

ВВЕДЕНИЕ.

МЕТОД БРИНЕЛЛЯ.

Под твёрдостью понимают сопротивление материала проникновению в него другого более твёрдого тела.

Твёрдость – не фундаментальное свойство материала, а реакция на определённый метод испытаний. В основном, величины твёрдости произвольны, и не имеется никаких абсолютных стандартов для твёрдости. Твёрдость не имеет никакого количественного значения – именно поэтому при указании твёрдости непременно указывается метод измерения твёрдости, которым она была получена (напр. HB, HRC, HV, HL и т.д.)

• **Метод Бринелля (HB)**, предложен в 1900г шведским инженером Юханом Августом Бринеллем и стал первым, широко используемым и стандартизированным методом определения твёрдости в материаловедении. Для обозначения твёрдости по Бринеллю используется символ **HB** (англ. Hardness Brinell – Твёрдость по Бринеллю).

Для измерения твёрдости по методу Бринелля используется прибор стационарного типа с большим весом и габаритами. Такой прибор удобен только в лаборатории и конструктивно он не способен измерять твёрдость изделий большого размера, которые не умещаются на предметном столике прибора.

Твердомер Польди-Хютте. На рубеже 1920-х годов в Чехии (г. Кладно) на металлургическом заводе “Poldi Hütte” (существует по настоящее время, сайт www.poldi.cz) инженерами был разработан простой и удобный прибор для определения твёрдости по Бринеллю в цеховых условиях. Благодаря простоте и надёжности твердомер Польди-Хютте быстро получил широкое распространение в производственной практике по всему миру, в т.ч. и в СССР.

Преимущество метода Польди-Хютте: прибор позволяет точнее определять твёрдость при не полностью сошлифованном обезуглероженном слое, так как даёт большую глубину сегментного отпечатка (лунки) по сравнению с переносными твердомерами статического и динамического действия.

Недостатки метода Польди-Хютте:

• в методе не учитывается то важное обстоятельство, что различные материалы обладают разной чувствительностью к переходу от статического к динамическому нагружению; величина отпечатков после ударной нагрузки изменяется по разному в зависимости от упругости испытуемого образца и эталона. Значения ударной твёрдости HP (англ. Hardness Poldi – Твёрдость по Польди) близки к действительным (т.е. измеренным на стационарном приборе Бринелля) только при условии, что твёрдость эталона близка к твёрдости испытуемого изделия. Совпадение же одинаковой упругости у образца и эталона может быть только случайным.

• Погрешность может колебаться в разных случаях 5 ... 20 %. Поэтому указанный метод применим лишь для сравнительной оценки твёрдости по сравнению с твёрдостью эталона.

Для точного замера твёрдости методом ударного отпечатка необходимо условие: твёрдости эталонного бруска (меры твёрдости) и детали должны быть близкими между собой. Для этого необходимо иметь в наборе эталонные бруски с различной твёрдостью по Бринеллю.

Усовершенствование прибора Польди-Хютте в СССР:

В 1948 г Ф.Ф. Витаман и Б.С. Иоффе предложили вместо шарика применить двусторонний конус с углом при вершине 90°. Прибор обладает заметными преимуществами перед стандартным прибором Польди-Хютте, поскольку обеспечивает условие подобия отпечатков во всех случаях ударного нагружения независимо от реализованной скорости удара.

Указанный метод предназначен в основном для оценки динамической твёрдости материалов. Он также может применяться для сравнительной оценки твёрдости материалов, т.к. динамическая твёрдость по конусу с углом 90° не равна стандартной статической твёрдости по Бринеллю. Как указывают Витаман и Иоффе, необходимость в динамической тарировке эталона отпадает, если в качестве последнего принять материал (например дюралюминий), твёрдость которого не изменяется в значительном интервале скоростей внедрения. В остальных случаях рекомендуется подбирать эталон, близкий по твёрдости к испытуемому материалу, или тарировать его при такой же скорости внедрения, как и при испытании.

1. НАЗНАЧЕНИЕ.

Твердомер Польди-Хютте предназначен для измерения твёрдости металлов по Бринеллю методом ударного отпечатка в соответствии с ГОСТ 18661 – 73. Метод Польди (двойного отпечатка шарика) – при ударе молотка по верхней части твердомера стальной шарик диаметром 10 мм вдавливаются одновременно в контролируемую деталь и эталонный брусок (меру твёрдости), образуя при вдавливании лунки на обоих изделиях. После этого с помощью микроскопа производится измерение диаметров отпечатков (лунок) и твёрдость детали по Бринеллю определяется с помощью прилагаемых Таблиц.

В первую очередь твердомер Польди-Хютте предназначен для измерения твёрдости чёрных и цветных металлов:

- Необработанной стали или отожжённой стали (кроме аустенитной стали);
- Улучшенной закалённой или закалённой, а затем отпущенной стали (кроме аустенитной стали);
- Чугуна;
- Латунных отливок и проката;
- Медного проката;
- Оловянистой бронзы;
- Отливок из алюминиевых сплавов.

Преимущества твердомера Польди-Хютте:

- имеет меньшую погрешность при испытании металлов с высокой шероховатостью по сравнению с твердомерами стационарного и динамического типов, т.к. диаметр отпечатка (лунки) значительно больше и относительная погрешность меньше. Большой размер отпечатка при одинаковой точности измерения позволяет получать меньшую относительную погрешность.
- позволяет точнее определять твёрдость при не полностью сошлифованном обезуглероженном слое, так как даёт большую глубину сегментного отпечатка (лунки) по сравнению с переносными твердомерами статического и динамического действия.

Твердомер Польди-Хютте рекомендован для определения твёрдости:

- **Арматуры**

Москомархитектура – “Рекомендации по обследованию и мониторингу технического состояния эксплуатируемых зданий, расположенных вблизи нового строительства или реконструкции”. Указание Москомархитектуры от 18.11.1998 N 39.

ОАО "ЦНИИПромзданий" – определение прочностных характеристик: “Пособие по проектированию МДС 13-20.2004”.

- **Сварных швов:**

Минэнерго России – РД 153-34.1-003-01 “Сварка, термообработка и контроль трубных систем котлов и трубопроводов при монтаже и ремонте энергетического оборудования”.

Минэнерго России – СО 153-34.17.440-2003 “Инструкция по продлению срока эксплуатации паровых турбин сверх паркового ресурса”.

Минтопэнерго России – СП 34-116-97 “Инструкция по проектированию, строительству и реконструкции промышленных нефтегазопроводов” для контроля сварных соединений трубопроводов, транспортирующих сероводородосодержащие продукты.

ОАО "Газпром" – ВРД 39-1.11-014-2000. “Методические указания по освидетельствованию и идентификации стальных труб для газонефтепроводов”.

Котлонадзор – “Эксплуатация объектов котлонадзора. Справочник от 01.01.96 Официальное издание” для измерений на наплавленном металле сварного соединения, в частности при контроле твёрдости наплавленного металла сварных соединений паропроводов, выполняемого с целью проверки состояния металла после отпуска.

Число твёрдости испытываемого материала обозначается НР (Hardness Poldi) и определяется по формуле:

$$NR = HB \cdot \frac{F_{\text{Э}}}{F_{\text{И}}}$$

где:

- **НВ** - число твёрдости эталонного бруска в единицах Бринелля;
- **F_Э** - площадь поверхности отпечатка на эталонном бруске (мере твёрдости);
- **F_И** - площадь поверхности отпечатка на испытываемом образце (контролируемом изделии).

Для удобства и простоты пользования разработаны Таблицы для различных металлов, которые прилагаются к прибору.

Твердомер Польди-Хютте показывает приближенные результаты, поскольку твёрдость эталонного бруска НВ определяется при статическом вдавливании по методу Бринелля, а твердость исследуемого образца НР при динамическом вдавливании. Динамическая твёрдость материала заметно выше статической.

2. УСЛОВИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ КОНТРОЛЯ ТВЁРДОСТИ.

2.1. Требования к контролируемому изделию:

На время проведения измерений изделие должно находиться в разгруженном состоянии от основных рабочих нагрузок. Использование зажимов или тисков для фиксации изделий недопустимо, т.к. в этом случае изделие испытывает нагрузку и давление – измеренные значения твёрдости будут некорректны. Если изделие имеет небольшие размеры, то его устанавливают на массивной подставке так, чтобы они плотно прилегали друг к другу.

2.2. Требования к поверхности контролируемого изделия:

2.2.1. **Чистота.** Все методы испытания на твёрдость требуют гладких поверхностей, свободных от влаги, загрязнений (окалина, масло, пыль и т.п.), ржавчины, наклёпа, краски, смазочных материалов, пластмассовых покрытий, предназначенных для защиты от коррозии или металлического покрытия для лучшей проводимости.

2.2.2. **Шероховатость** должна соответствовать параметрам, указанным в технических характеристиках твердомера. Слишком большие неровности (шероховатости) поглощают энергию удара, что приводит к некорректному измерению. Глубина проникновения должна быть больше в сравнении с шероховатостью поверхности.

2.2.3. **Подготовка поверхности** должна производиться осторожно, чтобы не изменить поверхностную твёрдость из-за перегрева или переохлаждения. Для подготовки поверхности рекомендуется использовать шлифовальную машинку. Рекомендуемая глубина снимаемого слоя для ковано-штампованной поверхности, для труб и поверхности литых деталей – до чистого металла.

3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ.

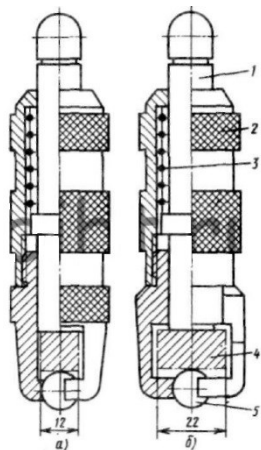
Измерение твёрдости методом ударного отпечатка (метод Польшди – двойного отпечатка) в соответствии с ГОСТ 18661 – 73	ДА
Шкала Бринелля – измеряемый диапазон: <ul style="list-style-type: none"> • Стальной шарик с твёрдостью ~ 850 HV10 • Твёрдосплавный шарик с твёрдостью ~ 1500 HV10 	150 ... 450 HB 150 ... 650 HB
Погрешность по шкале Бринелля	±5 ... 7 %
Диаметр индентора (стального шарика)	10 мм
Ресурс индентора-стального шарика с твёрдостью ~ HV 850 (минимальное кол-во измерений)	500
Шероховатость контролируемой поверхности, не более (R _a)	8 мкм
Радиус кривизны измеряемой поверхности без использования, не менее	50 мм
Минимальное расстояние между:	
Центрами соседних точек измерений (лунками)	10 мм
Центром точки измерения и краем поверхности изделия	5 мм
Минимально необходимый диаметр подготовленной поверхности для проведения измерений	20 мм
Кратность отсчётного микроскопа	20X
Эталонный брусок (мера твёрдости) с 2-мя рабочими поверхностями (имеют поверочные отпечатки)	197±17 HBS
Количество измерений на эталонном бруске (мере твёрдости) размером 12*12*150	~ 40
Масса твердомера (без меры твёрдости)	330 гр.
Габаритные размеры (В*Ш)	110*25 мм
Масса приборного ящика из дерева с укомплектованным твердомером	1400 гр.
Габаритные размеры приборного ящика из дерева (В*Ш*Г)	83*220*155 мм
Гарантийный срок эксплуатации	1 год
Ресурс (наработка) твердомера, не менее	7 лет

4. КОМПЛЕКТНОСТЬ.

БАЗОВАЯ КОМПЛЕКТАЦИЯ (вкл. в стоимость твердомера)	
Наименование	Кол-во, шт.
Твердомер со стальным шариком 10 мм с твёрдостью ~ 850 HV10	1
Отсчётный микроскоп (аналог МПБ-2)	1
Эталонный брусок (мера твёрдости 197±17HBS)	2
Паспорт	1
Приборный ящик из дерева	1



5. УСТРОЙСТВО ТВЕРДОМЕРА.



1. Боек.
2. Корпус державки.
3. Спиральная пружина, опирающаяся на заплечики бойка.
4. Эталонный брусок (мера твёрдости).
5. Шариковый индентор – стальной шарик Ø 10 мм.

6. РАБОТА С ТВЕРДОМЕРОМ.

<p>Зачистите поверхность изделия в точке измерения (п.2.2.)</p>																																																																			
<p>Вставьте эталонный брусок (меру твёрдости) в нижнюю часть твердомера так чтобы пружина внутри корпуса через боёк-шток плотно прижала эту меру твёрдости к стальному шарик.</p>																																																																			
<p>Разместите твердомер перпендикулярно к поверхности контролируемого изделия в той точке, которую предварительно зачистили от загрязнений, окалины и т.п.</p>																																																																			
<p>Нанесите молотком быстрый удар в верхнюю часть бойка-штока твердомера. Сила удара – примерно как при забитии гвоздя в деревянную доску. Важно! Повторные удары в ту же точку на мере твёрдости и на изделии запрещены. Расстояние между центрами соседних отпечатков должно быть не менее двух диаметров шариков, а расстояние от края контролируемого изделия – не менее одного диаметра.</p>																																																																			
<p>Метод двойного отпечатка – после удара молотком Вы получите отпечаток на мере твёрдости и на контролируемом изделии. Важно! Диаметр отпечатка на мере твёрдости не должен превышать 4,2 мм. В случае превышения произведите повторное измерение с уменьшенной силой удара молотком.</p>																																																																			
<p>Измерьте диаметр обоих отпечатков (на изделии и на мере твёрдости) при помощи отсчётного микроскопа типа МПБ-2 или его аналога. Если отпечаток имеет овальную форму – следует использовать усреднённый диаметр.</p>																																																																			
<p>После измерения диаметров отпечатков воспользуйтесь одной из прилагаемых Таблиц для определения числа твёрдости контролируемого изделия.</p>	<table border="1" style="font-size: small;"> <thead> <tr> <th>Диаметр отпечатка на эталоне, мм</th> <th>Диаметр отпечатка на изделии, мм</th> <th>Число твёрдости</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1,0</td><td>1,0</td><td>100</td></tr> <tr><td>1,1</td><td>1,1</td><td>90</td></tr> <tr><td>1,2</td><td>1,2</td><td>80</td></tr> <tr><td>1,3</td><td>1,3</td><td>70</td></tr> <tr><td>1,4</td><td>1,4</td><td>60</td></tr> <tr><td>1,5</td><td>1,5</td><td>50</td></tr> <tr><td>1,6</td><td>1,6</td><td>40</td></tr> <tr><td>1,7</td><td>1,7</td><td>30</td></tr> <tr><td>1,8</td><td>1,8</td><td>20</td></tr> <tr><td>1,9</td><td>1,9</td><td>10</td></tr> <tr><td>2,0</td><td>2,0</td><td>0</td></tr> <tr><td>2,1</td><td>2,1</td><td>10</td></tr> <tr><td>2,2</td><td>2,2</td><td>20</td></tr> <tr><td>2,3</td><td>2,3</td><td>30</td></tr> <tr><td>2,4</td><td>2,4</td><td>40</td></tr> <tr><td>2,5</td><td>2,5</td><td>50</td></tr> <tr><td>2,6</td><td>2,6</td><td>60</td></tr> <tr><td>2,7</td><td>2,7</td><td>70</td></tr> <tr><td>2,8</td><td>2,8</td><td>80</td></tr> <tr><td>2,9</td><td>2,9</td><td>90</td></tr> <tr><td>3,0</td><td>3,0</td><td>100</td></tr> </tbody> </table>	Диаметр отпечатка на эталоне, мм	Диаметр отпечатка на изделии, мм	Число твёрдости	1,0	1,0	100	1,1	1,1	90	1,2	1,2	80	1,3	1,3	70	1,4	1,4	60	1,5	1,5	50	1,6	1,6	40	1,7	1,7	30	1,8	1,8	20	1,9	1,9	10	2,0	2,0	0	2,1	2,1	10	2,2	2,2	20	2,3	2,3	30	2,4	2,4	40	2,5	2,5	50	2,6	2,6	60	2,7	2,7	70	2,8	2,8	80	2,9	2,9	90	3,0	3,0	100
Диаметр отпечатка на эталоне, мм	Диаметр отпечатка на изделии, мм	Число твёрдости																																																																	
1,0	1,0	100																																																																	
1,1	1,1	90																																																																	
1,2	1,2	80																																																																	
1,3	1,3	70																																																																	
1,4	1,4	60																																																																	
1,5	1,5	50																																																																	
1,6	1,6	40																																																																	
1,7	1,7	30																																																																	
1,8	1,8	20																																																																	
1,9	1,9	10																																																																	
2,0	2,0	0																																																																	
2,1	2,1	10																																																																	
2,2	2,2	20																																																																	
2,3	2,3	30																																																																	
2,4	2,4	40																																																																	
2,5	2,5	50																																																																	
2,6	2,6	60																																																																	
2,7	2,7	70																																																																	
2,8	2,8	80																																																																	
2,9	2,9	90																																																																	
3,0	3,0	100																																																																	

Инструкция по пользованию Таблицами.

Сначала найдите таблицу, соответствующую материалу контролируемого изделия. В этой таблице найдите заголовок «Диаметр отпечатка на мере твёрдости» и найдите вертикальную колонку со значением, равным диаметру отпечатка, полученному в результате измерения на мере твёрдости. Затем под заголовком «Диаметр отпечатка на контролируемом изделии» найдите горизонтальный ряд со значением, соответствующим диаметру полученного отпечатка на испытуемом изделии. В месте пересечения колонок Вы найдёте искомое значение твёрдости по Бринеллю.

Коэффициент пропорциональности. Все числа, приведённые в Таблице, основаны на мере, твёрдость которой составляет 197 HBS. На всех мерах твёрдости, прилагаемых к твердомеру, электрогравировкой нанесено реальное число твёрдости по Бринеллю и коэффициент пропорциональности, используемый для преобразования. Таким образом, если твёрдость меры выше или ниже 197 HBS, то числовое значение, найденное по таблице перевода, должно быть умножено на коэффициент пропорциональности, нанесённый на мере твёрдости. Результатом будет твёрдость изделия по Бринеллю.

Пример для Таблицы 1.

Предполагается что контролируемое изделие выполнено из термически необработанной стали или отожжённой стали. Полученные результаты:

- 2,3 мм – диаметр отпечатка, оставленный стальным шариком на мере твёрдости.
- 2,5 мм – диаметр отпечатка, оставленный стальным шариком на контролируемом изделии.

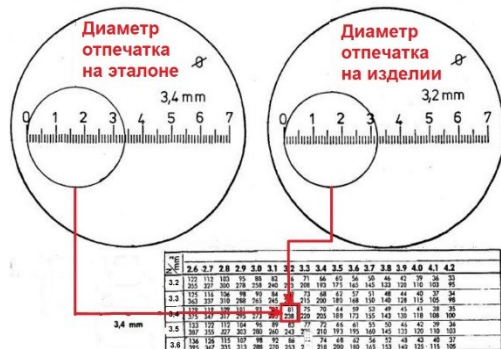
По таблице определяем, что в перекрестии указанных значений находится число 150.

Вариант 1. Проведение измерения с мерой, твёрдость которой составляет 197 HBS (на мере твёрдости выгравирован коэффициент 1,00).

Умножаем 150 на коэффициент пропорциональности 1 и получаем твёрдость изделия по Бринеллю равную **150 HBS**.

Вариант 2. Проведение измерения с мерой, твёрдость которой составляет 193 HBS (на мере твёрдости выгравирован коэффициент 0,48).

Умножаем 150 на коэффициент пропорциональности 0,48 и получаем твёрдость изделия по Бринеллю равную **72 HBS**.



7. ОБСЛУЖИВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ.

После проведения 1000...2000 измерений верхняя часть бойка-штока может быть деформирована из-за ударов молотка. В этом случае его рекомендуется зачистить при помощи наждачного круга и шлифовальной машинки.

Для смазки пружины внутри корпуса твердомера допускается использование машинного масла.

Хранить твердомер рекомендуется при комнатной температуре и влажности в упаковочном футляре.

Дата продажи: _____