

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
Высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Индустринльно-педагогический колледж
Отделение технологии производства и промышленного оборудования

К.Г. ХАЛЕЛОВ

ИСПЫТАНИЕ НА ТВЕРДОСТЬ ПО РОКВЕЛЛУ

МЕТОДИЧЕСКОЕ УКАЗАНИЕ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
государственного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2008

УДК 620.178.12 (07)

ББК 34.2я 7

X 17

Рецензент

канд. техн. наук, доцент Ш.Г. Насыров

Халелов, К.Г.

X 17

Испытание на твердость по Роквеллу: методическое указание к лабораторной работе / К.Г. Халелов. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2008.– 13 с.

Основное содержание – изучение устройства прибора типа Роквелла, ознакомление с методикой определения твердости металла по глубине вдавливания с методикой определения твердости металла по глубине вдавливания алмазного колеса или шарика.

Методическое указание предназначено для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Материаловедение» для студентов специальностей 050501, 151001, 160203, 150411, 220301, 230103.

ББК 34.2я 7

© Халелов К.Г., 2008

© ГОУ ОГУ, 2008

Содержание

Введение.....	4
1 Описание лабораторной работы.....	5
1.1 Задание, цель работы. Приборы, материалы и инструмент.....	5
1.1.1 Задание.....	5
1.1.2 Цель работы.....	5
1.1.3 Приборы, материалы и инструмент.....	5
1.2 Схема испытания и величина твердости по Роквеллу.....	5
1.3 Прибор для испытания на твердость по Роквеллу.....	7
1.3.1 Прибор типа Роквелла ТК-2.....	7
1.3.2 Выбор нагрузки и наконечника.....	9
1.3.3 Подготовка образца для испытания.....	10
1.3.4 Контроль прибора.....	10
2 Порядок выполнения лабораторной работы.....	10
3 Правила техники безопасности при работе на оборудовании Роквеллу.....	11
4 Контрольные вопросы.....	11
5 Отчет по лабораторной работе.....	12
5.1 Протокол испытания на твердость по Роквеллу.....	12
Список использованных источников.....	13

Введение

Большинство методов определения твердости основано на принципе вдавливания. Вдавливается стальной шарик или алмазный наконечник (конус или четырехгранная пирамида).

Твердость — это способность материала оказывать сопротивление проникновению в него другого, более твердого тела. Твердость является одним из важнейших механических свойств металлов.

По величине твердости металлов можно судить об их прочностных свойствах, не производя статических испытаний на растяжение. Твердость металлов тесно связана с их обрабатываемостью: чем тверже металл, тем большее усилие требуется для его обработки. От твердости зависит и износостойкость металлов, т. е. их способность сопротивляться истиранию, разрушению поверхности или изменению размеров под действием трения. Чем тверже поверхность изделия, тем меньше она будет изнашиваться в процессе работы. Вот почему по величине твердости металлов судят о возможности применения их для изготовления различных деталей машин. Твердость является также основной характеристикой при оценке качества режущих и измерительных инструментов.

Испытания металлических материалов на твердость получили широкое распространение на заводах и в научно-исследовательских лабораториях вследствие быстроты выполнения и простоты оборудования, необходимого для этого. Большое значение имеет и то, что испытаний на твердость не сопровождаются разрушением деталей. Существует много методов определения твердости металлов. Выбор того или иного метода зависит от твердости испытуемого металла, его толщины, размеров испытуемой поверхности и формы изделия.

На практике наибольшее распространение получили следующие методы определения твердости металлов:

- а) вдавливанием стального шарика (метод Бринелля);
- б) по глубине вдавливания алмазного конуса или стального шарика малого диаметра (метод Роквелла);
- в) вдавливанием алмазной пирамиды (метод Виккерса).

1 Описание лабораторной работы

1.1 Задание, цель работы. Приборы, материалы и инструмент

1.1.1 Задание

Провести испытание на твердость по Роквеллу образцов стали в отожжённом и закаленном состоянии, сплавов цветных металлов и твердых сплавов.

Определить твердость.

Изучить:

- а) схему испытания (с зарисовкой) и величину твердости по Роквеллу;
- б) устройство прибора типа Роквелла;
- в) выбор нагрузки и наконечника;
- г) подготовку образца для испытания;
- д) контроль прибора;
- е) подготовку прибора и проведение испытания.

Результаты испытания оформить в виде протокола

Составить отчёт по проделанной работе в соответствии с пунктами 3а, 3в, 3е и 4 задания.

1.1.2 Цель работы

Ознакомится с методикой определения твердости металлов по глубине вдавливания алмазного конуса или стального шарика. Приобрести навыки измерения твердости металлов на приборе.

1.1.3 Приборы, материалы и инструмент

Для проведения работы необходимо иметь:

- прибор типа Роквелла;
- образцы стали в отожженном и закалённом состоянии;
- сплавов цветных металлов и твердых сплавов;
- шлифовальная шкурка;
- наждачное точило;
- напильник.

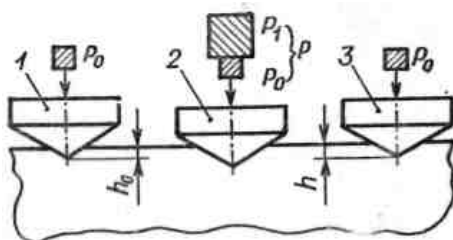
1.2 Схема испытания и величина твердости по Роквеллу

Этот метод измерения наиболее универсален и наименее трудоемок. Испытание на твердость по Роквеллу проводят на приборе ТК-2. В испытуемый образец (деталь) вдавливаются алмазный конус (конус может быть не только алмазным, но и из твердого сплава) с углом 120° или стального закаленного шарика диаметром 1,588 мм. Шарик и конус вдавливают в испытуемый образец под действием двух последовательно прилагаемых нагрузок – предварительной

P_o и основной P_1 . Общая нагрузка P будет равна сумме предварительной P_o и основной P_1 нагрузок:

$$P = P_o + P_1$$

Предварительная нагрузка P_o во всех случаях равна 100 Н ($1\text{Н} \approx 0,1 \text{ кгс}$), основная P_1 и общая P нагрузки при вдавливании стального шарика (шкала B) составляют $P_1 = 900 \text{ Н}$, $P = 100 + 900 = 1000 \text{ Н}$, а при вдавливании алмазного конуса (шкала C) $P_1 = 1400 \text{ Н}$, $P = 100 + 1400 = 1500 \text{ Н}$; при вдавливании алмазного конуса (шкала A) $P_1 = 500 \text{ Н}$, $P = 100 + 500 = 600 \text{ Н}$.



1 – внедрение конуса на глубину h_0 под действием предварительной нагрузки; 2 – углубление конуса под действием общей нагрузки; 3 – внедрение конуса на глубину h после снятия основной нагрузки с оставлением предварительной нагрузки.

Рисунок 1 – Схема определения твердости вдавливанием алмазного конуса (на приборе Роквелла)

Число твердости по Роквеллу – число отвлечённое и выражается в условных единицах.

За единицу твердости принята величина, соответствующая осевому перемещению наконечника на 0,002 мм. Число твердости по Роквеллу HR определяется по формулам: при измерении по шкала B $HR = 130 - e$, при измерении по шкалам C и A $HR = 100 - e$.

Величина e определяется по следующей формуле:

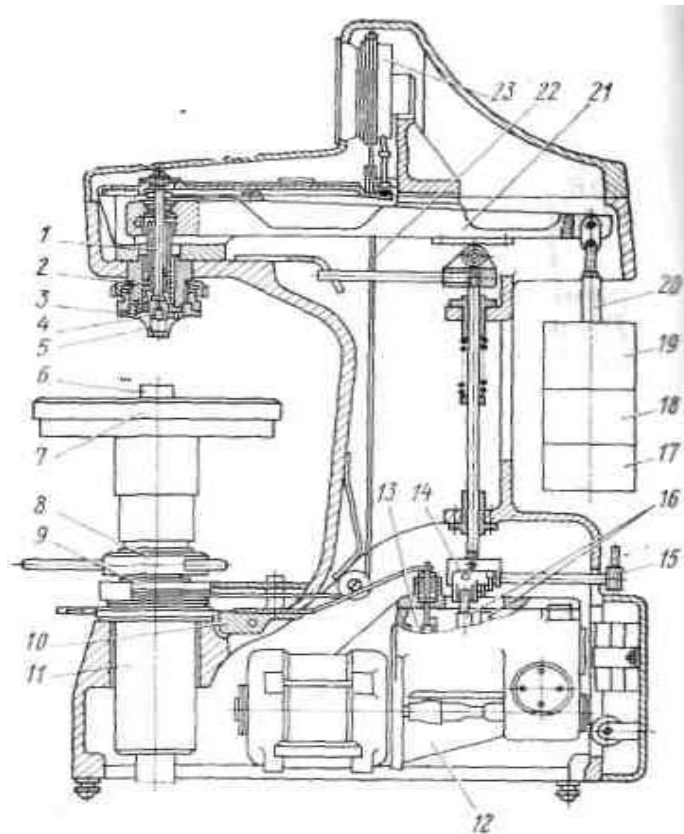
$$e = \frac{h - h_0}{0,002}$$

где h – глубина внедрения наконечника в испытуемый материал под действием общей нагрузки P , измеренная после снятия основной нагрузки P_1 с оставлением предварительной нагрузки P_o ; h_0 – глубина внедрения наконечника в испытуемый материал под действием предварительной нагрузки P_o (см. рисунок 1.).

В зависимости от того, применяют ли шарик или алмазный конус, и от нагрузки, при которой проводят испытание (т.е. по какой шкале B , C или A), число твердости обозначают HRB , HRC , HRA .

Определение твердости на приборе типа Роквелла имеет широкое применение, так как этот прибор дает возможность испытывать мягкие,

твердые, а также тонкие материалы. Отпечатки от конуса или шарика очень малы, и поэтому можно испытывать готовые детали без их порчи; испытание легко выполнимо и занимает мало времени (несколько секунд); не требует никаких измерений, и число твердости читается прямо на шкале. Значения твердости по Роквелла могут быть переведены в значения твердости по Бринеллю.



1 – Шпиндель; 2 – пружина; 3 – ограничительный чехол; 4, 11 – винт; 5 – оправка; 6 – испытуемый образец; 7 – стол; 8 – маховик; 9 – барабан; 10 – клавиша, приводящая в действие кулачковый блок; 12 – привод; 13 – тумблер; 14 – шток; 15 – рукоятка; 16 – кулачковый блок; 17 – постоянный груз; 18, 19 - дополнительный груз; 20 – подвеска; 21 – грузовой рычаг; 22 – тросик; 23 – индикатор.

Рисунок 2 – Прибор ТК-2 (типа Роквелла)

1.3 Прибор для испытания на твердость по Роквеллу

1.3.1 Прибор типа Роквелла ТК-2

Общий вид и схема прибора ТК-2 показаны на рисунке 2.

Шпиндель 1 прибора служит для закрепления на его конце с помощью винта 4 оправки 5 с шариком или алмазным (или из твердого сплава) конусом. Постоянный груз 17 создает нагрузку 500 Н, если на постоянный груз 17

создает нагрузку 500 Н, если на постоянный груз 17 установлен груз 18 (400 Н), то создается нагрузка 900 Н, а если установлен груз 18 и груз 19 (500 Н), то нагрузка 1400 Н.

Стол 7 служит для установки на нем испытываемого образца 6. При вращении по часовой стрелке маховика 8 приводится во вращение винт 11, который, перемещаясь вверх, поднимает стол 7, и образец 6 подводится к оправке 5 с шариком или алмазным конусом. При дальнейшем вращении маховика 8 сжимается пружина 2, шарик или алмазный конус начинает внедряться в испытываемый образец 6, а стрелки поворачиваются по шкале индикатора 23. При вращении маховика 8 до тех пор, пока образец не упрется в ограничительный чехол 3, малая стрелка 1 (см. рисунок 3 а) индикатора дойдет до красной точки 2, а большая стрелка 3 установится (с погрешностью ± 5 делений) приблизительно в вертикальном положении (см. рисунок 3 б), создается предварительная нагрузка 100 Н. Точную установку шкалы индикатора на нуль (см. рисунок 3 в) производят при помощи барабана 9 (см. рисунок 2) тросиком 22, закрепленным на ранте индикатора.

Циферблат индикатора имеет две шкалы — черную (С) и красную (В). Независимо от того, что вдавливается в испытываемый образец — алмазный конус или шарик, с большой стрелкой индикатора всегда совмещается нуль черной шкалы со значком «С». Большую стрелку с нулевым штрихом красной шкалы со значком «В» не совмещают ни в каком случае.

Приведение в действие основной нагрузки осуществляется с помощью привода 12 от электродвигателя, работающего непрерывно и отключаемого с помощью тумблера 13 только при длительных перерывах в работе прибора.

Нажатием клавиши 10 приводят в действие кулачковый блок 16 механизма привода 12, передача от которого к грузовому рычагу 21 осуществляется с помощью штока 14. При этом подвеска 20 с грузами 17—19 опускается, и этим обеспечивается действие основной нагрузки и создается общая нагрузка (предварительная + основная).

Под действием основной нагрузки шарик или алмазный конус все глубже проникает в испытуемый образец, при этом большая стрелка индикатора поворачивается против часовой стрелки (см. рисунок 3 г). После окончания вдавливания основная нагрузка, действовавшая на образец, автоматически снимается и остается предварительная нагрузка. При этом большая стрелка индикатора перемещается по часовой стрелке и указывает на шкале индикатора число твердости по Роквеллу (см. рисунок 3 д). При испытании алмазным конусом под нагрузкой 1500 или 600 Н отсчет производят по черной шкале, а при испытании шариком под нагрузкой 1000 Н — по красной шкале.

Но в окончании цикла испытания кулачковый блок автоматически отключается и фиксируется в исходном положении. Нормальная продолжительность цикла испытания 4 с [при положении рукоятки 15 (см. рисунок 3 б) указателя против буквы Н]. Ускоренный цикл испытания 2 с (при положении рукоятки указателя против буквы У).

При вращении маховика 8 против часовой стрелки стол 7 опускается, и образец 6 освобождается от действия предварительной нагрузки.

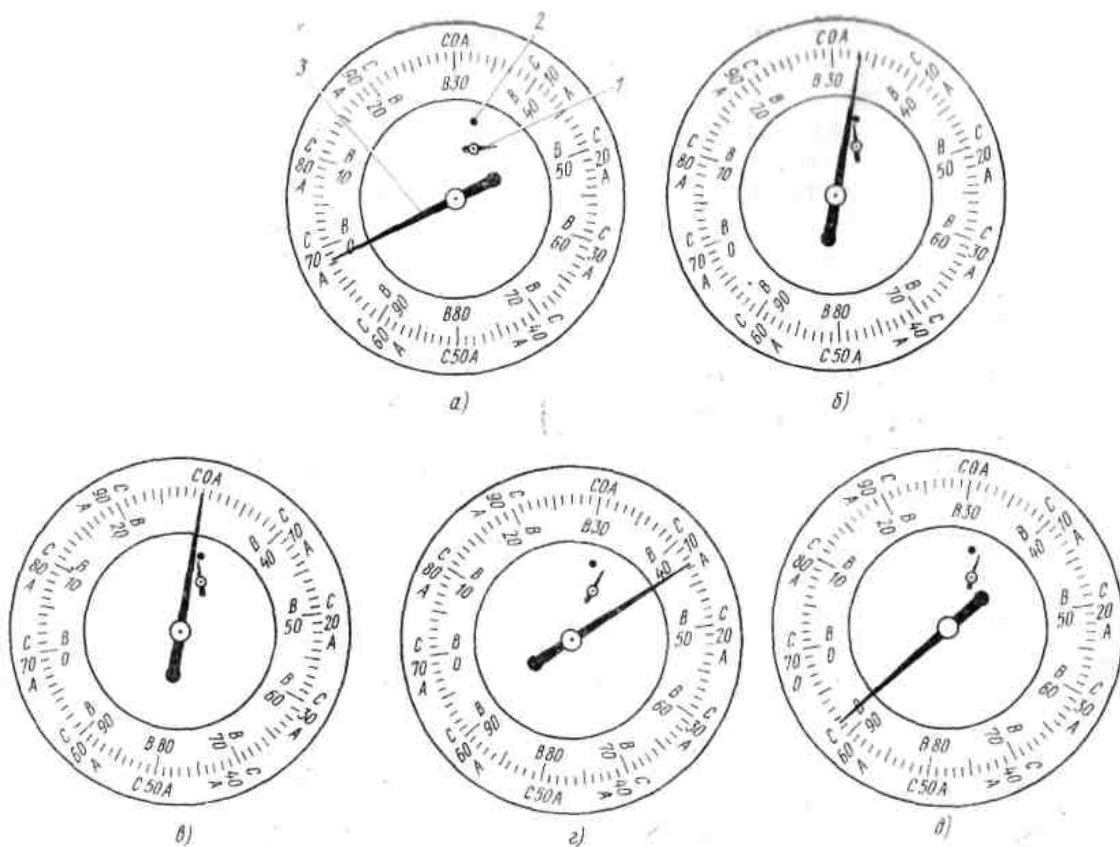


Рисунок 3 - Последовательное перемещение стрелок на циферблате прибора ТК-2 (типа Роквелла) при вдавливании алмазного конуса

1.3.2 Выбор нагрузки и наконечника

Нагрузку и наконечник выбирают в зависимости от твердости испытываемого металла (см. таблицу 1)

Таблица 1 - Выбор нагрузки и наконечника для испытания

Обозначение шкалы	Вид наконечника	Нагрузка, Н	Обозначение твердости по Роквеллу	Пределы измерения в единицах твердости по Роквеллу
1	2	3	4	5
В	Стальной шарик...	1000	<i>HRB</i>	25-100
С	Алмазный конус...	1500	<i>HRC</i>	20-67
А	То же.....	600	<i>HRA</i>	70-85

Примечание. Для испытания неотчетливых деталей твердостью *HRC* 20-50 допускается применение наконечника из твердого сплава.

Материал образца записать в графу 2, а обозначение шкалы – в графу 3 протокола испытания.

1.3.3 Подготовка образца для испытания

Поверхности образца, как испытываемая, так и опорная, должны быть плоскими, параллельными друг другу и не должны иметь таких дефектов, как окалина, забоины, грязь, различные покрытия. Все дефекты поверхности образца должны быть удалены мелкозернистым наждачным кругом, напильником или наждачной бумагой. При обработке поверхности образец не должен нагреваться выше 100—150 °С.

1.3.4 Контроль прибора

Перед испытанием на твердость по Роквеллу необходимо произвести контроль прибора с целью определения точности его показаний.

Контроль прибора производят при помощи контрольных брусков, твердость которых заранее известна. При проверке показания прибора должны находиться в пределах чисел твердости, обозначенных на контрольных брусках. Если твердость по прибору не соответствует твердости контрольных брусков, то к показаниям прибора при испытании образцов вводится соответствующая поправка. Порядок проведения контроля аналогичен порядку проведения испытания.

2 Порядок выполнения лабораторной работы

Порядок выполнения:

1 Получите у преподавателя образцы металлов, подлежащие испытанию на твердость (ориентировочная величина твердости образцов должна быть известна) и при необходимости прошлифуйте на шлифовальной бумаге.

2 В конец шпинделя прибора закрепить оправку с алмазным (или из твердого сплава) конусом или шарик и установить необходимую нагрузку. Убедитесь, что индентор и величина нагрузки, установленные на приборе, соответствуют характеристикам образца, подлежащего испытанию на твердость

3 Установите испытываемый образец на стол прибора.

4 Вращением маховика по часовой стрелке стол осторожно поднимите до тех пор, пока образец не упрется в ограничительный чехол; при этом малая стрелка индикатора должна стать против красной точки, а большая, с погрешностью ± 5 делений, на нуль шкалы индикатора; если большая стрелка будет отклонена больше чем на ± 5 делений относительно нулевого штриха шкалы, необходимо вращением маховика против часовой стрелки опустить стол (снять предварительную нагрузку) и испытание провести вновь в другом месте образца.

5 Вращением барабана установить нуль шкалы *C* (черного цвета) против конца большой стрелки индикатора.

6 Плавным нажатием руки на клавишу включить в работу привод механизма нагружения.

7 После окончания цикла нагружения произвести отсчет по шкале индикатора. Полученный результат твердости записать в графу 4 протокола испытания.

8 Вращением маховика 5 против часовой стрелки опустить стол (снять предварительную нагрузку), образец передвинуть и повторить испытание в другом месте образца. На каждом образце должно быть проведено не менее трех испытаний. Расстояние центра отпечатка от края образца или от центра другого отпечатка должно быть не менее 3 мм. Результаты последующих испытаний твердости записать в графы 5 и 6 протокола испытания, а среднее - в графу 7. После смены наконечника первые два испытания в расчет не принимаются.

9 Числа твердости по Роквеллу перенести в числа твердости по Бринеллю (по специальной таблице) и написать в графу 8 протокола испытания.

3 Правила техники безопасности при работе на оборудовании Роквелла

3.1 Проверить исправность оборудования.

3.2 Ознакомится с технической документации предстоящей работы.

3.3 Проверить наличие и исправность инструмента предназначенного для работы.

3.4 Подготовить рабочее место:

- на рабочем месте не должно быть ничего лишнего;

- рабочее место должно содержаться в чистоте.

3.5 По окончанию работы выключить оборудование.

4 Контрольные вопросы

1 Что понимается под твердостью?

2 Чем характеризуется твердость металлов по методу Роквелла?

3 Как определяется твердость мягких материалов по методу Роквелла?

4 Как определяется твердость закаленных сталей по Роквеллу?

5 Что означает твердость *HRC 70*?

6 В каких случаях применяется метод Роквелла?

7 Какие преимущества имеет метод Роквелла по сравнению с методом Бринелля?

5 Отчет по лабораторной работе

В отчете должны быть изложены:

- 1) Цель работы
- 2) Характеристика испытания на твердость, как способа исследования металлов; краткое описание метода определения твердости по Роквеллу;
- 3) Схема испытания на твердость методом Роквелла;
- 4) Заполнение таблицы с результатами измерений твердости методом Роквелла; расчет предела прочности материалов.

5.1 Протокол испытания на твердость по Роквеллу

№ образца	Материал образца	Шкала	Твердость <i>HR</i>				Твердость по Бринеллю (перевод)
			Первое измерение	Второе измерение	Третье измерение	Среднее	
1	2	3	4	5	6	7	8

Группа
Выполнил
Принял

Список использованных источников

- 1 Материаловедение: учеб. для вузов / Б.Н. Арзамасов [и др.]; под общ. ред. Б.Н. Арзамасова, Г.Г. Мухина. - 3 изд., переработ, и доп. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. - 648 с.
- 2 Материаловедение и технология металлов / Г.П. Фетисов, [и др.]. - М.: Высш. шк., 2001. - 640 с.
- 3 Масленков, С. Б. Стали и сплавы для высоких температур: справочник: в 2-х кн. / С.Б. Масленков, Е.А. Масленкова. – 1991, Кн 2. - М: Металлургия. - 832 с.
- 4 Костин, П.П. Физико-механические испытания металлов, сплавов и неметаллических материалов / П.П. Костин. -М.: Машиностроение, 1990. -256 с.
- 5 Лахтин, Ю.М. Материаловедение: учебник для вузов / Ю.Н. Лахтин, В.П. Леонтьев. - М.: Машиностроение, 1990. - 526 с.
- 6 Конструкционные материалы: справочник / под общ. ред. Б.Н. Арзамасова. - М: Машиностроение, 1990. -688 с.
- 7 Геллер, Ю.А. Материаловедение: учебное пособие для вузов / под ред. Ю.А. Геллер, А.Г. Рахштадта. - М.: Металлургия, 1989. - 454 с.
- 8 Гуляев, А.П. Металловедение: учебник для вузов / А.П. Гуляев. - М.: Металлургия, 1985.-542 с.