Прибор для Определения Твердости по Бринеллю TH600 Инструкция по Эксплуатации

(Версия 1.00)

NDT tester

Innovative solutions for the testing of materials

TIME Group Inc.

Beijing TIME High Technology Ltd.

Содержание

1. Обзор 1

1.1 Диапазон применения 1

1.2 Диапазон измерений твердости ....., ... 1

2. Основные параметры 1

3. Основная конфигурация и структура 2

3.1 Стандартная комплектация 2

3.2 Структурное представление 4

4. Установка и настройка 6

5. Способ проведения исследований ..... - 8

5.1 Подготовка к проведению исследований 8

5.2 Установка механизма давления 8

5.3 Выбор испытательного усилия 8

5.4 Установка времени удержания испытательного усилия 11

5.5 Проведение исследований 11

5.6 Проверка и подтверждение результатов тестирования 12

5.7 Отключение прибора 12

6. Техническое обслуживание, ремонт и меры безопасности 13

Приложение 1: Принципы и способы определения твердости по Бринеллю 14

Приложение 2: Расчет твердости по Бринеллю 19

Приложение 3: Таблица отношения среднего диаметра отметки и минимальной толщины образца 31

NDT te

1. Обзор

1.1 Диапазон Применения

Прибор для определения твердости по Бринеллю TH600 использует принципы проведения испытаний БРИНЕЛЛЯ и может применяться для непосредственного определения твердости по методу Бринелля. Твердомер подходит для проведения исследований незакаленной стали, чугуна, цветных металлов, мягких подшипниковых сплавов и других материалов. В приборе сочетаются высокая точность, широкий диапазон измерений, автоматическая нагрузка, а так же автоматическое определение времени выдержки и снятие нагрузки. Прибор может использоваться для проведения исследований и контроля в таких отраслях как фабричное производство и металлургия, а так же в производстве строительных материалов.

В данном твердомере реализован последний международный стандарт ISO6506.2: "Материалы с металлическими свойствами – Определение твердости по Бринеллю – Часть 2: Контроль и Калибровка Испытательных Машин ", и стандарт США ASTM E-10 "Определение Твердости по Бринеллю Материалов с Металлическими Свойствами ".

1.2 Диапазон измерений твердости

8-650HBW

2. Основные параметры

- Испытательное усилие: 1839H (I87.5kgf), 2452H (250kgf), 7355H (750kgf), 9807H (I000kgf), 29420H (3000kgf)
- Диаметр шарикового индентора: 2.5мм, 5мм, 10мм
- Время удержания испытательного усилия: 6~99сек, значение настраивается.
- Максимальное тестовое пространство в вертикальном направлении: 230мм

- Расстояние между передней стенкой и осевой линией индентора в горизонтальном направлении: 120мм
- Источник питания: однофазный, AC, 220В, 50-60 Гц, 2А
- Вес: 220кг
- Максимальный наружный размер: 730ммX230ммX890мм

3. Основная Конфигурация и Структура

3.1 Стандартная комплектация

Основное устройство	1
Стандартный тестовый блок	1
20X микроскоп	1
Ф 10мм карбидный шариковый индентор	1
Ф 80мм круглый стол для образцов	1
Стол для образцов V-образной формы	1
Кабель питания	1

Дополнительные аксессуары:

Ф 2.5мм карбидный шариковый индентор

Ф 5мм шариковый индентор из твердого сплава

Ф 2.5мм карбидный шарик

Ф 5мм карбидный шарик

Ф 10мм карбидный шарик

Ф 60мм стол для образцов

Ф 70мм стол для образцов

Ф150мм стол для образцов

Стандартный тестовый блок для определения твердости

3.2 Структурное представление

На Рисунке 3.1 представлена схематичная структура твердомера по Бринеллю TH600. Клавиатура, разъемы питания и положения переключателей отображены на рисунках 3.2 и 3.3 соответственно.

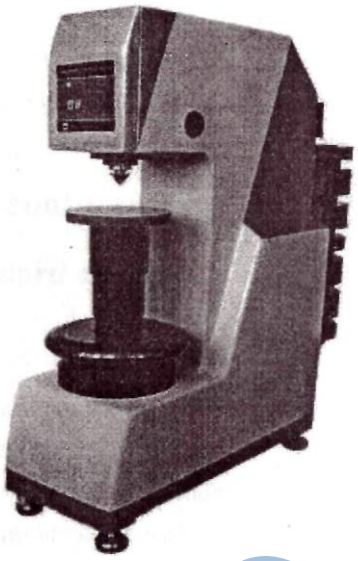


Рисунок 3.1

Рисунок 3.2

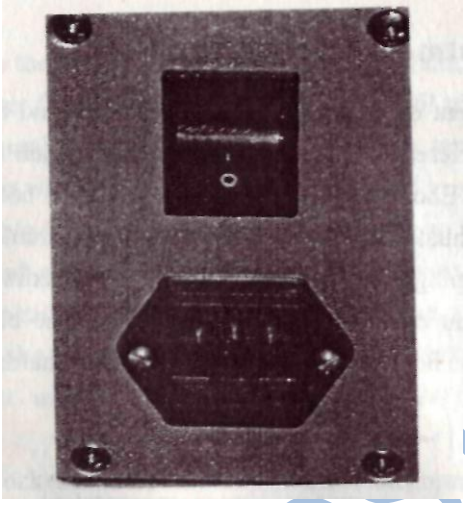


Рисунок 3.3

NDT tester

4. Установка и настройка

4.1 Твердомер должен быть установлен в сухом и чистом помещении, при отсутствии агрессивной среды и влияния сильных магнитных полей. Установочная платформа должна быть ровной и стабильной, высотой около 500мм. С обеих сторон прибора, а так же над ним необходимо предусмотеть достаточно пространства для ручной нагрузки. Круговое отверстие Ф70 мм должно быть подготовлено на платформе для подъема и опускания ходового винта. Максимальное пороговое положение движения ходового винта – 250мм ниже стола для образцов, в этом диапазоне не должно возникнуть каких либо препятствий. На Рисунке 4.1 представлено положение отверстия по отношению к основанию твердомера.

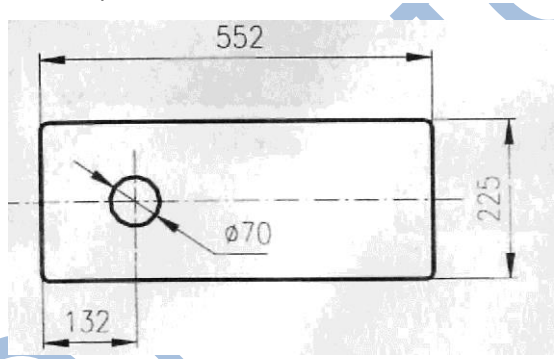


Рисунок 4.1

4.2 Съемные болты на панели основания используются для фиксации нижней части твердомера после распаковки. При этом не следует удалять твердомер с поперечины, необходимо установить четыре установочных винта, идущих в комплекте с прибором. После установки данных винтов, твердомер можно перенести на подготовленную для него платформу. При переносе его следует держать только за нижнюю часть.

Внимание: TH600 обладает большими размерами и весом, поэтому необходимо использовать соответствующее подъемное и фиксирующие устройства при установке, погрузке и перевозке оборудования во избежание случайного сброса маятника и противовесов. Если необходима длительная транспортировка следует использовать заводскую упаковку, индентор необходимо снять, для фиксации основного вала и уровня следует использовать эластичное устройство, что позволит избежать компонентов от повреждения.

4.3 Поверните маховик ручной подачи против часовой стрелки, опустите рабочий стол, снимите противоударную прокладку, установите водный уровень с точностью в 0.2мм/м на рабочий стол, отрегулируйте установочные винты твердомера и после настройки затяните фиксирующие гайки.

4.4 Для данного твердомера предусмотрено семь противовесов для обеспечения различного испытательного усилия за счет их комбинации (См. раздел 5.3). Эти противовесы должны удаляться и храниться должным образом.

4.5 Подсоедините кабель питания.

5. Способ проведения исследований

5.1 Подготовка к проведению исследований

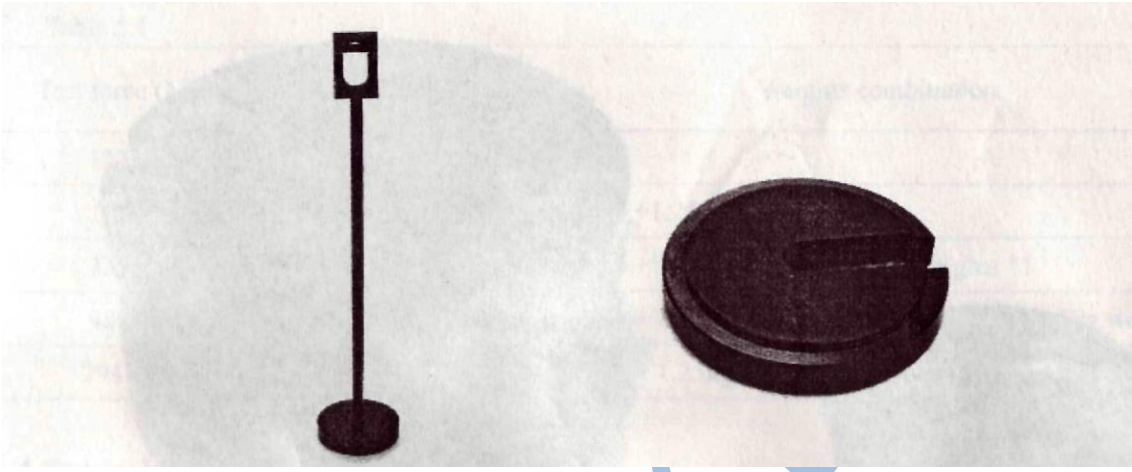
Проверьте кабель питания, включите питание, при этом должен загореться индикатор. Прибор проводит процедуру самотестирования и отображает время удержания для текущего испытательного усилия. Этот параметр так же может быть записан в память машины перед ее отключением (См. Рисунок 3.2).

5.2 Установка механизма давления

Выберите индентор, очистите его от вязкой антикоррозийной смазки с помощью спирта, протрите его хлопчатобумажной или другой мягкой тканью. Затем установите его в осевое отверстие, вверните винты и немного вдавите их в плоскую поверхность нижней части индентора. Поместите образец на рабочий стол. Поверните маховик ручной подачи по часовой стрелке, поднимите рабочий стол, образец должен соприкоснуться с механизмом давления до перемещения маховика почти вплотную к гайке, заверните крепежный винт индентора.

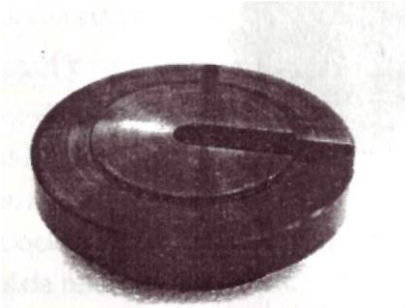
5.3 Выбор испытательного усилия

Твердомер TH600 может обеспечивать 5 различных испытательных усилий за счет комбинации 7 противовесов, включая один в 1.25кг, один в 5 кг, а так же пять грузов в 10 кг. (См. Рисунок 5.1) Возможные комбинации противовесов представлены в таблице 5.1.



маятник Разновес 1.25кг

NDT test



Разновес 5 кг

Разновес 10 кг

Рисунок 5.2

NDT te

Таблица 5.1

Тестовая нагрузка (Н)	Соответствующая нагрузка в Кг (Kgf)	Комбинация разновесов
1839	187.5	Маятник
2452	250	Маятник +разновес 1.25кг
7355	750	Маятник + разновес 1.25кг + разновесы 10кг * 1
9807	1000	Маятник + разновес 1.25кг + разновесы 10кг *1 +разновес 5кг *1
29420	3000	Маятник + разновес 1.25кг + разновесы 10кг *5 + разновес 5кг *1

5.4 Установка времени удержания испытательного усилия

Для обычных материалов время удержания испытательного усилия находится в диапазоне 10 - 15 секунд, точное значение выбирается в соответствии с текущими требованиями. Для данного твердомера диапазон составляет 6-99 секунд. (См. Рисунок 3.2.) Для установки времени удержания используйте клавиши перемещения вверх и вниз.

5.5 Проведение Исследований

Поместите образец в центр рабочего стола, аккуратно поворачивайте маховик ручной подачи, поднимите стол, образец должен соприкасаться с индентором до перемещения маховика почти вплотную к гайке, перестаньте вращать маховик.

В это время нажмите кнопку "Start", тест должен быть автоматически запущен. Произойдет следующее: нагрузка (включен индикатор нагрузки), отсчет в обратном порядке текущего времени удержания после нагрузки, удержание нагрузки (индикатор включен), снятие нагрузки по завершении времени удержания (включен индикатор снятия нагрузки) и восстановление начального состояния (индикатор включен).

5.6 Проверка и подтверждение результатов тестирования

Поверните маховик ручной подачи против часовой стрелки, опустите рабочий стол, снимите образец, измерьте диаметр отпечатка с помощью микроскопа и определите значение твердости с помощью приведенных в приложениях 1 и 2 таблицах.

Коэффициент увеличения микроскопа твердомера данной модели составляет 20, и минимальный интервал шкалы составляет 0.01мм. При измерении необходимо использовать соответствующий источник освещения. При проведении измерений малых диаметров отпечатков для увеличения точности данных можно использовать считывающие устройства с большей степенью увеличения.

5.7 Отключение прибора

Снимите нагрузку и выключите питание прибора. Если прибор не будет использоваться в течение долгого времени необходимо отсоединить кабель питания, снять индентор и противовесы.

6. Техническое обслуживание, ремонт и меры безопасности

6.1 Необходимо периодически проверять точность твердомера с помощью стандартного блока. Если погрешность находится в допустимых пределах, оговоренных в ISO6505.2 " Материалы с металлическими свойствами – Определение твердости по Бринеллю – Часть 2: Контроль и Калибровка Испытательных Машин", проверьте точность тестовой нагрузки, а так же шариковый индентор на предмет каких либо дефектов или деформации. В соответствии со стандартами должна проводиться периодическая сертификация и калибровка прибора.

6.2 Периодически проверяйте давление позиционной пружины ручного маховика. Способ: Поместите тестовый образец в центр рабочего стола, поверните маховик по часовой стрелке, поднимите рабочий стол, образец должен соприкасаться с индентором до перемещения маховика почти вплотную к гайке. Рычаг в это время должен находиться в нормальном положении. При возникновении каких-либо явлений произведите настройку, закручивая или отворачивая винты под ручным маховиком.

6.3 При проведении ремонта, проверки или технического обслуживания необходимо выключать питание.

6.4 Аккуратно устанавливайте и демонтируйте индентор, убедитесь в целостности его наконечника, на монтажной пластине не должно быть каких-либо инородных веществ. Если твердомер не используется в течение долгого времени, необходимо снять индентор и хранить его в соответствиях условиях в антикоррозионном смазке.

6.5 Поверхность рабочего стола и стандартного блока должна быть чистой, без надрезов, царапин и вмятин. Для хранения необходимо использовать антикоррозионную смазку.

6.6 В процессе проведения исследования образец должен находиться в стабильном положении,

необходимо гарантировать отсутствие смещения и деформации.

6.7 Смазывайте колесо редуктора каждые пол года и заменяйте смазочный материал, по крайней мере, раз в два года (на основании частоты использования).

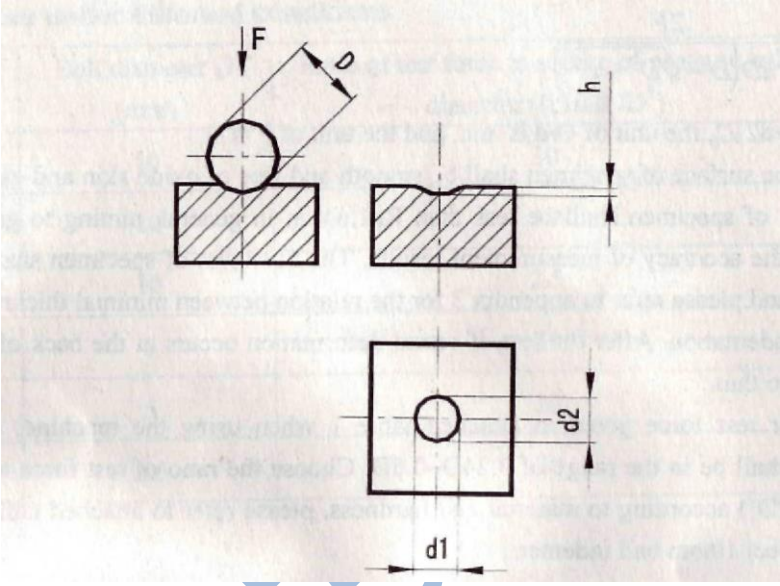
6.8 Необходимо периодически смазывать винт подачи. Способ: снимите рабочий стол и оболочку винта, необходимо впрыснуть некоторое количество масляной смазки в винт подачи, поверните ручной маховик для нескольких циклов подъема и опускания винта, что позволит распределить смазочное вещество. Смазочного вещества должно быть достаточно, но без избытка.

6.9 При каждодневной работе и после выключения следует проводить защиту от пыли и коррозии. Защита от коррозии должна проводиться во влажной среде.

6.10 При возникновении неполадок в работе твердомера, не следует демонтировать или пытаться регулировать фиксированные детали. Заполните гарантийный талон и отправьте в компанию.

Приложение 1: Принципы и способы определения твердости по Бринеллю

1.1 Принципы проведения: Вдавливание карбидного шарика определенного диаметра в поверхность образца, удержание его в течение определенного периода времени, снятие нагрузки и измерение диаметра отпечатка на поверхности образца (см. рисунок ниже).



Определение твердости по Бринеллю

Твердость может быть рассчитана по следующей формуле:

Твердость по Бринеллю = постоянная x (тестовая нагрузка)/площадь поверхности отпечатка, т.е.:

$$HBW = 0.102 \times \frac{2F}{\pi D\left(D - \sqrt{D^2 - d^2}\right)}$$

Где: d= (dH-d2)/2, единица измерения D/d - мм, единицы измерения F - Н.

1.2 Образец: Поверхность образца должна быть гладкой, без загрязнений, шероховатость поверхности не должна быть менее Ral.6 *мм*, что позволяет обеспечить точность результатов измерений. Толщина образца должна превышать глубину индентора как минимум в 8 раз. Отношение между минимальной толщиной образца и среднего диаметра отпечатка представлено в приложении 3. Если при приведении исследований с обратной стороны образца остается видимая невооруженным глазом деформация, он слишком тонок.

1.3 Выберите необходимое тестовое усилие в таблице 1 при использовании прибора и убедитесь, что диаметр отпечатка находится в диапазоне 0.24D-0.6D. Выберите соотношение испытательного усилия к квадрату диаметра шарика ($0.102F/D^2$) в соответствии с материалом и твердостью, обратитесь к таблице 2. Если размеры образца допустимы, выберите шариковый индентор в 10 мм.

NDT

Таблица 1: испытательная нагрузка при различных условиях

Символ твердости	Диаметр шарика D (мм)	Соотношение испытательной нагрузки к квадрату диаметра шарика ($0.102F/D^2$)	Тестовая нагрузка (Н)
HBW10/3000	10	30	29420
HBW10/1000	10	10	9807
HBW10/250	10	2.5	2452
HBW5/750	5	30	7355
HBW5/250	5	10	2452
HBW2.5/187.5	2.5	30	1839

NDT tes

Таблица 2: Отношение испытательной нагрузки к квадрату диаметра шарика (различные материалы)

Материал	Твердость по Бринеллю (HBW)	Отношение испытательной нагрузки к квадрату диаметра шарика ($0.102F/D^2$)
Сплав стали и никеля сплав стали и титана		30
Чугун	<140	10
	>140	30
Сплав меди и стали	35-200	10
	>200	30
Легкий металл и сплав	<35	2.5
	35-80	10
	>80	10

1.4 При измерении диаметра отпечатка измерять следует в двух ортогональных направлениях, и рассчитывать среднее значение для получения результатов.

1.5 Процедура проведения измерений соответствует Стандарту ISO6506.1.

NDT

Приложение 2: Расчет твердости по Бринеллю

Диаметр шарика D (мм)			Квадрат отношения испыт.усилия –диаметр индентора ($0.102F/D^2$)		
			30	10	2.5
			Испытат. усилие F (Н)		
10	5	2.5	29420 7355 1839	9807 2452	2452
Средний диаметр отметки d(мм)			Твердость по Бринеллю (HBW)		
2 4	1 1.2	0.6	653	218	54.5
i 4	1205	0.6025	648	216	54
2 42	1.21	0.605	643	214	53.6
^43	1.215	0.6075	637	212	53.1
2 44	1 22	0.61	632	211	52.7
^45	1.225	0.6125	627	209	52.2
2 46	1 23	0.615	622	207	51.8
2 47	1 235	0.6175	617	206	51.4
2 48	1 24	0.62	612	204	51
2.49	1.245	0.6225	607	202	50.6
2.5	1.25	0.625	602	201	50.1

Диаметр шарика D (мм)			Квадрат отношения испыт.усилия –диаметр индентора ($0.102F/D^2$)		
			30	10	2.5
			Испытат. усилие F (Н)		
10	5	2.5	29420 7355 1839	9807 2452	2452
Средний диаметр отметки d(мм)			Твердость по Бринеллю (HBW)		
2.70	1.35	0.675	514	171	42.9
2.71	1.355	0.6775	511	170	42.5
2.72	1.36	0.68	507	169	42.2
2.73	1.365	0.6825	503	168	41.9
2.74	1.37	0.685	499	166	41.6
2.75	1.375	0.6875	495	165	41.3
2.76	1.38	0.69	492	164	41
2.77	1.385	0.6925	488	163	40.7
2.78	1.39	0.695	485	162	40.4
2.79	1.395	0.6975	481	160	40.1
2.8	1.4	0.7	478	159	39.8

2.51	1.255	0.6275	597	199	49.7	2.81	1.405	0.7025	474	158	39.5
2.52	1.26	0.63	592	197	49.3	2.82	1.41	0.705	471	157	39.2
2.53	1.265	0.6325	587	196	48.9	2.83	1.415	0.7075	467	156	38.9
2.54	1.27	0.635	583	194	48.5	2.84	1.42	0.71	464	155	38.7
2.55	1.275	0.6375	578	193	48.2	2.85	1.425	0.7125	461	154	38.4
2.56	1.28	0.64	573	191	47.8	2.86	1.43	0.715	457	152	38.1
2.57	1.285	0.6425	569	190	47.4	2.87	1.435	0.7175	454	151	37.8
2.58	1.29	0.645	564	188	47	2.88	1.44	0.72	451	150	37.6
2.59	1.295	0.6475	560	187	46.7	2.89	1.445	0.7225	448	149	37.3
2.6	1.3	0.65	555	185	46.3	2.9	1.45	0.725	445	148	37.1
2.57	1.285	0.6425	569	190	47.4	2.87	1.435	0.7175	454	151	37.8
2.58	1.29	0.645	564	188	47	2.88	1.44	0.72	451	150	37.6
2.59	1.295	0.6475	560	187	46.7	2.89	1.445	0.7225	448	149	37.3
2.6	1.3	0.65	555	185	46.3	2.9	1.45	0.725	445	148	37.1
2.61	1.305	0.6525	551	184	45.9	2.91	1.455	0.7275	441	147	36.8
2.62	1.31	0.655	547	182	45.6	2.92	1.46	0.73	438	146	36.5
2.63	1.315	0.6575	543	181	45.2	2.93	1.465	0.7325	435	145	36.3
2.64	1.32	0.66	538	180	44.9	2.94	1.47	0.735	432	144	36
2.65	1.325	0.6625	534	178	44.5	2.95	1.475	0.7375	429	143	35.8
2.66	1.33	0.665	530	177	44.2	2.96	1.48	0.74	426	142	35.5
2.67	1.335	0.6675	526	175	43.9	2.97	1.485	0.7425	423	141	35.3
2.68	1,34	0.67	522	174	43.5	2.98	1.49	0.745	420	140	35
2.69	1.345	0.6725	518	173	43.2	2.99	1.495	0.7475	417	139	34.8

Приложение 2 (продолжение)

Диаметр шарика D (мм)			Квадрат отношения испыт.усилия –диаметр индентора ($0.102F/D^2$)			Диаметр шарика D (мм)			Квадрат отношения испыт.усилия –диаметр индентора ($0.102F/D^2$)		
			30	10	2.5				30	10	2.5
			Испытат. усилие F (H)						Испытат. усилие F (H))		
10	5	2.5	29420 7355 1839	9807 2452	2452	10	5	2.5	29420 7355 1839	9807 2452	2452
Средний диаметр отметки d(мм)			Твердость по Бринеллю (HBW)			Средний диаметр отметки d(мм)			Твердость по Бринеллю (HBW)		
		0.75			34.6	3.3	1.65	0.825	341	114	28.4
3.01	1.505	0.7525	412	137	34.3	3.31	1.655	0.8275	339	113	28.2
3.02	1.51	0.755	409	136	34.1	3.32	1.66	0.83	337	112	28.1
3.03	1.515	0.7575	406	135	33.9	3.33	1.665	0.8325	335	112	27.9
3 04	1.52	0.76	404	135	33.6	3.34	1.67	0.835	333	HI	27.7
3.05	1.525	0.7625	401	134	33.4	3.35	1.675	0.8375	331	110	27.6
3.06	1.53	0.765	398	133	33.2	3.36	1.68	0.84	329	110	27.4
3.07	1.535	0.7675	396	132	33	3.37	1.685	0.8425	327	109	27.2
3.08	1.54	0.77	393	131	32.8	3.38	1.69	0.845	325	108	27.1

3.09	1.545	0.7725	390	130	32.5		3.39	1.695	0.8475	323	108	26.9
3.1	1.55	0.775	388	129	32.3		3.4	1.7	0.85	321	107	26.7
3.11	1.555	0.7775	385	128	32.1		3.41	1.705	0.8525	319	106	26.6
3.12	1.56	0.78	383	128	31.9		3.42	1.71	0.855	317	106	26.4
3.13	1.565	0.7825	380	127	31.7		3.43	1.715	0.8575	315	105	26.2
3.14	1.57	0.785	378	126	31.5		3.44	1.72	0.86	313	104	26.1
3.15	1.575	0.7875	375	125	31.3		3.45	1.725	0.8625	311	104	25.9
3.16	1.58	0.79	373	124	31.1		3.46	1.73	0.865	309	103	25.8
3.17	1.585	0.7925	370	123	30.9		3.47	1.735	0.8675	307	102	25.6
3.18	1.59	0.795	368	123	30.7		3.48	1.74	0.87	306	102	25.5
3.19	1.595	0.7975	366	122	30.5		3.49	1.745	0.8725	304	101	25.3
3.2	1.6	0.8	363	121	30.3		3.5	1.75	0.875	302	101	25.2
3.21	1.605	0.8025	361	120	30.1		3.51	1.755	0.8775	300	100	25
3.22	1.61	0.805	359	120	29.9		3.52	1.76	0.88	298	99.5	24.9
3.23	1.615	0.8075	356	119	29.7		3.53	1.765	0.8825	297	98.9	24.7
3.24	1.62	0.81	354	118	29.5		3.54	1.77	0.885	295	98.3	24.6
3.25	1.625	0.8125	352	117	29.3		3.55	1.775	0.8875	293	97.8	24.4
3.26	1.63	0.815	350	117	29.1		3.56	1.78	0.89	292	97.2	24.3
3.27	1.635	0.8175	347	116	29		3.57	1.785	0.8925	290	96.6	24.2
3.28	1.64	0.82	345	115	28.8		3.58	1.79	0.895	288	96.1	24
3.29	1.645	0.8225	343	114	28.6		3.59	1.795	0.8975	287	95.5	23.9

NDT

Приложение 2 (продолжение)

Диаметр шарика D (мм)			Квадрат отношения испыт.усилия –диаметр индентора ($0.102F/D^2$)			Диаметр шарика D (мм)			Квадрат отношения испыт.усилия –диаметр индентора ($0.102F/D^2$)		
			30	10	2.5				30	10	2.5
			Испытат. усилие F (Н)						Испытат. усилие F (Н)		
10	5	2.5	29420 7355 1839	9807 2452	2452	10	5	2.5	29420 7355 1839	9807 2452	2452
Средний диаметр отметки d(мм)			Твердость по Бринеллю (HBW)			Средний диаметр отметки d(мм)			Твердость по Бринеллю (HBW)		
3 6	1 8	0.9	285	95	23.7	3.9	1.95	0.975	241	80.4	ZU.l
3 61	1.805	0.9025	283	94.4	23.6	3.91	1.955	0.9775	240	80	20
3 62	1.81	0.905	282	93.9	23.5	3.92	1.96	0.98	239	79.6	19.9
3 63	1.815	0.9075	280	93.4	23.3	3.93	1.965	0.9825	237	79.1	19.8
3 64	1 82	0.91	278	92.8	23.2	3.94	1.97	0.985	236	78.7	19.7
3 6S	1.825	0.9125	277	92.3	23.1	3.95	1.975	0.9875	235	78.3	19.6
3 66	1 83	0.915	275	91.8	22.9	3.96	1.98	0.99	234	77.9	19.5
3 67	1.835	0.9175	274	91.3	22.8	3.97	1.985	0.9925	232	77.5	19.4
3 68	1.84	0.92	272	90.7	22.7	3.98	1.99	0.995	231	77.1	19.3
3.69	1.845	0.9225	271	90.2	22.6	3.99	1.995	0.9975	230	76.7	19.2
3.7	**1.85**	0.925	269	89.7	22.4	4	2	1	229	76.3	19.1

3.71	1.855	0.9275	268	89.2	22.3		4.01	2.005	1.0025	228	75.9	19
3.72	1.86	0.93	266	88.7	22.2		4.02	2.01	1.005	226	75.5	18.9
3.73	1.865	0.9325	265	88.2	22.1		4.03	2.015	1.0075	225	75.1	18.8
3.74	1.87	0.935	263	87.8	21.9		4.04	2.02	1.01	224	74.7	18.7
3.75	1.875	0.9375	262	87.3	21.8		4.05	2.025	1.0125	223	74.3	18.6
3.76	1.88	0.94	260	86.8	21.7		4.06	2.03	1.015	222	73.9	18.5
3.77	1.885	0.9425	259	86.3	21.6		4.07	2.035	1.0175	221	73.6	18.4
3.78	1.89	0.945	257	85.8	21.5		4.08	2.04	1.02	220	73.2	18.3
3.79	1.895	0.9475	256	85.4	21.3		4.09	2.045	1.0225	218	72.8	18.2
3.8	1.9	0.95	255	84.9	21.2		4.1	2.05	1.025	217	72.4	18.1
3.81	1.905	0.9525	253	84.4	21.1		4.11	2.055	1.0275	216	72.1	18
3.82	1.91	0.955,	252	84	21		4.12	2.06	1.03	215	71.7	17.9
3.83	1.915	0.9575	251	83.5	20.9		4.13	2.065	1.0325	214	71.3	17.8
3.84	1.92	0.96	249	83.1	20.8		4.14	2.07	1.035	213	71	17.7
3.85	1.925	0.9625	248	82.6	20.7		4.15	2.075	1.0375	212	70.6	17.7
3.86	1.93	0.965	246	82.2	20.5		4.16	2.08	1.04	211	70.3	17.6
3.87	1.935	0.9675	245	81.7	20.4		4.17	2.085	1.0425	210	69.9	17.5
3.88	1.94	0.97	244	81.3	20.3		4.18	2.09	1.045	209	69.6	17.4
3.89	1.945	0.9725	242	80.8	20.2		4.19	2.095	1.0475	208	69.2	17.3

NDT

Приложение 2 (продолжение)

Диаметр шарика D (мм)			Квадрат отношения испыт.усилия –диаметр индентора ($0.102F/D^2$)			Диаметр шарика D (мм)			Квадрат отношения испыт.усилия –диаметр индентора ($0.102F/D^2$)		
			30	10	2.5				30	10	2.5
			Испытат. усилие F (Н)						Испытат. усилие F (Н)		
!0	5	2.5	29420 7355 1839	9807 2452	2452	10	5	2.5	29420 7355 1839	9807 2452	2452
Средний диаметр отметки d(мм)			Твердость по Бринеллю (HBW)			Средний диаметр отметки d(мм)			Твердость по Бринеллю (HBW)		
4.2	2.1	1.05	207	68.8	17.2	4.5	2.25	1.125	179	59.5	14.9
4.21	2.105	1.0525	205	68.5	17.1	4.51	2.255	1.1275	178	59.3	14.8
4.22	2.11	1.055	204	68.2	17	4.52	2.26	1.13	177	59	14.7
4.23	2.115	1.0575	203	67.8	17	4.53	2.265	1.1325	176	58.7	14.7
4.24	2.12	1.06	202	67.5	16.9	4.54	2.27	1.135	175	58.4	14.6
4.25	2.125	1.0625	201	67.2	16.8	4.55	2.275	1.1375	174	58.2	14.5
4.26	2.13	1.065	200	66.8	16.7	4.56	2.28	1.14	174	57.9	14.5
4.27	2.135	1.0675	199	66.5	16.6	4.57	2.285	1.1425	173	57.6	14.4
4.28	2.14	1.07	198	66.2	16.5	4.58	2.29	1.145	172	57.3	14.3
4.29	2.145	1.0725	198	65.9	16.5	4.59	2.295	1.1475	171	57.1	14.3
4.3	2.15	1.075	197	65.5	16.4	4.6	2.3	1.15	170	56.8	14.2

4.31	2.155	1.0775	196	65.2	16.3	4.61	2.305	1.1525	170	56.6	14.1
4.32	2.16	1.08	195	64.9	16.2	4.62	2.31	1.155	169	56.3	14.1
4.33	2.165	1.0825	194	64.6	16.1	4.63	2.315	1.1575	168	56	14
4.34	2.17	1.085	193	64.3	16.1	4.64	2.32	1.16	167	55.8	13.9
4.35	2.175	1.0875	192	64	16	4.65	2.325	1.1625	167	55.5	13.9
4.36	2.18	1.09	191	63.6	15.9	4.66	2.33	1.165	166	55.3	13.8
4.37	2.185	1.0925	190	63.3	15.8	4.67	2.335	1.1675	165	55	13.8
4.38	2.19	1.095	189	63	15.8	4.68	2.34	1.17	164	54.8	13.7
4.39	2.195	1.0975	188	62.7	15.7	4.69	2.345	1.1725	164	54.5	13.6
4.4	2.2	1.1	187	62.4	15.6	4.7	2.35	1.175	163	54.3	13.6
4.41	2.205	1.1025	186	62.1	15.5	4.71	2.355	1.1775	162	54	13.5
4.42	2.21	1.105	186	61.8	15.5	4.72	2.36	1.18	161	53.8	13.4
4.43	2.215	1.1075	185	61.5	15.4	4.73	2.365	1.1825	161	53.5	13.4
4.44	2.22	1.11	184	61.2	15.3	4.74	2.37	1.185	160	53.3	13.3
4.45	2.225	1.1125	183	61	15.2	4.75	2.375	1.1875	159	53.1	13.3
4.46	2.23	1.115	182	60.7	15.2	4.76	2.38	1.19	158	52.8	13.2
4.47	2.235	1.1175	181	60.4	15.1	4.77	2.385	1.1925	158	52.6	13.1
4.48	2.24	1.12	180	60.1	15	4.78	2.39	1.195	157	52.4	13.1
4.49	2.245	1.1225	179	59.8	14.9	4.79	2.395	1.1975	156	52.1	13

Приложение 2 (продолжение)

Диаметр шарика D (мм)			Квадрат отношения испыт.усилия –диаметр индентора ($0.102F/D^2$)			Диаметр шарика D (мм)			Квадрат отношения испыт.усилия –диаметр индентора ($0.102F/D^2$)		
			30	10	2.5				30	10	2.5
			Испытат. усилие F (Н)						Испытат. усилие F (Н)		
10	5	2.5	29420 7355 1839	9807 2452	2452	10	5	2.5	29420 7355 1839	9807 2452	2452
Средний диаметр отметки d(мм)			Твердость по Бринеллю (HBW)			Средний диаметр отметки d(мм)			Твердость по Бринеллю (HBW)		
4.8	2.4	1.2	156	51.9	13	5.1	2.55	1.275	137	45.5	11.4
4.81	2.405	1.2025	155	51.7	12.9	5.11	2.555	1.2775	136	45.4	11.3
4.82	2.41	1.205	154	51.4	12.9	5.12	2.56	1.28	135	45.2	11.3
4.83	2.415	1.2075	154	51.2	12.8	5.13	2.565	1.2825	135	45	11.2
4.84	2.42	1.21	153	51	12.7	5.14	2.57	1.285	134	44.8	11.2
4.85	2.425	1.2125	152	50.7	12.7	5.15	2.575	1.2875	134	44.6	11.1
4.86	2.43	1.215	152	50.5	12.6	5.16	2.58	1.29	133	44.4	11.1
4.87	2.435	1.2175	151	50.3	12.6	5.17	2.585	1.2925	133	44.2	11.1
4.88	2.44	1.22	150	50.1	12.5	5.18	2.59	1.295	132	44	11
4.89	2.445	1.2225	150	49.9	12.5	5.19	2.595	1.2975	132	43.9	11
4.9	2.45	1.225	149	49.6	12.4	5.2	2.6	1.3	131	43.7	10.9

4.91	2.455	1.2275	148	49.4	12.4		5.21	2.605	1.3025	130	43.5	10.9
4.92	2.46	1.23	148	49.2	12.3		5.22	2.61	1.305	130	43.3	10.8
4.93	2.465	1.2325	147	49	12.3		5.23	2.615	1.3075	129	43.1	10.8
4.94	2.47	1.235	146	48.8	12.2		5.24	2.62	1.31	129	42.9	10.7
4.95	2.475	1.2375	146	48.6	12.1		5.25	2.625	1.3125	128	42.8	10.7
4.96	2.48	1.24	145	48.4	12.1		5.26	2.63	1.315	128	42.6	10.6
4.97	2.485	1.2425	144	48.2	12		5.27	2.635	1.3175	127	42.4	10.6
4.98	2.49	1.245	144	47.9	12		5.28	2.64	1.32	127	42.2	10.6
4.99	2.495	1.2475	143	47.7	11.9		5.29	2.645	1.3225	126	42.1	10.5
5	2.5	1.25	143	47.5	11.9		5.3	2.65	1.325	126	41.9	10.5
5.01	2.505	1.2525	142	47.3	11.8		5.31	2.655	1.3275	125	41.7	10.4
5.02	2.51	1.255	141	47.1	11.8		5.32	2.66	1.33	125	41.6	10.4
5.03	2.515	1.2575	141	46.9	11.7		5.33	2.665	1.3325	124	41.4	10.3
5.04	2.52	1.26	140	46.7	11.7		5.34	2.67	1.335	124	41.2	10.3
5.05	2.525	1.2625	140	46.5	11.6		5.35	2.675	1.3375	123	41	10.3
5.06	2.53	1.265	139	46.3	11.6		5.36	2.68	1.34	123	40.9	10.2
5.07	2.535	1.2675	138	46.1	11.5		5.37	2.685	1.3425	122	40.7	10.2
5.08	2.54	1.27	138	45.9	11.5		5.38	2.69	1.345	122	40.5	10.1
5.09	2.545	1.2725	137	45.7	11.4		5.39	2.695	1.3475	121	40.4	10.1

NDT

Приложение 2 (продолжение)

Диаметр шарика D (мм)			Квадрат отношения испыт.усилия –диаметр индентора ($0.102F/D^2$)			Диаметр шарика D (мм)			Квадрат отношения испыт.усилия –диаметр индентора ($0.102F/D^2$)		
			30	10	2.5				30	10	2.5
			Испытат. усилие F (Н)						Испытат. усилие F (Н)		
10	5	2.5	29420 7355 1839	. 9807 2452	2452	10	5	2.5	29420 7355 1839	9807 2452	2452
Средний диаметр отметки d(мм)			Твердость по Бринеллю (HBW)			Средний диаметр отметки d(мм)			Твердость по Бринеллю (HBW)		
5.4	2.7	1.35	121	40.2	10.1	5.71	2.855	1.4275	107	35.6	8.89
5.41	2.705	1.3525	120	40.1	10	5.72	2.86	1.43	106	35.4	8.86
5.42	2.71	1.355	120	39.9	9.97	5.73	2.865	1.4325	106	35.3	8.82
5.43	2.715	1.3575	119	39.7	9.93	5.74	2.87	1.435	105	35.2	8.79
5.44	2.72	1.36	119	39.6	9.89	5.75	2.875	1.4375	105	35	8.76
5.45	2.725	1.3625	118	39.4	9.85	5.76	2.88	1.44	105	34.9	8.72
5.46	2.73	1.365	118	39.3	9.82	5.77	2.885	1.4425	104	34.8	8.69
5.47	2.735	1.3675	117	39.1	9.78	5.78	2.89	1.445	104	34.6	8.66
5.48	2.74	1.37	117	38.9	9.74	5.79	2.895	1.4475	103	34.5	8.62
5.49	2.745	1.3725	116	38.8	9.7	5.8	2.9	1.45	103	34.4	8.59
5.5	2.75	1.375	116	38.6	9.66	5.81	2.905	1.4525	103	34.2	8.56

5.51	2.755	1.3775	115	38.5	9.62		5.82	2.91	1.455	102	34.1	8.52
5.52	2.76	1.38	115	38.3	9.58		5.83	2.915	1.4575	102	34	8.49
5.53	2.765	1.3825	115	38.2	9.54		5.84	2.92	1.46	101	33.8	8.46
5.54	2.77	1.385	114	38	9.51		5.85	2.925	1.4625	101	33.7	8.43
5.55	2.775	1.3875	114	37.9	9.47		5.86	2.93	1.465	101	33.6	8.39
5.56	2.78	1.39	113	37.7	9.43		5.87	2.935	1.4675	100	33.4	8.36
5.57	2.785	1.3925	113	37.6	9.39		5.88	2.94	1.47	99.9	33.3	8.33
5.58	2.79	1.395	112	37.4	9.36		5.89	2.945	1.4725	99.6	33.2	8.3
5.59	2.795	1.3975	112	37.3	9.32		5.9	2.95	1.475	99.2	33.1	8.27
5.6	2.8	1.4	111	37.1	9.28		5.91	2.955	1.4775	98.8	32.9	8.24
5.61	2.805	1.4025	111	37	9.25		5.92	2.96	1.48	98.4	32.8	8.2
5.62	2.81	1.405	111	36.8	9.21		5.93	2.965	1.4825	98.1	32.7	8.17
5.63	2.815	1.4075	110	36.7	9.17		5.94	2.97	1.485	97.7	32.6	8.14
5.64	2.82	1.41	110	36.6	9.14		5.95	2.975	1.4875	97.3	32.4	8.11
5.65	2.825	1.4125	109	36.4	9.1		5.96	2.98	1.49	97	32.3	8.08
5.66	2.83	1.415	109	36.3	9.07		5.97	2.985	1.4925	96.6	32.2	8.05
5.67	2.835	1.4175	108	36.1	9.03		5.98	2.99	1.495	96.2	32.1	8.02
5.68	2.84	1.42	108	36	9		5.99	2.995	1.4975	95.9	32	7.99
5.69	2.845	1.4225	108	35.8	8.96		6	3	1.5	95.5	31.8	7.96
5.7	2.85	1.425	107	35.7	8.92							

Приложение 3: Таблица отношения среднего диаметра отметки и минимальной толщины образца

Средний диаметр отметки d(мм)	Минимальная толщина образца (мм)		
	Диаметр шарика		
	D=2.5мм	D=5мм	D=10мм
0.6	0.29		
0.7	0.4		
0.8	0.53		
0.9	0.67		
1	0.83		
1.1	1.02		
1.2	1.23	0.58	
1.3	1.46	0.69	
1.4	1.72	0.8	
1.5	2	0.92	
1.6		1.05	
1.7		1.19	
1.8		1.34	
1.9		1.5	

2		1.67	
2.2		2.04	
2.4		2.46	1.17
2.6		2.92	1.38
2.8		3.43	1.6
3		4	1.84
3.2			2.1
3.4			2.38
3.6			2.68
3.8			3
4			3.34
4.2			3.7
4.4			4.08
4.6			4.48
4.8			4.91
5			5.36
5.2			5.83
5.4			6.33
5.6			6.86
5.8			7.42
6			8

NDT