

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Инженерная школа
Энергетики

«Атомные станции: проектирование, эксплуатация, инжиниринг»

"Определение твердости металлов и сплавов"

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

по дисциплине:
Материаловедение

Исполнитель:

студент группы

5091

Мавродиев Владимир Игоревич

24.09.2020

Руководитель:

преподаватель

Чинков Евгений Петрович

Цель работы: Ознакомиться с различными методами определения твердости.

Оборудование и материалы:

1. **Пресс Бринелля** (Рисунок. 1) – прибор для измерения твердости, состоит из столика – 1, рукоятки – 2, электродвигателя – 3, пружины – 4, коробки скоростей – 5, эксцентрика – 6, шатуна – 7, грузов – 8, системы рычагов – 9,10, отправки – 11.

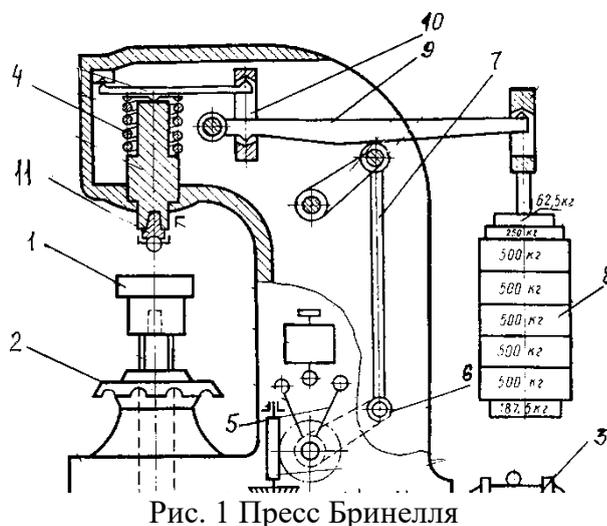


Рис. 1 Пресс Бринелля

Принцип работы: Испытуемый образец помещают на столик 1 и при помощи винта, приводимого в движение вращением маховика или рукоятки 2, поднимают его к шарик, укрепленному в оправке 11, до тех пор, пока пружина 4, прижимающая шарик к образцу, не сожмется до отказа.

При этом создается предварительная нагрузка 100 кгс. Затем нажатием кнопки включают электродвигатель 3, который через коробку скоростей 5 приводит во вращательное движение эксцентрик 6. Эксцентрик опускает шатун 7 вниз, в результате чего грузы 8 через систему рычагов 9 и 10 создают основную нагрузку на шарик в 3000 кгс. При дальнейшем вращении эксцентрика шатун поднимается, снимает нагрузку с шарика, возвращает рычаги 9 и 10 и грузы 8 в исходное положение. Возвращение грузов в исходное положение сигнализируется звонком и сопровождается выключением электродвигателя. Вращением против часовой стрелки маховика или рукоятки опускают стол 1.

2. **Твердомер Роквелла**

Прибор состоит из шпинделя – 1,

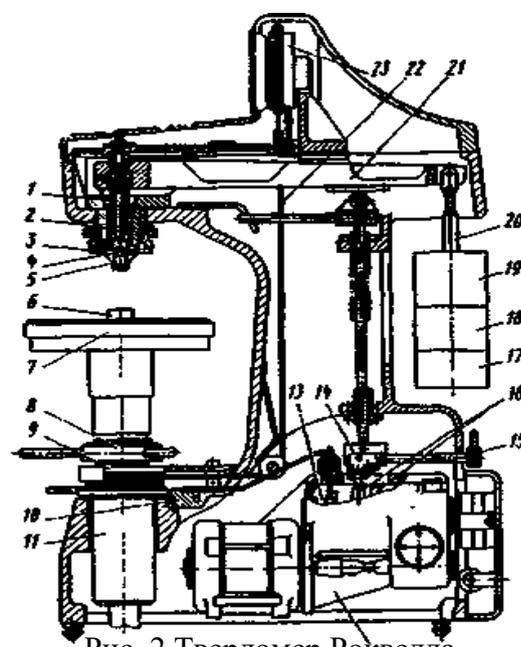


Рис. 2 Твердомер Роквелла

пружины – 2, ограничителя на чехол – 3, винта – 4, отправки с индентором – 5, образца – 6, столика – 7, маховика – 8, барабана – 9, клавиши – 10, винта – 11, привода – 12, тумблера – 13, штока – 14, рукоятки – 15, кулачкового блока – 16, грузов 17-19, подвески – 20, грузового рычага – 21, тросика – 22, индикатора со шкалами – 23 А, В, С.

Принцип работы: Для вдавливания более твердого объекта в испытуемый используется специальный алмазный наконечник, который имеет форму правильной пирамиды. Нагрузка прикладывается к наконечнику на протяжении определенного времени. При этом время выдержки и величина нагрузки могут существенно различаться. Согласно установленным стандартам в ГОСТ 9013-59, нагрузка может быть от 1 до 100 кгс. При этом уточняются конкретные значения из этого промежутка. Полученные отпечатки алмазного конуса измеряются. Наиболее важными показателями в этом случае можно назвать размер диагоналей оставшегося отпечатка.

Теоретическое описание:

1. Метод Бриннеля: Определение твёрдости по Бринеллю основано на вдавливании в испытуемый материал стального шарика и последующего измерения диаметра отпечатка (Рис. 3). Твёрдость по Бринеллю (НВ) выражается отношением взятой нагрузки P к площади поверхности отпечатка P : нагрузка (1) Если вычислить поверх-

ность отпечатка, имеющего форму шарового сегмента, то НВ опре-

делится формулой:
$$HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$
, где P – приложенная

нагрузка, кгс; D – диаметр шарика, мм; d – диаметр отпечатка, мм.

Размер шарика выбирается в зависимости от толщины испытуемого образца: шарики стандартных размеров имеют диаметры 10 мм, 5 мм или 2,5 мм. Нагрузка на шарик выбирается в зависимости от рода материала и должна быть пропорциональна квадрату диаметра шарика. Условные стандартные нормы, принятые для различных материалов: для стали и чугуна

для меди и медных сплавов

для баббитов и свинцовистых бронз

Диаметр отпечатка измеряют с помощью лупы Бринелля или микроскопа в двух взаимно перпендикулярных направлениях и определяют как среднее арифметическое из двух измерений. Лупа имеет шкалу, малое деление которой равно 0,05 мм (цена деления). По результатам измерения диаметра отпечатка на данном материале твёрдость по Бринеллю определяется с помощью формулы (2) или по таблице определения чисел твёрдости по Бринеллю, между механическими свойствами (в частности, пределом прочности σ_B и твёрдостью по Бринеллю) существует определенная зависимость, которая может быть представлена эмпирической формулой: .

2. Метод Роквелла:

Определение твёрдости по Роквеллу основано на вдавливании в исследуемый материал алмазного конуса с углом в вершине 120° (шкалы А и С) и по-

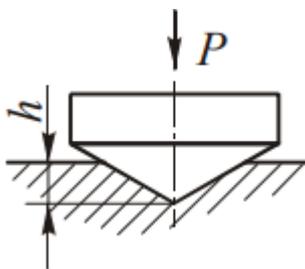


Рис. 4. Определение глубины вдавливания по методу Роквелла

следующим измерением глубины вдавливания h (Рис.

4) или стального шарика диаметром 1,5875 мм (шкала В). Метод Роквелла позволяет проводить испытания

деталей после объёмной закалки и поверхностного упрочнения достаточной глубины. Определение твёрдости по этому методу практически не связано с порчей

поверхности изделия. Шкала С служит для испытания твёрдых материалов, имеющих твёрдость по Бринеллю от 230 до 700 кгс/мм². Алмазный конус вдавливается

с усилием 150 кгс. Интервал измерения твёрдости по шкале С – от 22 до 68 единиц, твёрдость обозначается HRC . Шкала А используется при испытании очень твердых материалов или тонких поверхностных слоев (0,5–1,0 мм).

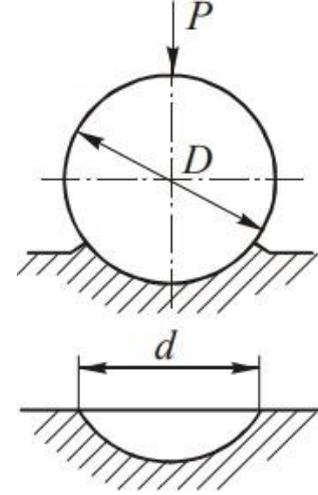


Рис. 3. Определение диаметра отпечатка в методе Бринелля

Применяют тот же алмазный конус, но сила вдавливания 60 кгс. Значение твердости определяют по шкале С, но обозначают *HRA*. Интервал измерения твердости по этой шкале от 70 до 85 единиц. Шкала В предназначена для испытания мягких материалов, имеющих твердость по Бринеллю от 60 до 230 кгс/мм². Стальной шарик диаметром 1,5875 мм вдавливается с усилием в 100 кгс. Твердость измеряется в пределах от 25 до 100 единиц шкалы В и обозначается *HRB*.

Экспериментальные результаты и их обсуждение:

Метод Бриннеля (таблица 1):

№	Материал	Содержание примесей, wt %	Нагрузка, <i>P</i> , кгс	Диаметр шарика <i>D</i> , мм	Диаметр отпечатка, <i>d</i> , мм	Твердость, НВ	Предел прочности σ , МПа
1	Медь		250	5	1.8	61.9	297
2	Латунь	Cu-8% Zn	250	5	2.1	68.8	365
3	Бронза	Cu-12% Zn	250	5	2.3	56.8	301
4	Сталь 30	Fe-0.3% C	3000	10	5.7	107	353
5	Сталь 45	Fe-0.45% C	3000	10	4.4	187	636
6	Сталь 70	Fe-0.7% C	3000	10	4	229	802

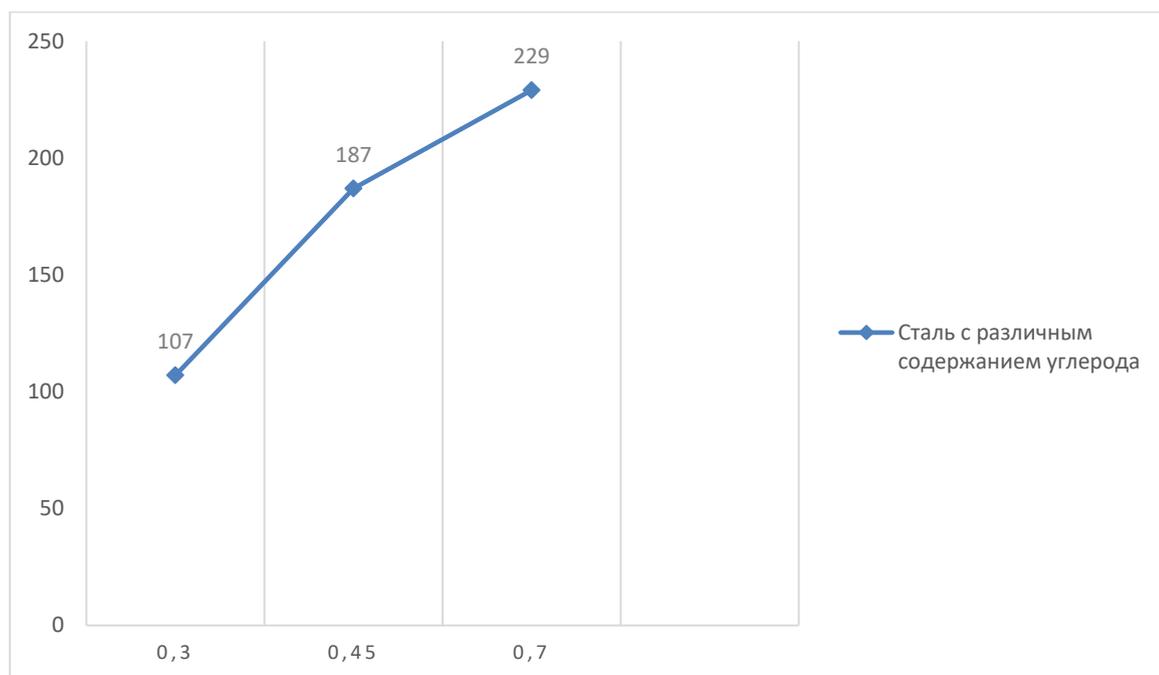


График 1 - Зависимость твердости стали от содержания углерода

Измерение твердости по Роквеллу (таблица 2):

Материал	Нагрузка, кгс	Твердость, HRC	Значение твердости HB по переводной таблице
Лерка	150	68	773

Ответы на вопросы:

1) На каком принципе основано определение твёрдости по методу Бринелля?

Определение твёрдости по Бринеллю основано на принципе вдавливания в испытуемый материал стального шарика и последующего измерения диаметра отпечатка.

2) Каким методом определяют твёрдость закалённой стали?

Твердость закаленной стали определяют по методу Роквелла.

3) Каким методом определяют твёрдость отожженной (мягкой) стали?

Твердость мягкой стали определяется по методу Бринелля, потому что закалка способствует увеличению твердости, а отжиг снижению твердости.

4) Какой наконечник используют при определении микротвёрдости?

В качестве наконечника используется алмазный конус с углом в вершине 120° , или стальной шарик диаметром 1,5875 мм.

5) Какой метод используется при определении твёрдости тонких поверхностных слоёв? отдельных зёрен?

Для определения твердости тонких поверхностных слоёв используется метод Виккерса. Для определения твердости отдельных зерен используется метод микротвердости.

6) Какие нагрузки применяются при определении твёрдости по методу Роквелла?

Алмазный конус вдавливаются с усилием 150 кгс. Интервал измерения твёрдости по шкале С, Шкала А используется при испытании очень твердых материалов или тонких поверхностных слоев (0,5–1,0 мм). Применяют тот же алмазный конус, но сила вдавливания 60 кгс. Шкала В предназначена для испытания мягких материалов, имеющих твёрдость по Бринеллю от 60 до 230 кгс/мм². Стальной шарик диаметром 1,5875 мм вдавливаются с усилием в 100 кгс.

7) Как можно предварительно оценить твёрдость образца?

Для ориентировки можно попробовать определить твердость обыкновенным напильником. Если напильник скользит по поверхности или лишь незначительно царапает металлическую поверхность, то образец имеет высокую твердость, и тогда следует применять метод определения твердости по Роквеллу. Если же образец хорошо режется напильником (легко снимается часть металла), то он имеет сравнительно низкую твердость, и тогда следует применять метод определения твердости по Бринеллю.

8) Как нужно подготовить образец к испытанию твёрдости?

При использовании метода Бринелля образец подготавливают так, чтобы его поверхности (испытуемая и опорная) были параллельны и не имели окалины, ржавчины и других неровностей, влияющих на результат испытания. Это достигается (при необходимости) обработкой резанием, зачисткой или обработкой указанных поверхностей наждачной бумагой, наждачным кругом или напильником без разогрева. Минимальная толщина образца должна быть не менее 10-ти кратной глубины отпечатка. При определении твердости по Роквеллу поверхности образцов (испытуемая и опорная) зачищаются на мелкой наждачной шкурке или на мелкозернистом шлифовальном круге. Зачистка не должна сопровождаться нагревом образца выше 150°C . Опорная поверхность образца должна обеспечивать плотное и устойчивое прилегание его к опорному столику.

9) Какой метод измерения твёрдости является более универсальным: по Бринеллю или по Роквеллу?

Преимущество метода Роквелла по сравнению с методом Бринелля заключается в том, что значение твердости по методу Роквелла фиксируется непосредственно стрелкой индикатора, при этом отпадает необходимость в оптическом измерении размеров отпечатка.

Вывод: 1. Черные сплавы обычно более твердые, чем цветные в связи с тем, что цветные сплавы – сплавы двух и более цветных металлов, черный сплав – сплав железа с углеродом. Связь железо-углерод – ковалентная связь, а в цветных металлах связи преимущественно металлические. И намного более прочной является ковалентная связь нежели металлическая, поэтому черные сплавы более твердые, чем цветные.

2. Чистые металлы более мягкие, чем легированные, т.к. в легированных металлах присутствуют специально вводимые элементы, за счет которых появляются линейные и точечные дефекты. Вокруг этих дефектов искажение кристаллического поля – механические напряжения, которые тормозят движение дислокаций. Так происходит упрочнение легированного металла. В то время, как в чистых металлах эти дефекты отсутствуют.

3. Одна сталь тверже (мягче) другой, т.к. сталь – сплав железа с углеродом, а этот сплав представляет собой твердый раствор внедрения углерода в железо, и с увеличением содержания углерода в железе "лишний" углерод выпадает в осадок в виде карбида железа. А значит меньше мягких зерен феррита, но больше твердых зерен - цементита, поэтому сталь становится более твердой и прочной пропорционально увеличению процентного содержания углерода.

4. Теоретическая прочность намного выше реальной, потому что в идеальной кристаллической решетке чтобы сместить одну часть относительно другой нужно разорвать очень много связей. А в реальной кристаллической структуре при приложении нагрузки на первый слой, атомы этого слоя выталкивают дислокацию, которая, в свою очередь, выталкивает атомы второго слоя в межатомное пространство, на месте атомов второго слоя образуются отрицательно-заряженные вакансии, которые моментально занимает дислокация, соответственно, по сравнению с идеальной структурой надо разорвать «очень мало» связей, поэтому идеальная структура намного прочнее реальной.