

№ 791

МИСиС

М.Ю. Беломытцев

Механические свойства металлов

Часть 1. Твердость. Прочность.
Пластичность

Лабораторный практикум

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

№ 791

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ СТАЛИ
И СПЛАВОВ

МИСиС



Кафедра металловедения и физики прочности

М.Ю. Беломытцев

Механические свойства металлов

Часть 1. Твердость. Прочность.
Пластичность

Лабораторный практикум

Допущено учебно-методическим объединением
по образованию в области металлургии в качестве
учебного пособия для студентов высших учебных
заведений, обучающихся по направлению Металлургия

УДК 620.17
Б43

Рецензент
д-р техн. наук, проф. *В.С. Золоторевский*

Беломытцев М.Ю.
Б43 **Механические свойства металлов. Ч. 1. Твердость. Прочность. Пластичность: Лаб. практикум.** – М.: МИСиС, 2007. – 140 с.

Лабораторный практикум, состоящий из трех частей, включает в себя одиннадцать лабораторных работ из курса «Механические свойства металлов». К каждой лабораторной работе дано краткое теоретическое описание метода, приведены достаточно полные нормативные требования и таблицы по данному виду испытаний, представлена методика и последовательность выполнения работы, нормы техники безопасности при ее проведении, изложены требования по оформлению результатов измерений.

Цель практикума – привить студентам навыки работы на испытательном оборудовании и обучить практическому определению механических свойств. Даются контрольные вопросы для проверки усвоения материала курса.

Практикум предназначен для студентов вузов, обучающихся по направлению «Металлургия», по специальностям 150101, 150104, 150105, 150106, 150702, 200503, 010502.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	4
Лабораторная работа 1. Шкалы твердости.....	5
Лабораторная работа 2. Измерение микротвердости	38
Лабораторная работа 3. Испытание на растяжение и анализ диаграмм деформации.....	58
Лабораторная работа 4. Испытания на ползучесть и длительную прочность	83
Лабораторная работа 5. Испытания на усталость.....	110

Предисловие

Лабораторный практикум включает в себя все работы по курсу «Механические свойства металлов». Характер и содержание работ соответствуют учебным программам по общим и специальным курсам. В издание также включена работа по измерению модуля упругости при изгибе, входящая в спецкурс «Конструкционные материалы» для специальности 150106 «Физика металлов».

Лабораторный практикум должен дать студентам сведения об основных механических характеристиках, характеризующих материалы, обучить выбору методов и схем испытаний и анализу механических свойств, дать навыки работы на испытательном оборудовании и обучить практическому определению механических свойств, а также анализу и обработке экспериментальных данных. Практикум научит проводить статистический анализ выборок результатов массовых испытаний, представлять их графически и в таблицах, в виде зарисовок изломов, а также составлять отчеты и заключения исходя из полученных результатов.

Лабораторный практикум является продолжением в ряду учебных пособий по измерению механических свойств металлов, авторами которых являлись преподаватели кафедры металловедения стали и высокопрочных сплавов (ныне кафедра металловедения и физики прочности) И.В. Паисов, М.А. Штремель, Б.Г. Беляков, Ю.Г. Андреев, Е.В. Астафьева, В.А. Займовский, А.В. Кудря.

Лабораторная работа 1

ШКАЛЫ ТВЕРДОСТИ

(4 часа)

1.1. Введение

Твердость – одна из наиболее распространенных механических характеристик металлов. Государственными стандартами регламентированы измерения твердости статическим вдавливанием индентора – методы Бринелля, Роквелла (Супер-Роквелла), Виккерса и микротвердости – микровариант метода Виккерса. Помимо определения твердости по отпечатку после пластического вдавливания сферического индентора (ГОСТ 18835–73) (в том числе ударного отпечатка – по ГОСТ 18661–73) и измерения твердости на пределе текучести вдавливанием шара (ГОСТ 22762–77) она может определяться по поглощению энергии при ударе (по упругому отскоку бойка с алмазным индентором сферической формы – твердость по Шору по ГОСТ 23273–78) и по ширине следа царапания. Для всех методов твердость – это сопротивление материала большой пластической деформации (а при царапании – и разрушению), измеряемое при воздействии малодеформирующегося наконечника (индентора) на его поверхность. Индентор из закаленной стали, твердого сплава, алмаза или сапфира имеет форму шарика, конуса или пирамиды.

Твердость не является особым физическим свойством, а отличается от других характеристик сопротивления большим пластическим деформациям лишь методикой измерения – локального, в малом объеме металла и при малом отношении нормальных напряжений к касательным (мягкой схеме деформации), что позволяет достигать больших деформаций в хрупких материалах.

Большая распространенность методов измерения твердости связана с быстротой испытания и возможностью многократно испытывать детали любой формы. Большинство полуфабрикатов и деталей из стали после термической обработки проходит сдаточный контроль твердости (в ряде случаев – только твердости).

Для измерений по Бринеллю, Роквеллу и Виккерсу в России выпускаются стационарные и переносные твердомеры. Надежность переносных твердомеров ниже, но они незаменимы при измерении твердости крупногабаритных изделий.

1.2. Цель работы

Целью данной работы является освоение методики измерения твердости по Бринеллю, Роквеллу и Виккерсу в соответствии с требованиями ГОСТов, изучение границ допустимого применения этих методов и возможности сопоставления результатов.

1.3. Порядок проведения испытаний, описание приборов, правила работы на них

Общие требования при измерении твердости всеми методами следующие:

1) при подготовке поверхности образца необходимо применять меры, исключающие изменение свойств металла в результате механической или другой обработки, например от нагрева или наклепа;

2) минимальная толщина образца должна выбираться таким образом, чтобы на противоположной стороне образца после испытания не было заметно следов деформации;

3) опорные поверхности предметного столика (подставки) и образца должны быть очищены от посторонних веществ (окалины, оксидной пленки, смазки);

4) образец должен быть установлен на подставке так, чтобы не произошло его прогиба или смещения во время испытания;

5) шероховатость поверхности образца Ra не должна превышать 2,5 мкм (по ГОСТ 2789–73) при измерении твердости по Бринеллю и Роквеллу (обработка шлифовкой или мелким напильником), 1,25 мкм – при измерении твердости по Супер-Роквеллу и 0,16 мкм – при испытаниях по Бринеллю шариком диаметром 1 мм и по Виккерсу (обработка поверхности полировкой);

6) после смены наконечника первые один – три измерения не учитываются;

7) количество отпечатков при измерении твердости указывается в нормативно-технической документации на продукцию; в соответствии с общепринятой практикой число измерений принимают равным двум (Бринелль, Виккерс) либо трем (Роквелл и Супер-Роквелл).

Измерение твердости по Бринеллю

При измерении твердости по Бринеллю стальной закаленный (либо твердосплавный) отполированный шарик диаметром D вдавливаются в образец заданной силой P . Твердость стального шарика не менее 850 HV 10, твердосплавного – не ниже 1500 HV 10, степень точ-

ности изготовления 20 по ГОСТ 3722–81 при шероховатости поверхности R_a не более 0,040 мкм. Если после испытания замечена пластическая деформация шарика, испытания недействительны.

После снятия нагрузки в образце остается лунка (рис. 1.1), диаметр которой d измеряется на поверхности образца. Площадь поверхности сферической лунки

$$F = \frac{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}{2}. \quad (1.1)$$

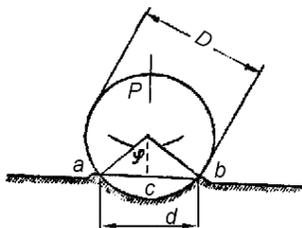


Рис. 1.1. Схема отпечатка от сферического индентора

За меру твердости до Бринеллю (НВ – при стальном либо НВW – при твердосплавном шарике) принимают условное среднее напряжение вдавливания на поверхности лунки

$$\text{НВ} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}. \quad (1.2)$$

Подставляя в (1.2) $d = D \sin(\frac{\varphi}{2})$, где φ – центральный угол лунки (см. рис. 1.1), получим

$$\text{НВ} = \frac{P}{D^2} \left\{ \frac{2}{\pi [1 - \sqrt{1 - \sin^2(\frac{\varphi}{2})}]} \right\}, \quad (1.3)$$

т.е. $\varphi = \text{const}$ при $P/D^2 = \text{const}$. Значение НВ для разных P , D , d табулированы в ГОСТе (табл. 1.1). При разной твердости и одинаковых P и D отпечатки не подобны (чем мягче материал, тем больше φ – от-

носителем глубже вдавливаются шарик). Чтобы шарик не «проваливался» в очень мягкий материал, ГОСТ обязывает подбирать усилие P таким образом, чтобы диаметр отпечатка d находился в пределах $0,24...0,6 D$, иначе испытание недействительно. Соответствующие нормы сведены в табл. 1.2.

Таблица 1.1

**а) Твердость по Бринеллю при диаметре шарика $D = 10$ мм,
нагрузке 3000 кгс (29430 Н) и $K = 30$**

d , мм	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
2,40	653	648	643	637	632	627	621	616	611	606
2,50	601	597	592	587	582	578	573	569	564	560
2,60	555	551	547	543	538	534	530	526	522	518
2,70	514	510	507	503	499	495	492	488	485	481
2,80	477	474	471	467	464	461	457	454	451	448
2,90	444	441	438	435	432	429	426	423	420	417
3,00	415	412	409	406	404	401	398	395	393	390
3,10	388	385	383	380	378	375	373	370	368	366
3,20	363	361	359	356	354	352	350	347	345	343
3,30	341	339	387	335	333	331	329	326	325	323
3,40	321	319	317	315	313	311	309	307	306	304
3,50	302	300	298	297	295	293	292	290	288	286
3,60	285	283	282	280	278	277	275	274	272	271
3,70	269	268	266	265	263	262	260	259	257	256
3,80	255	253	252	250	249	248	246	245	244	242
3,90	241	240	239	237	236	235	234	232	231	230
4,00	229	228	226	225	224	223	222	221	219	218
4,10	217	216	215	214	213	212	211	210	204	208
4,20	207	205	204	203	202	201	200	199	198	198
4,30	197	196	195	194	193	192	191	190	189	188
4,40	187	186	185	185	184	183	182	181	180	179
4,50	179	178	177	176	175	174	174	173	172	171
4,60	170	170	169	168	167	167	166	165	164	164
4,70	163	162	161	161	160	159	158	158	157	156
4,80	156	155	154	154	153	152	152	151	150	150
4,90	149	148	148	147	146	146	145	144	144	143
5,00	143	142	141	141	140	140	139	138	138	137
5,10	137	136	135	135	134	134	133	133	132	132
5,20	131	130	130	129	129	128	128	127	127	126
5,30	126	125	125	124	124	123	123	122	122	121
5,40	121	120	120	119	119	118	118	117	117	116
5,50	116	115	115	114	114	114	113	113	112	112
5,60	111	111	110	110	110	109	109	108	108	107
5,70	107	107	106	106	105	105	105	104	104	103
5,80	103	103	102	102	101	101	101	100	99,9	99,5
5,90	99,2	98,8	98,4	98,0	97,7	97,3	96,9	96,6	96,2	95,9
6,00	95,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—

**б) Твердость по Бринеллю при диаметре шарика 10 мм,
нагрузке 1000 кгс (9810 Н) и $K = 10$**

d , мм	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
2,50	200	199	197	196	194	193	191	190	188	187
2,60	185	184	182	181	179	178	177	175	174	173
2,70	171	170	169	168	166	165	164	163	162	160
2,80	159	158	157	156	155	154	152	151	150	149
2,90	148	147	146	145	144	143	142	141	140	139
3,00	138	137	136	135	135	134	133	132	131	130
3,10	129	128	128	127	126	125	124	123	123	122
3,20	121	120	120	119	118	117	117	116	115	114
3,30	114	113	112	112	111	110	110	109	108	108
3,40	107	106	106	105	104	104	103	102	102	101
3,50	101	100	99,5	98,9	98,3	97,7	97,2	96,6	96,1	95,5
3,60	95,0	94,4	93,9	93,3	92,8	92,3	91,8	91,2	90,7	90,2
3,70	89,7	89,2	88,7	88,2	87,7	87,2	86,8	86,3	85,8	85,3
3,80	84,9	84,4	83,9	83,5	83,0	82,6	82,1	81,7	81,3	80,8
3,90	80,4	80,0	79,5	79,1	78,7	78,3	77,9	77,5	77,1	76,7
4,00	76,3	75,9	75,5	75,1	74,7	74,3	73,9	73,5	73,2	72,8
4,10	72,4	72,0	71,7	71,3	71,0	70,6	70,2	69,9	69,5	69,2
4,20	68,8	68,5	68,2	67,8	67,5	67,1	66,8	66,5	66,2	65,8
4,30	65,5	65,2	64,9	64,6	64,2	63,9	63,6	63,3	63,0	62,7
4,40	62,4	62,1	61,8	61,5	61,2	60,9	60,6	60,4	60,1	59,8
4,50	59,5	59,2	59,0	58,7	58,4	58,1	57,8	57,6	57,3	57,1
4,60	56,8	56,6	56,3	56,0	55,8	55,5	55,3	55,0	54,8	54,4
4,70	54,3	54,0	53,8	53,5	53,3	53,0	52,8	52,6	52,3	52,1
4,80	51,9	51,6	51,4	51,2	51,0	50,7	50,5	50,3	50,1	49,8
4,90	49,6	49,4	49,2	49,0	48,8	48,6	48,3	48,1	47,9	47,7
5,00	47,5	47,3	47,1	46,9	46,7	46,5	46,3	46,1	45,9	45,7
5,10	45,5	45,3	45,1	45,0	44,8	44,6	44,4	44,2	44,0	43,8
5,20	43,7	43,5	43,3	43,1	42,9	42,8	42,6	42,4	42,2	42,1
5,30	41,9	41,7	41,5	41,4	41,2	41,0	40,9	40,7	40,5	40,4
5,40	40,2	40,0	39,9	39,7	39,6	39,4	39,2	39,1	38,9	38,8
5,50	38,6	38,5	38,3	38,2	38,0	37,9	37,7	37,6	37,4	37,3
5,60	37,1	37,0	36,8	36,7	36,5	36,4	36,3	36,1	36,0	35,8
5,70	35,7	35,6	35,4	35,3	35,1	35,0	34,9	34,7	34,6	34,5
5,80	34,3	34,2	34,1	33,9	33,8	33,7	33,6	33,4	33,3	33,2
5,90	33,1	32,9	32,8	32,7	32,6	32,4	32,3	32,2	32,1	32,0
6,00	31,8	–	–	–	–	–	–	–	–	–

**в) Твердость по Бринеллю при диаметре шарика 10 мм,
нагрузке 500 кгс (4905 Н) и $K = 5$**

<i>d</i> , мм	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
2,50	100	99,4	98,6	97,8	97,1	96,3	95,5	94,8	94,0	93,3
2,60	92,6	91,8	91,1	90,4	89,7	89,0	88,4	87,7	87,0	86,4
2,70	85,7	85,1	84,4	83,8	83,2	82,6	81,9	81,3	80,8	80,2
2,80	79,6	79,0	78,4	77,9	77,3	76,9	76,2	75,7	75,1	74,6
2,90	74,1	73,6	73,0	72,5	72,0	71,5	71,0	70,5	70,1	69,9
3,00	69,1	68,6	68,2	67,7	67,3	66,8	66,1	65,9	65,5	65,0
3,10	64,6	64,2	63,8	63,3	62,9	62,5	62,1	61,7	61,3	60,9
3,20	60,5	60,1	59,8	59,4	59,0	58,6	58,3	57,9	57,5	57,2
3,30	56,8	56,5	56,1	55,8	55,4	55,1	54,8	54,4	54,1	53,8
3,40	53,4	53,1	52,8	52,5	52,2	51,8	51,5	51,2	50,9	50,6
3,50	50,3	50,0	49,7	49,4	49,2	48,9	48,6	48,3	48,0	47,7
3,60	47,5	47,2	46,9	46,7	46,4	46,1	45,9	45,6	45,4	45,1
3,70	44,9	44,6	44,4	44,1	43,9	43,6	43,4	43,1	42,9	42,7
3,80	42,4	42,2	42,0	41,7	41,5	41,3	41,1	40,9	40,6	40,4
3,90	40,2	40,0	39,8	39,6	39,4	39,1	38,9	38,7	38,5	38,3
4,00	38,1	37,9	37,7	37,5	37,3	37,1	37,0	36,8	36,6	36,4
4,10	36,2	36,0	35,8	35,7	35,5	35,3	35,1	34,9	34,8	34,6
4,20	34,4	34,2	34,1	33,9	33,7	33,6	33,4	33,2	33,1	32,9
4,30	32,8	32,6	32,4	32,3	32,1	32,0	31,8	31,7	31,5	31,4
4,40	31,2	31,1	30,9	30,8	30,6	30,5	30,3	30,2	30,0	29,9
4,50	29,8	29,6	29,5	29,3	29,2	29,1	28,9	28,8	28,7	28,5
4,60	28,4	28,3	28,1	28,0	27,9	27,8	27,6	27,5	27,4	27,3
4,70	27,1	27,0	26,9	26,8	26,6	26,5	26,4	26,3	26,2	26,1
4,80	25,9	25,8	25,7	25,6	25,5	25,4	25,3	25,1	25,0	24,9
4,90	24,8	24,7	24,6	24,5	24,4	24,3	24,2	24,1	24,0	23,9
5,00	23,8	23,7	23,6	23,5	23,4	23,3	23,2	23,1	23,0	22,9
5,10	22,8	22,7	22,6	22,5	22,4	22,3	22,2	22,1	22,0	21,9
5,20	21,8	21,7	21,6	21,6	21,5	21,4	21,3	21,2	21,1	21,0
5,30	20,9	20,9	20,8	20,7	20,6	20,5	20,4	20,3	20,3	20,2
5,40	20,1	20,0	19,9	19,9	19,8	19,7	19,6	19,5	19,5	19,4
5,50	19,3	19,2	19,2	19,1	19,0	18,9	18,9	18,8	18,7	18,6
5,60	18,6	18,5	18,4	18,3	18,3	18,2	18,1	18,1	18,0	17,9
5,70	17,8	17,8	17,7	17,6	17,6	17,5	17,4	17,4	17,3	17,2
5,80	17,2	17,1	17,0	17,0	16,9	16,8	16,8	16,7	16,7	16,6
5,90	16,5	16,5	16,4	16,3	16,3	16,2	16,2	16,1	16,0	16,0
6,00	15,8	–	–	–	–	–	–	–	–	–

**г) Твердость по Бринеллю при диаметре шарика $D = 10$ мм,
нагрузке 250 кгс (2450 Н) и $K = 2,5$**

d , мм	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
2,50	50,1	49,7	49,3	48,9	48,5	48,1	47,8	47,4	47,0	46,6
2,60	46,3	45,9	45,6	45,2	44,9	44,5	44,2	43,8	43,5	43,2
2,70	42,9	42,5	42,2	41,9	41,6	41,3	41,0	40,7	40,4	40,1
2,80	39,8	39,5	39,2	38,9	38,7	38,4	38,1	37,8	37,6	37,3
2,90	37,0	36,8	36,5	36,3	36,0	35,8	35,5	35,3	35,0	34,8
3,00	34,6	34,4	34,1	33,9	33,6	33,4	33,2	33,0	32,7	32,5
3,10	32,3	32,1	31,9	31,7	31,5	31,3	31,1	30,9	30,7	30,5
3,20	30,3	30,1	29,9	29,7	29,5	29,3	29,1	28,9	28,8	28,6
3,30	28,4	28,2	28,1	27,9	27,7	27,5	27,4	27,2	27,0	26,9
3,40	26,7	26,6	26,4	26,2	26,1	25,9	25,8	25,6	25,5	25,3
3,50	25,2	25,0	24,9	24,7	24,6	24,4	24,3	24,2	24,0	23,9
3,60	23,7	23,6	23,5	23,8	23,2	23,1	22,9	22,8	22,7	22,6
3,70	22,4	22,3	22,2	22,1	21,9	21,8	21,7	21,6	21,5	21,3
3,80	21,2	21,1	21,0	20,9	20,8	20,6	20,5	20,4	20,3	20,2
3,90	20,1	20,0	19,9	19,8	19,7	19,6	19,5	19,4	19,3	19,2
4,00	19,1	19,0	18,9	18,8	18,7	18,6	18,5	18,4	18,3	18,2
4,10	18,1	18,0	17,9	17,8	17,7	17,6	17,6	17,5	17,4	17,3
4,20	17,2	17,1	17,0	16,9	16,9	16,8	16,7	16,6	16,5	16,5
4,30	16,4	16,3	16,2	16,1	16,1	16,0	15,9	15,8	15,8	15,7
4,40	15,6	15,5	15,5	15,4	15,3	15,2	15,2	15,1	15,0	14,9
4,50	14,9	14,8	14,7	14,7	14,6	14,5	14,5	14,4	14,3	14,3
4,60	14,2	14,1	14,1	14,0	13,9	13,9	13,8	13,8	13,7	13,6
4,70	13,6	13,5	13,4	13,4	13,3	13,3	13,2	13,1	13,1	13,0
4,80	13,0	12,9	12,9	12,8	12,7	12,7	12,6	12,6	12,5	12,5
4,90	12,4	12,4	12,3	12,2	12,2	12,1	12,1	12,0	12,0	11,9
5,00	11,9	11,8	11,8	11,7	11,7	11,6	11,6	11,5	11,5	11,4
5,10	11,4	11,3	11,3	11,2	11,2	11,1	11,1	11,1	11,0	11,0
5,20	10,9	10,9	10,8	10,8	10,7	10,7	10,6	10,6	10,6	10,5
5,30	10,5	10,4	10,4	10,3	10,3	10,3	10,2	10,2	10,1	10,1
5,40	10,1	10,0	9,97	9,93	9,89	9,85	9,81	9,77	9,73	9,69
5,50	9,66	9,62	9,58	9,54	9,50	9,46	9,43	9,39	9,35	9,32
5,60	9,28	9,24	9,21	9,17	9,18	9,10	9,06	9,03	8,98	8,96
5,70	8,92	8,89	8,85	8,82	8,79	8,75	8,72	8,68	8,65	8,62
5,80	8,58	8,55	8,52	8,49	8,45	8,42	8,39	8,36	8,33	8,29
5,90	8,26	8,23	8,20	8,17	8,14	8,11	8,08	8,05	8,02	7,99
6,00	7,69	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Продолжение табл. 1.1

**д) Твердость по Бринеллю при диаметре шарика 5 мм,
нагрузке 750 кгс (7857 Н) и $K = 30$**

d , мм	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
1,50	415	409	401	398	393	388	383	378	373	368
1,60	363	359	354	350	345	341	337	333	329	325
1,70	321	317	313	309	306	302	298	295	292	288
1,80	285	282	278	275	272	269	266	263	260	257
1,90	255	252	249	246	244	241	239	236	234	231
2,00	229	226	224	222	219	217	215	213	211	209
2,10	207	204	202	200	198	197	195	193	191	189
2,20	187	185	184	182	180	179	177	175	174	172
2,30	170	169	167	166	164	163	161	160	158	157
2,40	156	154	152	151	150	149	148	146	145	144
2,50	143	141	140	139	138	137	135	134	133	132
2,60	131	130	129	128	127	126	125	124	123	122
2,70	121	120	119	118	117	116	115	114	113	112
2,80	111	110	110	109	108	107	106	105	105	104
2,90	103	102	101	101	99,9	99,2	98,4	97,7	96,9	96,2
3,00	95,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Продолжение табл. 1.1

**е) Твердость по Бринеллю при диаметре шарика 5 мм,
нагрузке 250 кгс (2452 Н) и $K = 10$**

d , мм	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
1,20	–	–	–	–	–	200	197	194	191	188
1,30	185	182	179	177	174	171	169	166	164	162
1,40	159	157	155	152	150	148	146	144	142	140
1,50	138	136	135	133	131	129	128	126	124	123
1,60	121	120	118	117	115	114	112	111	110	108
1,70	107	106	104	103	102	101	99,5	98,3	97,2	96,1
1,80	95,0	93,9	92,8	91,8	90,7	89,7	88,7	87,7	86,8	85,8
1,90	84,9	83,9	83,0	82,1	81,3	80,4	79,5	78,7	77,9	77,1
2,00	76,3	75,5	74,7	74,0	73,2	72,4	71,7	71,0	70,2	69,5
2,10	68,8	68,2	67,5	66,8	66,2	65,5	64,9	64,2	63,6	63,0
2,20	62,4	61,8	61,2	60,6	60,1	59,5	59,0	58,4	57,9	57,3
2,30	56,8	56,3	55,8	55,3	54,8	54,3	53,6	53,3	53,8	52,3
2,40	51,9	51,4	51,0	50,5	50,1	49,6	49,2	48,8	48,3	47,9
2,50	47,5	47,1	46,7	46,3	45,9	45,5	45,1	44,8	44,4	44,0
2,60	43,7	43,3	42,9	42,6	42,2	41,9	41,5	41,2	40,9	40,5
2,70	40,2	39,9	39,6	39,2	38,9	38,6	38,3	38,0	37,7	37,4
2,80	37,1	36,8	36,5	36,3	36,0	35,7	35,4	35,1	34,9	34,6
2,90	34,3	34,1	33,8	33,6	33,3	33,1	32,8	32,6	32,3	32,1
3,00	31,8	–	–	–	–	–	–	–	–	–

**ж) Твердость по Бринеллю при диаметре шарика 2,5 мм,
нагрузке 187,5 кгс (1840 Н) и $K = 30$**

d , мм	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,70	–	–	451	438	426	415	404	393	383	373
0,80	363	354	345	337	328	321	313	306	298	291
0,90	285	278	272	266	260	255	249	244	239	234
1,00	229	224	219	215	211	207	202	198	195	191
1,10	187	184	180	177	174	170	167	164	161	158
1,20	156	153	150	148	145	143	140	138	135	133
1,30	131	129	127	125	123	121	119	117	115	113
1,40	111	110	108	106	105	103	101	99,9	98,4	96,9
1,50	95,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 1.2

Выбор нагрузки на инденторе

Диаметр шарика D , мм	Усилие P , Н (кгс), для K					
	30	15	10	5	2,5	1
1	294,2 (30)	–	98,07 (10)	49,03 (5)	24,53 (2,5)	9,807 (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	7355 (750)	–	2452 (250)	1226 (125)	612,9 (62,5)	245,2 (25)
10	29420 (3000)	14710 (1500)	9807 (1000)	4903 (500)	2452 (250)	980,7 (100)

Примечание. Значения $K = 30$ – для сталей, чугунов и высокопрочных сплавов с $HB = 140$ и более; 15 – для титана и его сплавов с $HB = 50$ и выше; 10 – для сталей, чугунов и высокопрочных сплавов с HB до 140, а также для меди и сплавов на ее основе и легких металлов и сплавов с $HB = 35$ и более; 5 – для меди и сплавов на ее основе и легких металлов и их сплавов с $HB < 35$; 2,5 – для подшипниковых сплавов с HB от 8 до 50; 1 – для свинца, олова и других мягких металлов с $HB < 20$.

Толщина образца должна быть не менее восьмикратной глубины отпечатка; она определяется после первого пробного испытания по формуле $S \geq 8 \frac{P}{\pi D HB(HBW)}$ (где P выражено в килограммсилах или

в ньютонах), иначе в деформации участвует и подкладка. По ГОСТ 9012–59 основной диаметр шарика $D = 10$ мм и нагрузка