

Методы измерения твёрдости

Выполнила: Садыкова Л.
Группа: СМ-215

Метод Бринелля

Метод Бринелля относится к методам вдавливания. Твёрдость определяется по диаметру отпечатка, оставляемому металлическим шариком, вдавливаемым в поверхность. Твёрдость вычисляется как отношение усилия, приложенного к шариком, к площади отпечатка. Размерность единиц твердости по Бринеллю МПа (кг-с/мм²). Твёрдость, определённая по этому методу, обозначается НВ, где Н — hardness (твёрдость, *англ.*), В — Бринелль.

В качестве инденторов используются шарики из твёрдого сплава диаметром 1; 2; 2.5; 5 и 10 мм. Величину нагрузки и диаметр шарика выбирают в зависимости от исследуемого материала.

Исследуемые материалы делят на *5 основных групп*:

- 1 — сталь, никелевые и титановые сплавы;
- 2 — чугун;
- 3 — медь и сплавы меди;
- 4 — лёгкие металлы и их сплавы;
- 5 — свинец, олово.

Метод Роквелла

Твёрдость определяется по относительной глубине вдавливания металлического шарика или алмазного конуса в поверхность тестируемого материала. Вычисляется по формуле $HR = 100 (130) - kd$, где d — *глубина вдавливания наконечника после снятия основной нагрузки*, а k — *коэффициент*.

На приборе Роквелла по шкале С измеряют твердость упрочненных материалов, например, закаленной и отпущенной стали, твердость тонких поверхностных слоев (толщиной более 0,5 мм) с твердостью 20–70 HRC и обозначают HRC.

По шкале А измеряют твердость очень твердых материалов, например, твердых сплавов и твердых поверхностных слоев толщиной 0,3–0,5 мм с твердостью свыше 70 HRC и обозначают HRA.

По шкале В измеряют твердость относительно мягких материалов, например, отожженных сталей и цветных сплавов с твердостью 25–100 HRB и обозначают HRB.

НАИБОЛЕЕ ШИРОКО ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ШКАЛЫ ТВЁРДОСТИ ПО РОКВЕЛЛУ

Шкала	Индентор	Нагрузка, кгс
А	Алмазный конус с углом 120° при вершине	60 кгс
В	Шарик диам. 1/16 дюйма из карбида вольфрама (или закалённой стали)	100 кгс
С	Алмазный конус с углом 120° при вершине	150 кгс

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 кг-с/мм². Твёрдость, определённая по этому методу, обозначается HV.

Метод Виккерса позволяет определять твёрдость азотированных и цементированных поверхностей, а также тонких листовых материалов.

Основными параметрами при измерении твёрдости по Виккерсу являются нагрузка $P = 294 \text{ Н}$ (30 кгс) и время выдержки 10–15 с.

Методы Шора

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 низкомодульных материалов (полимеров). Метод Шора, описанный стандартом ASTM D2240, 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.

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

Характеристики дюрметров типов А и D (ISO 868)

Тип шкалы	Индентор	Усилие на инденторе				Прижимное усилие ^[3]
		H	Предельное отклонение	гс	Предельное отклонение	
A	Закаленный стальной стержень диаметром 1,25 мм, заканчивающийся усеченным конусом с углом при вершине 35° и диаметром вершины 0,79 мм	0,550 + 0,075H _A	±0,078	56 + 7,66H _A	±8	1 кг (12,5 Н)
D	Закаленный стальной стержень диаметром 1,25 мм, заканчивающийся конусом с углом при вершине 30°, радиус острия 0,10 мм	0,445H _D	±0,441	45,36H _D	±45	5 кг (50,0 Н)

Характеристики дюрметров других типов

Тип шкалы	Индентор	Максимальное усилие на инденторе		Прижимное усилие ^[3]
		H	гс	
B	Закаленный стальной стержень диаметром 1,25 мм, заканчивающийся конусом с углом при вершине 30°, радиус острия 0,10 мм	8,061	822	1 кг
C	Закаленный стальной стержень диаметром 1,25 мм, заканчивающийся усеченным конусом с углом при вершине 35° и диаметром вершины 0,79 мм	44,62	4550	5 кг
AO, L ^[4]	Закаленный стальной шарик диаметром 5 мм	8,064	822	12,5 Н
DO	Закаленный стальной шарик диаметром 2,38 мм	44,62	4550	5 кг
O	Закаленный стальной шарик диаметром 2,38 мм	8,064	822	1 кг
OO	Закаленный стальной шарик диаметром 2,38 мм	1,108	113	400 г
OOO	Закаленный стальной шарик диаметром 12,7 мм	1,108	113	400 г

Шкала Мооса

Шкала Мооса (минералогическая шкала твёрдости) — набор эталонных минералов для определения относительной твёрдости методом царапания. В качестве эталонов приняты 10 минералов, расположенных в порядке возрастающей твёрдости.

Значения шкалы от 1 до 10 соответствуют 10 достаточно распространённым минералам от талька до алмаза. Твёрдость минерала измеряется путём поиска самого твёрдого эталонного минерала, который он может поцарапать; и/или самого мягкого эталонного минерала, который царапает данный минерал.

Предназначена для грубой сравнительной оценки твёрдости материалов по системе мягче–твёрже. Испытываемый материал либо царапает эталон и его твёрдость по шкале Мооса выше, либо царапается эталоном и его твёрдость ниже эталона. Таким образом, шкала Мооса информирует только об относительной твёрдости минералов.

Эталонный минерал	Твердость	Обрабатываемость	Другие минералы с аналогичной твердостью
Тальк	1	Царапается ногтем	Графит
Гипс	2	Царапается ногтем	Хлорит, галит
Кальцит	3	Царапается ножом	Биотит, золото, серебро
Флюорит	4	Царапается ножом	Доломит, сфалерит
Апатит	5	Царапается ножом	Гематит, лазурит
Ортоклаз	6	Царапается напильником	Опал, рутил
Кварц	7	Поддаются обработке алмазом, царапают стекло	Гранат, турмалин
Топаз	8		Берилл, шпинель
Корунд	9		—
Алмаз	10		Режет стекло

Твердость по Виккерсу	Твердость по Бринеллю $D_{III}=10$ мм, $P=3000$ кг		Твердость по Роквеллу		
			Шкал		
	Диаметр отпечатка, мм	Число твердости	С	В	А
(150 кг)			(100 кг)	(60 кг)	
1224	2,20	780	72	-	84
1116	2,25	745	70	-	83
1022	2,30	712	68	-	82
941	2,35	682	66	-	81
868	2,40	653	64	-	80
804	2,45	627	62	-	79
746	2,50	601	60	-	78
694	2,55	578	58	-	78
650	2,60	555	56	-	77
606	2,65	534	54	-	76
587	2,70	514	52	-	75
551	2,75	495	50	-	74

Твердость по Виккерсу	Твердость по Бринеллю $D_{III}=10$ мм, $P=3000$ кг		Твердость по Роквеллу		
			Шкал		
	Диаметр отпечатка, мм	Число твердости	С (150 кг)	В (100 кг)	А (60 кг)
534	2,80	477	49	-	74
502	2,85	461	48	-	73
472	2,90	444	46	-	73
460	2,95	429	45	-	72
435	3,00	415	43	-	72
423	3,05	401	42	-	71
401	3,10	388	41	-	71
390	3,15	375	40	-	70
380	3,20	363	39	-	70
361	3,25	352	38	-	69
344	3,30	341	36	-	68
334	3,35	331	35	-	67
320	3,40	321	33	-	67
311	3,45	311	32	-	66

Твердость по Виккерсу	Твердость по Бринеллю $D_{III}=10$ мм, $P=3000$ кг		Твердость по Роквеллу		
			Шкал		
	Диаметр отпечатка, мм	Число твердости	С	В	А
(150 кг)			(100 кг)	(60 кг)	
303	3,50	302	31	-	66
292	3,55	293	30	-	65
285	3,60	285	29	-	65
278	3,65	277	28	-	64
270	3,70	269	27	-	64
261	3,75	262	26	-	63
255	3,80	255	25	-	63
249	3,85	248	24	-	62
240	3,90	241	23	102	62
235	3,95	235	21	101	61
228	4,00	229	20	100	61
222	4,05	223	19	99	60
217	4,10	217	17	98	60
213	4,15	212	15	97	59

Твердость по Виккерсу	Твердость по Бринеллю $D_{III}=10$ мм, $P=3000$ кг		Твердость по Роквеллу		
			Шкал		
	Диаметр отпечатка, мм	Число твердости	С	В	А
(150 кг)			(100 кг)	(60 кг)	
208	4,20	207	14	95	59
201	4,25	201	13	94	58
197	4,30	197	12	93	58
192	4,35	192	11	92	57
186	4,40	187	9	91	57
183	4,45	183	8	90	56
178	4,50	179	7	90	56
174	4,55	174	6	89	55
171	4,60	170	4	88	55
166	4,65	167	3	87	54
162	4,70	163	2	86	53
159	4,75	159	1	85	53
155	4,80	156	0	84	52
152	4,85	152	-	83	-

Твердость по Виккерсу	Твердость по Бринеллю $D_{III}=10$ мм, $P=3000$ кг		Твердость по Роквеллу		
			Шкал		
	Диаметр отпечатка, мм	Число твердости	С	В	А
(150 кг)			(100 кг)	(60 кг)	
149	4,90	149	-	82	-
148	4,95	146	-	81	-
143	5,00	143	-	80	-
140	5,05	140	-	79	-
138	5,10	137	-	78	-
134	5,15	134	-	77	-
131	5,20	131	-	76	-
129	5,25	128	-	75	-
127	5,30	126	-	74	-
123	5,35	123	-	73	-
121	5,40	121	-	72	-
118	5,45	118	-	71	-
116	5,50	116	-	70	-
115	5,55	114	-	68	-
113	5,60	111	-	66	-
110	5,65	110	-	66	-
109	5,70	109	-	65	-
108	5,75	107	-	64	-

d ₁₀ , мм	По Бринеллю HB	По Роквеллу			По Виккерсу HV
		HRA	HRC	HRB	
5,70	107	-	-	59,9	107
5,71	107	-	-	59,7	107
5,72	106	-	-	59,4	106
5,73	106	-	-	59,1	106
5,74	105	-	-	58,9	105
5,75	105	-	-	58,6	105
5,76	105	-	-	58,3	105
5,77	104	-	-	58,1	104
5,78	104	-	-	57,8	104
5,79	103	-	-	57,5	103
5,80	103	-	-	57,3	103
5,81	103	-	-	57,0	103