно приложенных нагрузок, из некоторой константы. Величина h_0 — глубина внедрения индентора в испытуемый образец под действием предварительной нагрузки P_0 .

В зависимости от формы индентора и прилагаемой нагрузки введены три измерительные шкалы: А, В, С (табл. 2). Наиболее часто используемыми шкалами являются А и С.

Число твердости по Роквеллу обозначается цифрами, характеризующими величину твердости, со стоящим после них символом HRA, HRB или HRC (в зависимости от используемой шкалы измерения), например, 25,5 HRC

Расстояние между центрами двух соседних отпечатков должно быть не менее четырех диаметров отпечатка (но не менее 2 мм).



Расстояние от центра отпечатка до края образца должно быть не менее 2,5 диаметра отпечатка (но не менее 1 мм).

Количество отпечатков при измерении твердости, способ обработки и результаты измерений указываются в нормативно-технической документации на металлопродукцию и, как правило, измерение

производится 3 раза (результат среднеарифметический).

Схема измерения твердости по Роквеллу

Шкала	Применяемый индикатор	Нагрузка, кгс			Область применения
		<i>P</i> - общая	<i>P0</i> - предварит.	<i>P1</i> - основная	
<i>A</i>	Алмазный конус	60	10	50	Материалы с твердостью HRA 70 - 85
<i>B</i>	Стальной шарик	100	10	90	Низко- и среднеуглеродистые стали, латуни, бронзы и другие материалы с твердостью HRB 25 - 100
<i>C</i>	Алмазный конус	150	10	140	Стали и сплавы с твердостью HRC 20 - 67

Табл. 2. Шкалы, используемые при измерении твердости по Роквеллу



Лабораторный твердомер ТК-2М оснащен аналоговым трехдиапазонным циферблатом и электромеханическим механизмом нагружения, позволяющим автоматически производить нагружение и снятие основной нагрузки на образец после предварительной нагрузки. В комплект поставки твердомера входят стальные шарики для твердости 850 HV по ГОСТ 3722-81.

Основные технические характеристики:

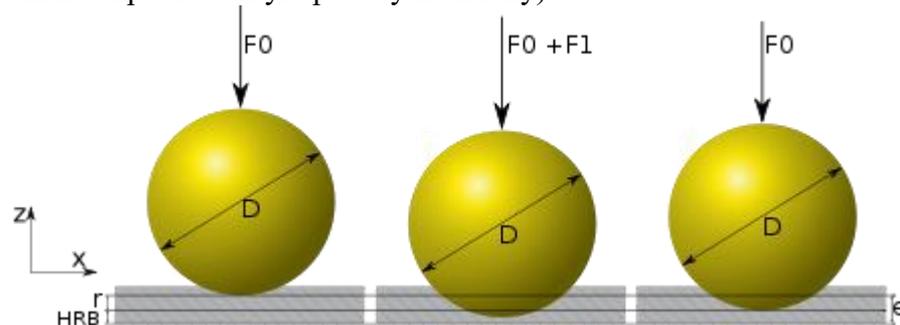
Модель	ТК-2М
Диапазон измерения твердости	25~100 HRB, 20~67 HRC, 70~90 HRA
Испытательные нагрузки основная/дополнительная	588,4; 980,7; 1471/ 98,07 Н.
Пределы допускаемой погрешности твердомера от числа твердости образцовой меры твердости 2-разряда МТР-1 HRC 25 \pm 5 HRC 45 \pm 5 HRC 65 \pm 5 HRA 83 \pm 3 HRB 90 \pm 10	\pm 2,0 ед. твердости \pm 1,5 ед. твердости \pm 1,0 ед. твердости \pm 1,2 ед. твердости \pm 2,0 ед. твердости
Предел допускаемой погрешности нагрузок в диапазонах основном/дополнительном, не более	\pm 0,5/2,0 %
Время приложения и снятия основной нагрузки на образец	2-5 сек.
Используемые индентора	Алмазный конус, твердосплавный наконечник, твердосплавный шарик \varnothing 1,588 мм., \varnothing 2,5 мм., \varnothing 5 мм., \varnothing 10 мм.
Расстояние от индентора до опорного столика	0~200 мм.
Расстояние от центра отпечатка до станины	130 мм.

Габаритные размеры, мм. (ДхШхВ)	500x240x760
Масса	70 кг.
Электропитание	~220V/50Hz
Мощность	0,1 кВт.

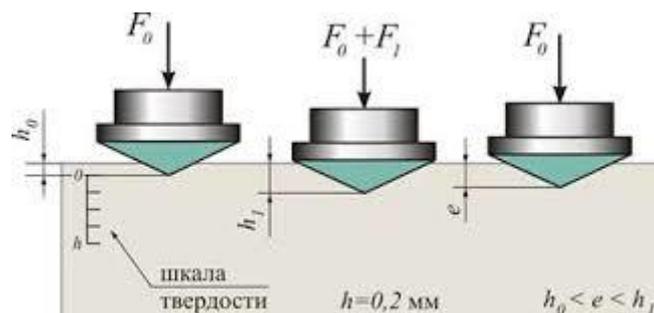
Табл. 3. Основные технические характеристики

5. Закрепление знаний.

Преподаватель материаловедения: Мы предлагаем вам выполнить практическую работу по определению твердости металла по методу Роквелла. (обучающиеся разбиваются на группы и выполняют практическую работу по плану).



- Метод Роквелла. Выбрать подходящую для проверяемого материала шкалу (А, В или С)
- Установить соответствующий индентор и нагрузку
- Перед тем, как начать проверку, надо сделать два не учитываемых отпечатка, чтобы проверить правильность посадки наконечника и стола
- Установить эталонный блок на столик прибора
- Приложить предварительную нагрузку в 10 кгс, обнулить шкалу
- Приложить основную нагрузку и дождаться до приложения максимального усилия
- Снять нагрузку
- Прочсть на циферблате по соответствующей шкале значение твёрдости (цифровой прибор показывает на экране значение твёрдости)
- Порядок действий при проверке твёрдости испытуемого образца такой же, как и на эталонном блоке. Допускается делать по одному измерению на образце при проверке массовой продукции.
- Контрольные вопросы:
 1. Дать определение твердости металла.
 2. Какие факторы могут влиять на твердость материала.
 3. Какие способы определения твердости вы знаете.
 4. Как соотносятся значения твердости материалов по различным шкалам.



Домашнее задание: Ребята, дома вам предлагается оформить отчет о выполнении практической работы, сделать выводы, ответить на контрольные вопросы и сдать подготовленный материал для проверки на следующем уроке.

6. Подведение итогов урока.

Давайте теперь подведем итог нашего урока. Ребята, сегодня мы с вами вспомнили что такое металлы, поговорили об их основных свойствах и научились определять твердость материалов, что имеет очень большое значение для оборонной промышленности. Вам, как представителям технических специальностей, необходимы эти знания. Государство уделяет большое внимание развитию оборонно-промышленного комплекса, т.к. это является показателем силы и мощи Российской Федерации и гарантией безопасности отечества. И вы, как молодое поколение нашей большой страны, должны это понимать и стремиться стать высококвалифицированными специалистами своего дела.
(Преподаватели оценивают работу обучающихся на уроке).

7. Рефлексия деятельности.

Ребята, что важного вы узнали для себя на сегодняшнем уроке, что может пригодиться вам в вашей будущей работе?
Понравился ли вам урок? Что было самое интересное? О чем бы вы еще хотели узнать?

Список использованной литературы

1. Дмитриева В. Ф. Физика для профессий и специальностей технического профиля: учебник для образовательных учреждений сред. проф. образования. — М., 2012.
2. Дмитриева В. Ф. Физика для профессий и специальностей технического профиля: электронный учебно-метод. комплекс для образовательных учреждений сред. проф. образования. — М., 2014.
3. Солнцев Ю.П. Материаловедение: Учебник для СПО. - М.: Академия, 2007
4. Ковалев С. В. Новые материалы и технологии в машиностроении // Вестн. Моск. гос. ун-та приборостроения и информатики. Сер.: Приборостроение и информ. технологии. - 2010. - № 25. - С. 106-121.
5. Чумаченко Ю.Т. Материаловедение: Учебник для СПО. - Ростов н/Д.: Феникс, 2009.

Интернет-ресурсы:

1. www.fcior.edu.ru (Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов).
2. www.dic.academic.ru (Академик. Словари и энциклопедии).
3. www.booksgid.com (Boo Gid. Электронная библиотека).
4. www.globalteka.ru (Глобалтека. Глобальная библиотека научных ресурсов).
5. www.window.edu.ru (Единое окно доступа к образовательным ресурсам).
6. www.st-books.ru (Лучшая учебная литература).