

## Уважаемые студенты!

Ниже представлена лекция. Вам необходимо:

1. Внимательно прочесть лекционный материал
2. Законспектировать лекцию, выделяя основные понятия и определения, конспект должен составлять не менее 3-4 страниц тетради.
3. Ответить на вопросы письменно в конце законспектированной лекции.

Законспектированную лекцию и ответы на вопросы подготовить к проверке преподавателю по окончании карантина. Результат выполненного задания прислать на адрес электронной почты преподавателя: [helen-ivanova-1959@mail.ru](mailto:helen-ivanova-1959@mail.ru) -

4. В случае возникновения вопросов в течении времени вашей пары можно обратиться к преподавателю [helen-ivanova-1959@mail.ru](mailto:helen-ivanova-1959@mail.ru) или по телефону. **0721689390**

## Лекция

### Измерение твёрдости.

#### План лекции

- 1 Метод Бринелля
- 2 Метод Роквелла
- 3 Метод Виккерса
- 4 Твёрдость по Шору (Метод вдавливания)

Твёрдость материала – это способность оказывать сопротивление механическому проникновению в его поверхностный слой другого твердого материала. Она определяется величиной нагрузки необходимой для начала разрушения материала. Твёрдость делится на относительную и абсолютную. Относительная твёрдость – это твёрдость одного материала по отношению к другому. Абсолютная твёрдость определяется с помощью методов вдавливания.

Твёрдость зависит от множества факторов. Среди них: межатомные

расстояния вещества, валентность, природа химической связи, хрупкости и ковкости материала, гибкости, упругости, вязкости и других качеств.

Наиболее твёрдыми из существующих на сегодняшний день материалов являются две аллотропные модификации углерода — лонсдейлит, который твёрже алмаза в полтора раза и фуллерит с превышением твёрдости алмаза в два раза. Однако среди распространённых веществ по-прежнему самым твёрдым является алмаз.

Для измерения твёрдости существует несколько шкал (методов измерения). Для разных материалов они будут разными. Для измерения твердости металлов применяются методы:

**Метод Бринелля** — твёрдость определяется по диаметру отпечатка, оставляемому металлическим шариком, вдавливаемым в поверхность. Твёрдость вычисляется как отношение усилия, приложенного к шарiku, к площади отпечатка. Единицами измерения являются кгс/мм<sup>2</sup>. Твёрдость, определённая по этому методу, обозначается HB, где H = hardness (твёрдость, англ.), B — Бринелль. Это один из самых старых методов, применявшийся еще в XIX веке.

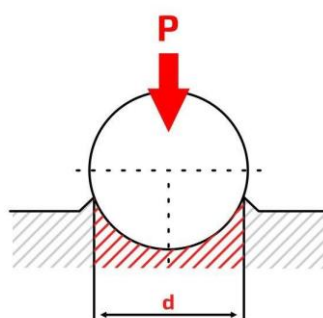


Схема измерения  
твердости по Бринеллю (HB)

**Метод Роквелла** — твёрдость определяется по относительной глубине вдавливания металлического или алмазного конуса в поверхность тестируемого материала. Твёрдость, обозначается HR, где H – hardness, а R - Rockwell. Твёрдость вычисляется по формуле  $HR = 100 - kd$ , где d — глубина вдавливания наконечника после снятия основной нагрузки, а k —

коэффициент. Таким образом, максимальная твёрдость по Роквеллу соответствует HR 100. 3-й буквой в обозначении идёт наименование типа шкалы, напр. HRA, HRB, HRC и т.д. Для ножей твердость определяется по шкале HRC, которая фактически заканчивается на 70 единицах, так как большая твердость ножа не позволяет им полноценно пользоваться из-за снижения ударной вязкости, повышения хрупкости и т.д. Эта система была самой распространенной в XX веке.

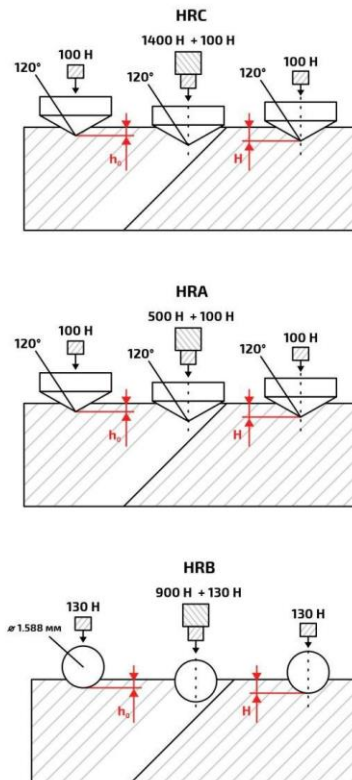


Твердость по методу Роквелла можно измерять:

1) Алмазным конусом с общей нагрузкой 150 кгс. Твердость измеряется по шкале С и обозначается HRC (например, 62 HRC). Метод позволяет определять твердость закаленной и отпущенной сталей, материалов средней твердости, поверхностных слоев толщиной более 0,5 мм;

2) Алмазным конусом с общей нагрузкой 60 кгс. Твердость измеряется по шкале А, совпадающей со шкалой С, и обозначается HRA. Применяется для оценки твердости очень твердых материалов, тонких поверхностных слоев (0,3 ... 0,5 мм) и тонколистового материала;

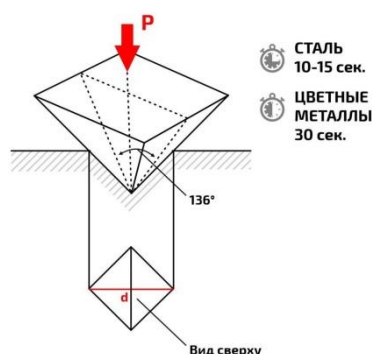
3) Стальным шариком с общей нагрузкой 100 кгс. Твердость обозначается HRB и измеряется по шкале В. Так определяют твердость мягкой (отожженной) стали и цветных сплавов.



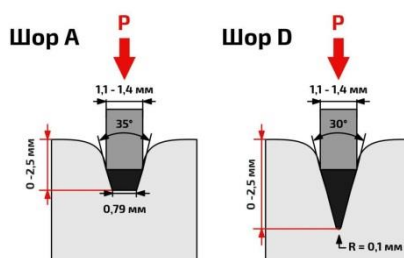
При измерении твердости на приборе Роквелла необходимо, чтобы на поверхности образца не было окалины, трещин, выбоин и др. Необходимо контролировать перпендикулярность приложения нагрузки к поверхности образца и устойчивость его положения на столике прибора. Расстояние отпечатка должно быть не менее 1,5 мм при вдавливании конуса и не менее 4 мм при вдавливании шарика. Твердость измеряется не менее 3 раз на одном образце, затем выводится среднее значение. Преимущество метода Роквелла по сравнению с методами Бринелля и Виккерса заключается в том, что значение твердости по методу Роквелла фиксируется непосредственно стрелкой индикатора, при этом отпадает необходимость в оптическом измерении размеров отпечатка.

| Обозначения твердости | Индентор (наконечник) | Шкала индикатора | Основная нагрузка | Расчетная формула           |
|-----------------------|-----------------------|------------------|-------------------|-----------------------------|
| HRC<br>HRA            | алмазный конус        | С<br>А           | 1400 Н<br>500 Н   | $100 - \frac{H-h_0}{0.002}$ |
| HRB                   | стальной шарик        | В                | 900 Н             | $130 - \frac{H-h_0}{0.002}$ |

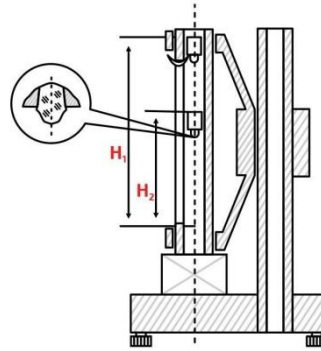
**Метод Виккерса** - самая широкая по охвату шкала, твердость определяется по площади отпечатка, оставляемого четырехгранной алмазной пирамидкой, вдавливаемой в поверхность. Обозначается HV, где Н — Hardness (твердость, англ.), V — Vickers (Виккерс, англ.). При испытании твердости по методу Виккерса, в поверхность материала вдавливается алмазная четырехгранная пирамида с углом. После снятия нагрузки вдавливания измеряется диагональ отпечатка. Число твердости по Виккерсу обозначается символом HV с указанием нагрузки Р и времени выдержки под нагрузкой, причем размерность числа твердости (кгс/мм<sup>2</sup>) не ставится. Продолжительность выдержки индентора под нагрузкой для сталей 10 – 15 с, а для цветных металлов – 30 с. Преимущества метода Виккерса по сравнению с методом Бринелля заключается в том, что методом Виккерса можно испытывать материалы более высокой твердости из-за применения алмазной пирамиды.



**Твёрдость по Шору (Метод вдавливания)** — твёрдость определяется по глубине проникновения в материал специальной закаленной стальной иглы (индентора) под действием калиброванной пружины. В данном методе измерения используется прибор — дюрометр. Обычно метод Шора используется для определения твердости низкомодульных материалов (полимеров). Метод Шора, предполагает 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 указанием метода. В качестве примера, можно привести резину в покрышке колеса легкового автомобиля, которая имеет твердость примерно 70А, а школьный ластик — примерно 50А.



**Твёрдость по Шору (Метод отскока)** — метод определения твёрдости очень твёрдых материалов, преимущественно металлов, по высоте, на которую после удара отскакивает специальный боёк, падающий с определённой высоты. Твердость по этому методу Шора оценивается в условных единицах, пропорциональных высоте отскакивания бойка. Обозначается HSx, где H — Hardness, S — Shore и x — латинская буква, обозначающая тип использованной при измерении шкалы.



### **Метод Либу (твердомеры)**

Это самый широко применяемый на сегодня метод в мире, твёрдость определяется как отношение скоростей до и после отскока бойка от поверхности. Обозначается HL, где H — Hardness (твёрдость, англ.), L — Leeb (Либ, англ.), а 3-й буквой идёт обозначение типа датчика, напр. HLD, HLC и т.д. При использовании данного метода падающий нормально к поверхности исследуемого материала боек сталкивается с поверхностью и отскакивает. Скорость бойка измеряют до и после отскакивания. Предполагается, что боек не подвергается необратимой деформации.



**Метод Кузнецова — Герберта — Ребиндера** — твёрдость определяется временем затухания колебаний маятника, опорой которого является исследуемый металл.

**Метод Польди (двойного отпечатка шарика)** — твердость оценивается в сравнении с твердостью эталона, испытание производится путем ударного вдавливания стального шарика одновременно и в образец, и в эталон.

## **Контрольные вопросы**

1 От чего зависит твёрдость

2 Условия при измерении твердости на приборе Роквелла

3 Каким символом обозначается число твердости по Виккерсу