

Статические методы определения твердости

Подготовили студенты группы МТЗ-81:

Захаров С.Ю.

Караев Т.

Содержание

1. Методы определения точности.....	1
2. Измерение твердости по Бринеллю.....	2
3. Измерение твердости по Роквеллу.....	5
3.1. Измерение твердости по Супер-Роквеллу.....	7
1. Измерение твердости по Виккерсу.....	9
2. Измерение микротвердости.....	11
3. Список источников.....	13

1. Методы определения твердости

Статические

по Бринеллю (HB, рис.1 а);

по Роквеллу (HRC, HRA, HRB, рис.1 б);

по Виккерсу (HV, рис.1 в);

Динамические

(ударные)

по Шору (HSD);

по Лейбу (HL);

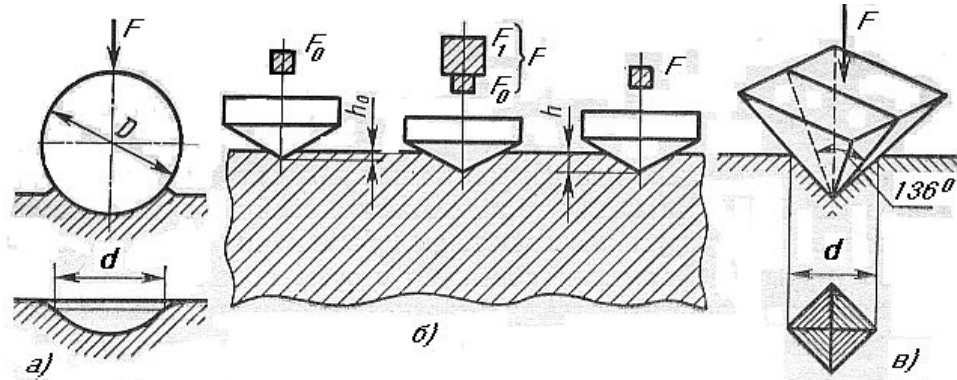


Рис. 1.

2. Измерение твердости по Бринеллю

$$HB(HBW) = \frac{F}{A} = \frac{2F}{\pi D \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)}$$

Где A - площадь поверхности сферического отпечатка, $мм^2$ [4] при F в Н

Запись при стандартных условиях:

$D = 10 \text{ мм}$ $F = 3000 \text{ кгс}$ 250 HB

При, например, $D=5 \text{ мм}$ $F = 125 \text{ кгс}$ и длительностью нагрузки 30 с

HB 5/125/30-100 или 100 HB 5/125/30

В случае когда используется твердый сплав (W)-
500 HBW

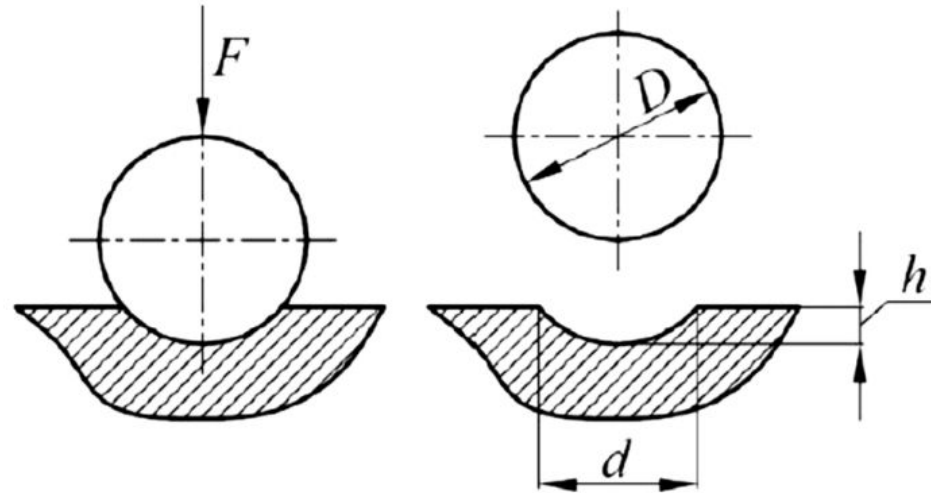


Рис. 2. Схема измерения твердости по Бринеллю.

F - прилагаемая нагрузка, D - диаметр шарика,
 d - диаметр отпечатка, h - глубина отпечатка.

Условия измерения

- образцы с твердостью выше НВ 450/650 кгс/мм² соответственно для стального и твердосплавного шариков испытывать запрещается;
- диаметры отпечатков должны находиться в пределах $0,2D < d < 0,6D$;
- образцы должны иметь толщину не менее 8-кратной глубины отпечатка (или не менее диаметра шарика);

$$K = \frac{F}{D^2}$$

Преимущества

- данный метод является более точным по сравнению с методом Роквелла на при низких значениях твердости (ниже 30 HRC);
- приблизительное определение предела текучести по империческим формулам

Таблица 1.

Выбор коэффициента К для определения диаметра шарика и нагрузки

Материал	Твердость по Бринеллю	К
Сталь, чугун, высокопрочные сплавы (на основе никеля, кобальта и др.)	До 140	10
	140 и более	30
Титан и сплавы на его основе	От 50	15
Медь и сплавы на ее основе, легкие металлы и их сплавы	Менее 35	5
	от 35	10
Подшипниковые сплавы	От 8 до 50	2,5
Свинец, олово и другие мягкие металлы	До 20	1

Таблица 2.

Диаметр шарика и рекомендуемая нагрузка

Диаметр шарика, мм	Нагрузка, Н (кгс), для К					
	30	15	10	5	2,5	1
1,0	294,2 (30)	–	98,07 (10)	49,03 (5)	24,52 (2,5)	98,807 (1)
2,0	1177 (120)	–	392,3 (40)	196,1 (20)	98,07 (10)	39,23 (4)
2,5	1839 (187,5)	–	612,9 (62,5)	306,0 (31,2)	153,0 (15,6)	60,80 (6,2)
5,0	7355 (750)	–	2452 (250)	1226 (125)	612,9 (62,5)	245,2 (25)
10,0	29420 (3000)	14710 (1500)	9807 (1000)	4903 (500)	2452 (250)	980,7 (100)

Время выдержки образца под нагрузкой Таблица 3.

Твердость по Бринеллю НВ, НВW	Продолжительность выдержки, с
До 10	180
Св. 10 до 35	120
Св. 35 до 100	30
Св. 100	10–15

Недостатки

- сложность измерения диаметра отпечатка на материалах повышенной вязкости, форма отпечатка (рис. 2);
- значительная погрешность измерения твердости на материалах, склонных к упрочнению при приложении нагрузок;
- относительно большие размеры образцов или мест для измерения на детали;

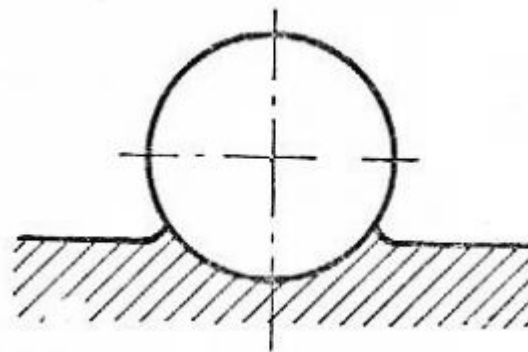


Рис. 2. Форма отпечатка при измерении на материалах повышенной вязкости.

3. Измерение твердости по Роквеллу

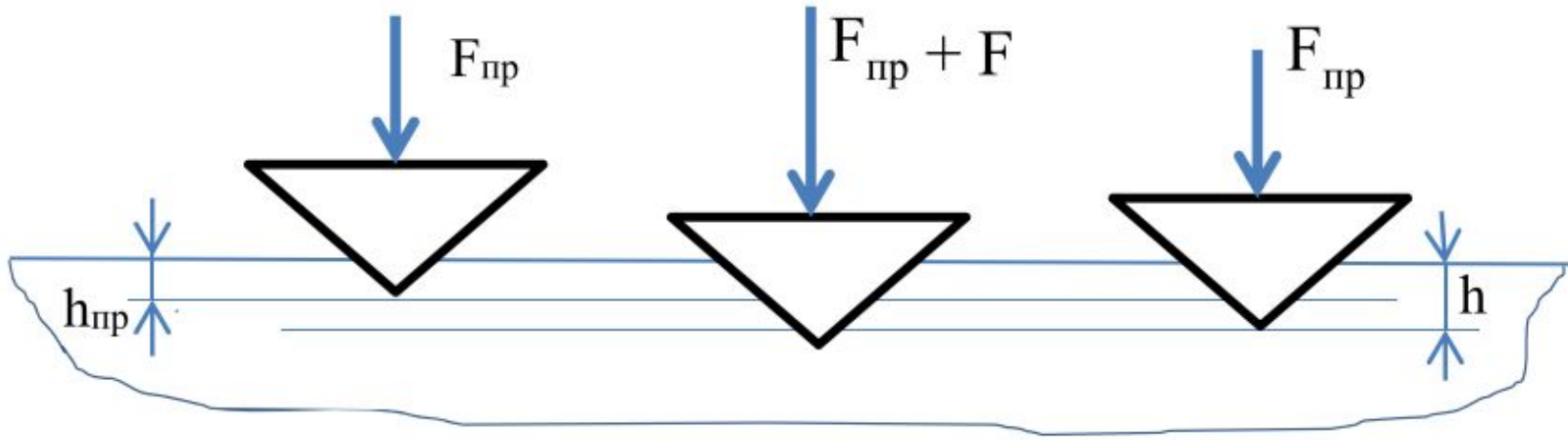


Рис. 3. Схема измерения твердости по Роквеллу.

$F_{пр}$ – предварительная нагрузка на индентор; F – основная нагрузка;
 $h_{пр}$ – глубина отпечатка индентора под действием предварительной нагрузки;
 h – глубина отпечатка индентора после снятия основной нагрузки.

Шкала твердо- сти	Обозначе- ние едини- цы измере- ния	Предваритель- ное усилие $F_{пр}$, Н (кгс)	Основное усилие F , Н (кгс)	Общее усилие, $F_{пр} + F$, Н (кгс)	Диапа- зон из- мерений
A	HRA	98,07 (10)	490,3 (50)	588,4 (60)	20...88
B	HRB	98,07 (10)	882,6 (90)	980,7 (100)	20...100
C	HRC	98,07 (10)	1373 (140)	1471 (150)	20...70
D	HRD	98,07 (10)	882,6 (90)	980,7 (100)	40...77
E	HRE	98,07 (10)	882,6 (90)	980,7 (100)	70...100
F	HRF	98,07 (10)	490,3 (50)	588,4 (60)	60...100
G	HRG	98,07 (10)	1373 (140)	1471 (150)	30...94
H	HRH	98,07 (10)	490,3 (50)	588,4 (60)	80...100
K	HRK	98,07 (10)	1373 (140)	1471 (150)	40...100

Таблица 4. Предварительные и основные нагрузки для различных шкал

3.1 Измерение твердости по Супер-Роквеллу

Шкалы		Диапазоны измерений
Супер-Роквелла	N 15	70...94 HRN 15
	N 30	40...86 HRN 30
	N 45	20...78 HRN 45
	T 15	62...93 HRT 15
	T 30	15...82 HRT 30
	T 45	10...72 HRT 45

Таблица 5. Обозначение шкал и диапазоны измерения

Шкалы		Прилагаемая нагрузка, Н (кгс)	
		предварительная	окончательная
Супер-Роквелла	N 15	29,42 (3)	147,1 (15)
	N 30		294,2 (30)
	N 45		441,3 (45)
	T 15		147,1 (15)
	T 30		294,2 (30)
	T 45		441,3 (45)

Таблица 6. Нагрузки, прилагаемые к индентору.

Шкала	Толщина образца не менее, мм
N 15	0,15
N 30	0,30
N 45	0,30
T 15	0,25
T 30	0,36
T 45	0,41

Таблица 7. Минимальные толщины образцов.

4. Измерение твердости по Виккерсу

$$HV = 0,189 \frac{F}{d_1^2}$$

Где F - прилагаемая нагрузка, H ; d - диагональ отпечатка, $мм$

Условия измерения

- измерения могут быть выполнены при нагрузках от 0,1 до 100 кгс;
- обеспечение перпендикулярности приложения действующего усилия к испытываемой поверхности
- поверхность испытываемого образца должна иметь шероховатость не более $Ra = 0,16 \text{ мкм}$
- расстояние между центром отпечатка и краем образца или соседнего отпечатка должно быть не менее 2,5 длины диагонали отпечатка;
- минимальная толщина образца или покрытия должна быть для стальных изделий больше диагонали отпечатка в 1,2 раза; для изделий из цветных металлов - в 1,5 раза;

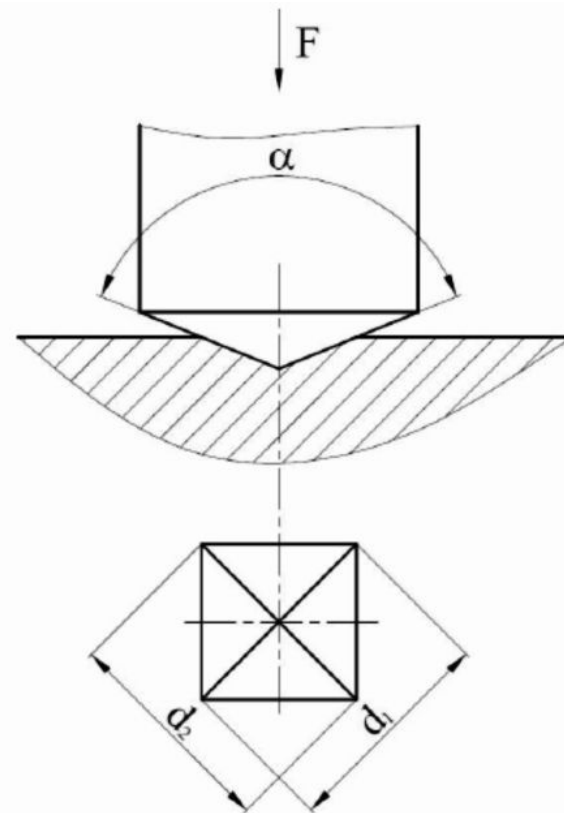


Рис. 4. Схема измерения твердости по Виккерсу.

d_1, d_2 - диагонали отпечатка индентора, $мм$

$$\alpha = 136^\circ$$

Преимущества

- можно испытывать все материалы одним индентором;
- возможно измерение твердости на покрытиях (материалах) небольшой

Продолжительность выдержки индентора под нагрузкой принимают для сталей 10 ... 15 с, а для цветных металлов - 30 с.

Пример обозначения для числа твердости по Виккерсу 200 полученного при $P = 30$ кгс (294,2 Н), приложенной к алмазной пирамиде в течение 15 с. : 200 HV 30/15

Рекомендуется использовать испытательные нагрузки по таблице 8.

Таблица 8

Рекомендуемые нагрузки для измерений

Обозначение шкалы твердости	Номинальное значение нагрузки, Н	Обозначение шкалы твердости	Номинальное значение нагрузки, Н	Обозначение шкалы твердости	Номинальное значение нагрузки, Н
HV 5	49,03	HV 0,2	1,961	HV 0,01	0,09807
HV 10	98,07	HV 0,3	2,942	HV 0,015	0,1471
HV 20	196,1	HV 0,5	4,903	HV 0,02	0,1961
HV 30	294,2	HV 1	9,807	HV 0,025	0,2452
HV 50	490,3	HV 2	19,61	HV 0,05	0,4903
HV 100	980,7	HV 3	29,42	HV 0,1	0,9807

5. Измерение микротвердости

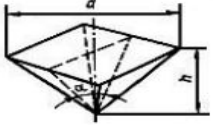
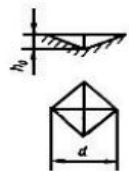
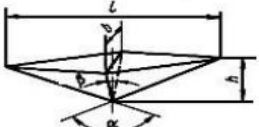
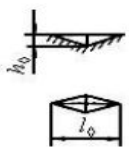
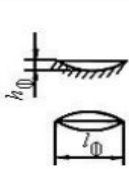
Наименование алмазных наконечников	Параметры заострения алмазных наконечников	Форма отпечатков
1. Четырехгранная пирамида с квадратным основанием	 <p style="text-align: center;">$\alpha = 136^\circ$</p>	
2. Трехгранная пирамида с основанием в виде равностороннего треугольника	 <p style="text-align: center;">$\alpha = 65^\circ; \beta = 77^\circ;$ $\alpha + \beta = 142^\circ$</p>	
3. Четырехгранная пирамида с ромбическим основанием	 <p style="text-align: center;">$\alpha = 172^\circ 30'; \beta = 130^\circ$</p>	
4. Бицилиндрический наконечник	 <p style="text-align: center;">$\alpha = 136^\circ; R = 2 \text{ мм}$ R – радиус цилиндра</p>	

Таблица 9. Примеры наконечников и виды отпечатков

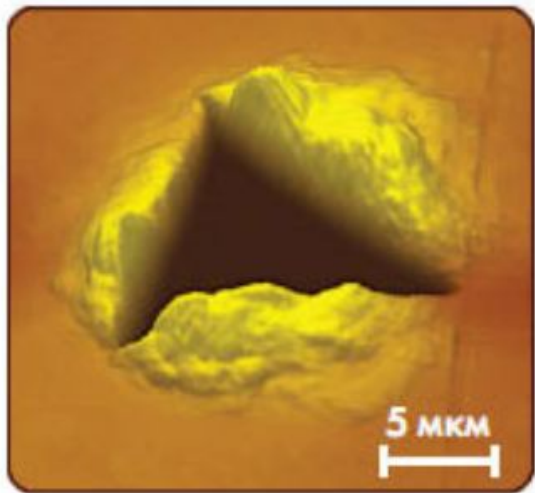


Рис. 5. Отпечаток на поверхности титана (99%)

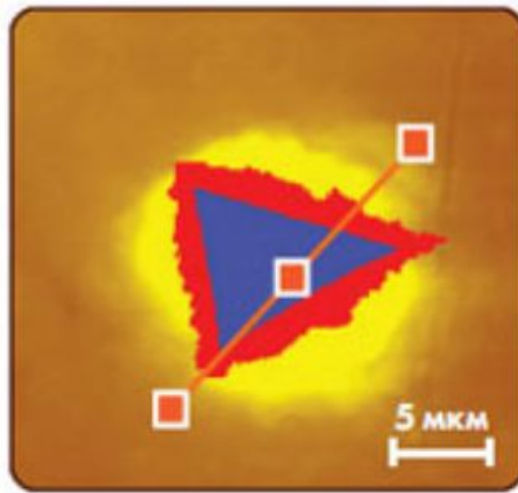


Рис. 6. Пример автоматического расчета площади

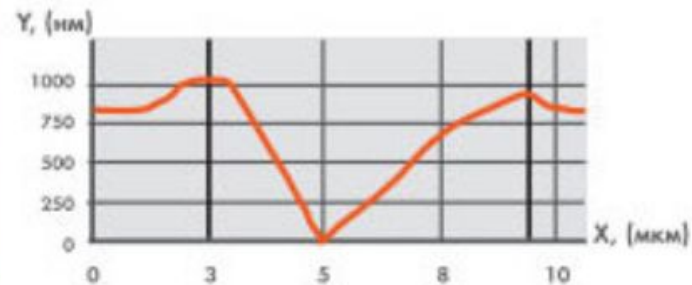


Рис. 7. Профиль отпечатка

Источники:

1. *Балла, О.М. Экспериментальные методы исследования в технологии машиностроения. - 2019. - с. 71-86.*
2. <http://nanoscan.info/metodiki/vosstanovlennyj-otpechatok> - ФГБНУ ТИСНУМ. - *НаноСкан. Метод восстановленного отпечатка.*
3. *ГОСТ 9450-76. - «Измерение микротвердости вдавливанием алмазных наконечников». - Раздел 1-3.*
4. *ГОСТ 9012-59. - «Метод измерения твердости по Бринеллю» - Раздел 5, приложение 1*

Спасибо за
внимание!