



КОНСТАНТА
ПРИОБЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ



КОНСТАНТА КТ

**МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ
ПОРТАТИВНЫЙ ТВЕРДОМЕР**



КОНСТАНТА

ПРИБОРЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

**В настоящем каталоге представлена
продукция, разработанная и произведенная
группой компаний «КОНСТАНТА»:**

ООО «КОНСТАНТА»

ИНН 7805666639

генеральный директор Сясько В. А.

ООО «КОНСТАНТА»

ИНН 7805666822

генеральный директор Коротеев М. Ю.

ООО «К-М»

ИНН 7805381224

генеральный директор Пилатов Е. В.

ООО «Константа УЗК»

ИНН 7805304597

генеральный директор Сясько В. А.

Электронная почта: office@constanta.ru

Тел.: (812) 372-29-03, -04

www.constanta.ru

www.constanta-us.com



Содержание

Введение.....	2
Особенности методов измерения твердости с использованием портативных приборов.....	3
Многофункциональный портативный твердомер «Константа КТ»	6
Измерительные преобразователи по методу Либа.....	9
Измерительные преобразователи по методу UCI	12
Измерительные преобразователи по методу PortableRockwell	15
Методические принципы комплексного подхода для контроля твердости	18
Взаимное соответствие различных шкал твердости	19

Введение

Развитие технического прогресса в последние годы приводит к постоянному росту требований, предъявляемых к металлическим конструкциям, изделиям и компонентам технологического оборудования. Это обуславливает необходимость контроля свойств и характеристик используемых материалов, включая количественную оценку их механических свойств. Одной из важнейших механических характеристик, определяющих состояние металла, его прочностные и эксплуатационные характеристики, является его твердость.

Измерения твердости широко распространены в промышленности при контроле характеристик материалов и изделий в процессе производства и эксплуатации. Контроль твердости сталей, как правило, осуществляется по методам Бринелля, Виккерса или Роквелла. Приборы, осуществляющие измерение значений статической твердости по этим шкалам, в большинстве случаев, представляют собой стационарные установки. При контроле крупногабаритных деталей или элементов оборудования, необходима вырезка специальных образцов, которая приводит к нарушению целостности, что в большинстве случаев недопустимо. Ввиду этого в текущей практике контроля твердости металлов все чаще применяются портативные твердомеры, реализующие динамический метод Либа (Leeb), статический метод PortableRockwell (PR) и метод ультразвукового контактного импеданса (UCI). Измерительные преобразователи портативных твердомеров обладают малыми габаритами и возможностью использования вне центральных заводских лабораторий непосредственно на поверхности металлических изделий объектов машиностроения, транс-

порта, энергетики и т. п. В виду того, что разработка любой новой процедуры испытаний означает так же введение новой шкалы твердости, в данных приборах для получения значений твердости в стандартизованных шкалах Бринелля, Виккерса или Роквелла используются стандартизованные переводные таблицы или таблицы и градуировочные характеристики, полученные пользователем на основе экспериментальных данных. Как было указано выше, в случае необходимости получения действительных значений твердости по шкалам Бринелля, Виккерса или Роквелла, предпочтительно использование стационарных установок измерения твердости. Тем не менее, из-за сравнительно быстрой и легкой процедуры испытания, портативные твердомеры используются повсеместно.

Представленный в данной брошюре твердомер «Константа КТ» с комплектом измерительных преобразователей позволяет проводить измерения тремя наиболее распространенными методами измерения твердости, реализуемыми портативными твердомерами. Пользователь может выбрать один из методов, в соответствии с задачами, либо использовать все три типа преобразователей для повышения точности и достоверности измерений. Понимание задач, особенностей испытуемого образца и специфики использования измерительных преобразователей, реализующих методы измерения по Либу, PR или UCI, поможет Вам подобрать оптимальный метод измерения и определить, какие параметры испытуемого образца и условий работы необходимо учитывать для получения достоверных результатов измерений.

Особенности методов измерения твердости с использованием портативных приборов

Выбор подходящего метода измерений и реализующего его измерительного преобразователя портативного твердомера зависит от особенностей поставленной задачи. При принятии решения об использовании того или иного метода необходимо учитывать:

- механические свойства и структуру материала испытываемого образца.
- геометрические размеры испытываемого образца и области измерений;
- массу испытываемого образца;
- свойства поверхности в области измерений, включая параметры шероховатости, наличие упрочненного слоя, толщину покрытий и т. д.;
- условия проведения измерений, а также время и стоимость одного измерения.

Решение должно приниматься на основе комплексного анализа параметров испытываемого образца, а также преимуществ и ограничений выбранных методов. Для получения достоверных результатов измерений следует учитывать шероховатость образца и размеры отпечатка индентора, а также необходимость обеспечения глубины внедрения, превышающей характерные размеры структурных составляющих (зерен) материала. Также необходимо принимать во внимание требования, которые могут присутствовать в нормативной документации на изделие, либо на допустимые методы, используемые при оценке его свойств.

При выборе измерительного преобразователя необходимо учитывать специфику применяемого метода испытаний. Представленные методы обладают достоинствами и ограничениями, которые изложены ниже.

Метод Либа

Достоинства: простота измерений; большая площадь отпечатка уменьшает влияние зернистости, поверхностных слоев и шероховатости на разброс показаний; разные типы преобразователей позволяют решать различные задачи; наличие международного стандарта и государственных первичных эталонов дает возможность обеспечить метрологическую прослеживаемость по шкалам Либа (выполнять калибровку в соответствии с ISO 17025).

Ограничения: требования к минимальной массе и толщине стенок изделия, толщине покрытий при измерении твердости покрытий, наличие видимых отпечатков на гладких полированных поверхностях. Числа твердости по Либу зависят от модуля упругости материала и имеют невысокую степень корреляции со статической твердостью.

Метод UCI

Достоинства: возможность локальных измерений на тонкостенных изделиях и объектах с малой массой. Применим для тонких покрытий. В случае правильной калибровки (введения поправки на модуль упругости) показания пропорциональны статической твердости по Виккерсу.

Ограничения: требования к минимальной массе, размерам и толщине стенок изделия, толщине покрытий при измерении твердости покрытий. Неопределенность результатов измерений может возрастать на материалах с высокой твердостью.

Метод PR

Достоинства: метод в наибольшей степени (по сравнению с другими методами, реализуемыми портативными твердомерами) близок к методу Роквелла (шкала HRC). Измеряемые значения наиболее близки к статической твердости, измеряемой стандартизованными методами. Использование преобразователя позволяет ввести поправку на влияние модуля упругости материала для методов Либа и UCI. Практически отсутствуют ограничения по массе испытуемого образца.

Ограничения: относительно невысокая скорость проведения испытания. Невозможность контроля в труднодоступных местах. Толщина испытуемых образцов должна быть в 10 раз больше глубины внедрения.

Преимущества применения комплексного подхода с использованием трех преобразователей

- Повышение достоверности результатов измерений за счет сравнения результатов, полученных разными методами.
- Возможность исключить (минимизировать) влияние мешающих параметров, искажающих результаты измерений истинной/реальной (статической) твердости, включая шероховатость, влияние поверхностных слоев, а также других механических свойств материалов (в т.ч. модуля упругости), влияющих на показания портативных твердомеров.
- Возможность решения разных измерительных задач, включая контроль параметров покрытий, тонкостенных объектов (труб), массивных изделий сложной формы и т.д.

Из приведенной выше информации следует, что нет универсального метода, который можно применять для всего спектра задач измерения твердости. Каждый из методов имеет свои достоинства и ограничения и может использоваться для решения конкретных задач. Однако, применение комплексного подхода к контролю твердости позволяет преодолеть ограничения каждого из методов, получить новые возможности для контроля механических свойств материалов и расширить спектр решаемых задач и испытуемых изделий при обеспечении требуемой достоверности измерений.

Рекомендации по выбору преобразователя для решения задач измерения твердости

В приведенной ниже таблице представлены рекомендации по выбору типа измерительного преобразователя для измерения твердости в зависимости от решаемой задачи.

	Leeb	Portable Rockwell	UCI
Нефте- и газоснабжение			
Шов, основной металл и ЗТВ			√
Сосуды давления		√	√
Фланцы	√	√	√
Трубы		√	√
Устьевая арматура		√	√
Автомобилестроение			
Блок цилиндров	√		
Штоки	√	√	√
Панели		√	
Шестеренки	√		√
Тормозная система		√	
Аэрокосмическая область			
Лопатки турбин		√	√
Клепочное соединение		√	
Обшивка		√	
Отливки	√		
Шасси	√		
Машиностроение			
Прокат	√	√	
Пружины	√	√	√
Балки / Трубы	√		√
Закаленные материалы	√		
Тросы		√	

Многофункциональный портативный твердомер «Константа КТ»

Назначение

Портативный прибор с набором сменных преобразователей, предназначенных для достоверного измерения твердости и временного сопротивления (предела прочности) σ_b широкого спектра сталей (углеродистых, низколегированных, высоколегированных, нержавеющей), чугунов и цветных металлов.



Методы измерения твердости

- динамический метод Либа (Leeb) в соответствии со стандартами ISO 16859 (преобразователи D, DC, DL, G, C);
- ультразвуковой метод контактного импеданса (UCI), в соответствии со стандартами ASTM A1038, DIN 50159 (преобразователи U-10N, U-50N, U-100N);
- статический метод PortableRockwell (PR) в соответствии со стандартами DIN 50158 (стали), ASTM B724 (цветные металлы) (преобразователь SPR).

Отличительные особенности

- универсальный прибор, реализующий три метода измерения твердости;
- большое число сменных преобразователей и оснасток для контроля деталей различных форм и размеров;
- возможность проведения сравнительных измерений различными методами для повышения достоверности результатов;
- конвертация результатов измерений в стандартизированные шкалы твердости в соответствии с ASTM E140 и ISO 18265;
- возможность применения в лабораторных и производственных условиях;
- широкий выбор функций и настроек: допусковый контроль, статистическая обработка результатов измерений, запись и хранение результатов в памяти прибора, передача данных в ПК;
- цветной TFT дисплей с диагональю 2,4" и встроенная Li-Ion аккумуляторная батарея;
- ударопрочный эргономичный корпус с прорезиненными вставками, износостойкое стекло;
- расширенный диапазон рабочих температур.

Комплект поставки

Прибор с преобразователями (число и модификация по выбору заказчика), зарядное устройство, руководство по эксплуатации, диск с программой связи с PC и обработки измерительной информации «Constanta-Data», упаковка, кабель связи с компьютером по USB.

Гарантийный срок эксплуатации

- измерительного блока — 1 год;
- преобразователей — 1 год.

Основные технические характеристики

Шкалы твердости	HRC, HB, HV, HRA, HRB, HSD, σ , HL	
Основная погрешность измерения	по Бринеллю, HB	10
	по Роквеллу, HRC	1,5
	по Виккерсу, HV	12
	по Шору, HSD	2
	временного сопротивления σ_b , (предел прочности), %, не более	5
Число замеров для вычисления среднего	До 99	
Число ячеек памяти результатов измерения	До 1000 (с возможностью разбивки на группы)	
Питание: Li-Ion аккумулятор, В	3,7	
Время непрерывной работы, ч	12	
Диапазон рабочих температур, °C	-30...+40 °C	
Габаритные размеры, мм	125 × 55 × 20	
Масса прибора, г	120	

Диапазон измерений твердости

Материалы	Шкала твердости	Leeb				UCI	Portable Rockwell
		D, DC	DL	G	C	U-10N U-50N U-100N	SPR
Сталь нелегированная, низколегированная литьевая	HL	0–1000	0–1000	0–1000	0–1000		
	HB	81–654	81–650	90–646	81–650	81–940	81–654
	HV	81–940	80–950	81–650	81–1012	81–940	81–650
	HRC	21–67	21–67	21–67	20–70	20–68	20–50
	HRA	60–93				60–93	
	HRB	25–100	37–100	48–100		25–100	
	HSD	20–100	31–97		30–102	20–100	
σ , MPA		370–1740	370–1740	370–1740	370–1740	370–1740	
Инструментальная сталь	hl	0–1000	0–1000	0–1000	0–1000		
	hv	85–898	80–905		98–942	85–898	85–654
	hrc	20–67	21–67		20–67	20–67	20–50
Нержавеющая сталь	hl	0–1000	0–1000	0–1000	0–1000		
	hb	85–656	85–666	85–650	85–647	85–655	85–655
	hv	85–802	85–788	85–790	85–691	85–802	85–655
	hrc	19–64	19–62	19–62	19–64	19–64	19–50
Серый чугуn	hl	0–1000	0–1000	0–1000	0–1000		
	hb	93–334	93–334	92–326	93–334	93–334	93–334
Высокопрочный чугуn	hl	0–1000	0–1000	0–1000	0–1000		
	hb	131–387	131–387	127–364	131–387	131–387	131–387
Алюминиевые сплавы	hl	0–1000	0–1000	0–1000	0–1000		
	hb	19–165	20–187	19–168	21–167		
	hv	40–189	40–189	40–189	40–189	40–189	40–189
	hrb	24–85	24–85	28–86	23–85	24–85	
Латунь (медно-цинковый сплав)	hl	0–1000	0–1000	0–1000	0–1000		
	hb	42–169	42–169	42–169	42–169	42–169	42–169
	hv	45–196	45–196	45–196	45–196	45–196	45–196
	hrb	14–195					
Бронза (медно-алюминиевый / медно-оловянный сплав)	hl	0–1000	0–1000	0–1000	0–1000		
	hb	60–290	60–290	60–290	60–290	60–290	60–290
Сварной медный сплав	hl	0–1000	0–1000	0–1000	0–1000		
	hb	45–315	45–315	45–315	45–315	45–315	45–315
	hv	40–130	40–130	40–130	40–130	40–130	40–130

Измерительные преобразователи по методу Либа

Описание метода

При измерении твердости по Либу, движущийся ударник при вертикальном падении сталкивается с поверхностью образца и отскакивает. Скорость ударника измеряется до и после удара. Количество энергии, поглощенное или рассеиваемое испытуемым образцом определяет динамическую твердость по Либу. Предполагается, что ударник не деформируется в процессе измерений.

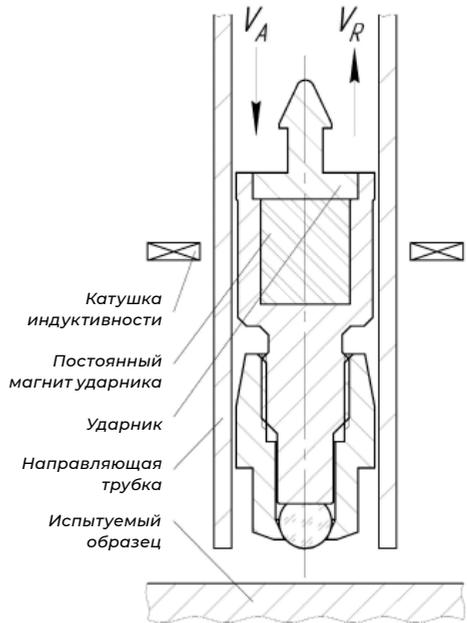
Отношение скоростей падения и отскока определяет коэффициент восстановления для используемой конфигурации ударника и его энергии. Квадрат этого коэффициента представляет часть начальной кинетической энергии, возвращенной ударнику за время контакта при ударе.

$$HL = (V_R/V_A) \cdot 1000,$$

где

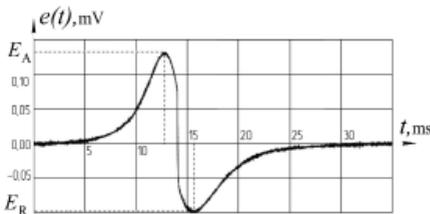
V_R — скорость отскока ударника,

V_A — скорость удара



Принцип работы измерительного преобразователя

В ходе процесса измерения твердости по методу Либа ударник с магнитом, разогнанный с помощью пружины до скорости V_A , пролетая через катушку индуктивности, наводит в ней ЭДС,



Сигнал катушки индуктивности измерительного преобразователя

пропорциональную скорости падения. После взаимодействия с поверхностью испытуемого образца ударник отскакивает со скоростью V_R и, проходя через катушку индуктивности, наводит в ней ЭДС, пропорциональную скорости отскока. На основании полученных значений скоростей твердость по методу Либа вычисляется из выражения:

$$HL = (E_R/E_A) \cdot 1000,$$

где

E_R — амплитуда, пропорциональная V_R ,

E_A — амплитуда, пропорциональная V_A ,

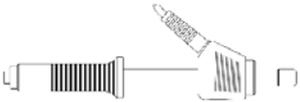
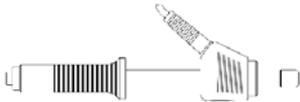
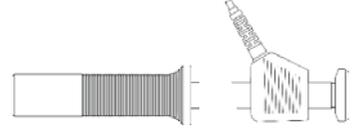
Области применения

Третья буква в обозначении числа твердости HLX (X = D, S, E, DL, D+15, C, G) указывает на используемый тип преобразователя. Преобразователи отличаются друг от друга массой и энергией ударника, материалом индентора (наконечника) и областью их применения. Информация о специфике применения преобразователей D, DL, C и G приведена в таблице. Наиболее часто преобразователи по методу Либа используются для контроля твердости деталей машин, технологического оборудования, трубопроводов, насосов, турбин и т.д.

Специфические особенности

Специфика измерительного процесса накладывает определенные ограничения на область применения данного метода. При проведении испытаний по методу Либа на результат измерений могут влиять толщина и масса детали. Падающий ударник во время контакта с поверхностью испытуемого образца передает часть энергии испытуемому образцу. В случае недостаточной толщины образца или его массы, часть энергии может тратиться на возбуждение колебаний в образце, ведущее к потере

Специфика применения различных типов преобразователей по шкалам Либа

	Назначение	
Тип D		Универсальный стандартный преобразователь для решения большинства промышленных задач измерения твердости.
Тип C		Предназначен для контроля изделий с повышенными требованиями к величине отпечатка, деталей с поверхностным упрочнением и гальваническими покрытиями, а также тонкостенных и чувствительных к ударам деталей.
Тип DL		Предназначен для решения задач измерения в труднодоступных местах, в стесненном пространстве и при контроле внутренних поверхностей.
Тип G		Предназначен для контроля массивных деталей с повышенной шероховатостью, например, поковок или литых материалов с крупнозернистой структурой (чугун) и грубой поверхностью.

энергии и уменьшению скорости отскока ударника, что в свою очередь влияет на результат измерений.

Минимальные значения массы и толщины образца указаны во всех действующих стандартах на метод для каждого типа преобразователя. В случае, если испытуемый образец не удовлетворяет требованиям, для проведения контроля необходимо производить притирку испытуемого образца к массивному основанию.

Стандартизация

Метод измерения твердости по методу Либа стандартизован в США и Европе: DIN 50156 (1-3), ASTM A956, ISO 16859 (1-3). Стандарты регламентируют требования к характеристикам измерительных преобразователей (масса и энергия ударника, радиус и материал индентора), процедуре измерения, требованиям к образцам, процедуре калибровки приборов, эталонным мерам твердости и т.д.

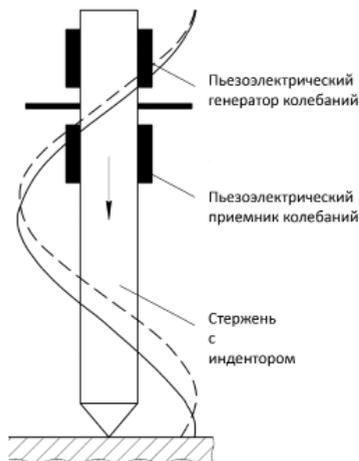
Измеренное значение твердости с использованием записанных в памяти прибора переводных таблиц (в соответствии со стандартами ASTM E140 и ISO 18265) переводится в значение твердости по требуемой шкале HB, HRC, HV и др. для выбранной группы металлов (сплавов).

Минимальная толщина испытуемого образца, мм	Максимальная допустимая шероховатость поверхности, Ra, мкм	Габариты
10	3,2	Ø 23 × 139
5	1,6	Ø 23 × 139
10	3,2	Ø 23 × 255
70	12,5	Ø 32 × 248

Измерительные преобразователи по методу UCI

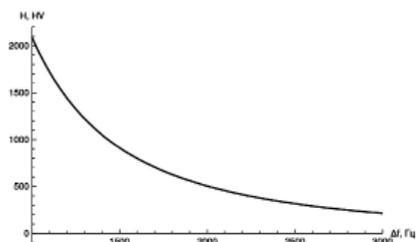
Описание метода

Метод ультразвукового контактного импеданса основан на эффекте изменения собственной частоты колебательной системы, состоящей из упругого элемента (стержня), включенного в автогенераторную схему, при увеличении жесткости системы в результате внедрения закрепленного на упругом элементе индентора в поверхность испытуемого образца.



Принцип работы измерительного преобразователя

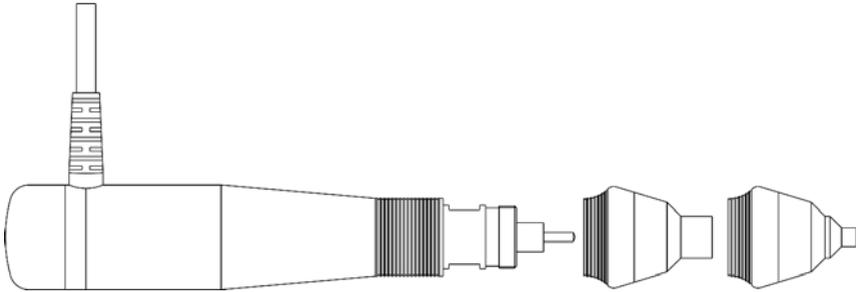
Чувствительным элементом преобразователя является стальной стержень с индентором (алмазная пирамида Виккерса) с закрепленными на нем пьезоэлементами, соединенными с генератором и приемником колебаний. В отсутствие контакта с поверхностью стержень колеблется на частоте ~ 80 кГц. При внедрении индентора в испытуемый образец в результате приложения нагрузки частота колебаний стержня меняется в зависимости от глубины внедрения h . Изменение частоты пропорционально площади контакта индентора с поверхностью. При достижении максимальной нагрузки (1,5 или 10 кг в зависимости от модификации измерительного преобразователя) измеряется сдвиг частоты Δf . Числа твердости HV (UCI) определяют из градуировочной характеристики $HV(\Delta f)$, связывающей значение твердости с изменением частоты колебаний стержня.



Градуировочная характеристика UCI

Области применения

Твердомеры, реализующие метод UCI, получили широкое распространение как портативная замена стационарных твердомеров по Виккерсу в виду высокой степени корреляции измеренных данных. К тому же, в отличие от стационарных твердомеров по Виккерсу, не требуется оптическая оценка восстановленного отпечатка, что ускоряет скорость проведения испытаний. В случае применения преобразователей с нагрузкой 1 кг переносные твердомеры UCI оставляют отпечаток малого размера и глуби-



ны, что позволяет производить измерения относительно тонких покрытий, но также повышает требования к подготовке поверхности и структуре материала (шероховатость не должна превышать 30% глубины индентирования). В случае контроля твердости покрытий следует помнить, что глубина внедрения должна быть в 10 раз меньше толщины испытуемого покрытия. Также зачастую твердомеры по методу UCI применяются для контроля зоны теплового воздействия (HAZ) сварных соединений.

Специфические особенности

Жесткость области контакта индентора с поверхностью, вызывающая сдвиг частоты, пропорциональна не только площади отпечатка, но зависит также от значения модуля упругости материала. В общем случае заводская калибровка выполняется на мерах твердости из не легированной или низколегирующей стали, поэтому в случае контроля изделий из других материалов, необходима градуировка на образцах исследуемого материала.

При испытании материалов с высокой твердостью, результаты измерений могут иметь большой разброс, ввиду малой

глубины индентирования и незначительного изменения частоты колебания стержня с индентором. Минимальная толщина испытуемого образца должна быть больше 15 мм, в случае невыполнения данного требования материал может резонировать и создавать симпатические колебания (например тонкие листы, трубы, и т.д.). Данную проблему можно решить, разместив испытуемый образец на тяжелом металлическом основании, соединив их вязкой пастой, смазочным веществом или масляной пленкой, достаточной, чтобы погасить упругие колебания. Но даже с применением такой оснастки, толщина изделия менее 2–3 мм недопустима. Образцы массой менее 300 г при испытании методом UCI могут входить в режим автоколебаний, что накладывает ограничение на минимальную массу испытуемого образца.

Стандартизация

В настоящее время измерения по методу UCI регламентируются стандартами DIN 50159 и ASTM A1038. Измеренное значение твердости с использованием записанных в памяти прибора переводных таблиц переводится в значение твердости по требуемой шкале HB, HRC, HV и др. для выбранной группы металлов (сплавов).

Области применения и технические характеристики измерительных преобразователей UC1 разных модификаций

	U-10N	U-50N	U-100N
Назначение	Для контроля изделий с повышенными требованиями к величине отпечатка, деталей с поверхностным упрочнением и гальваническими покрытиями	Универсальный стандартный преобразователь для решения большинства промышленных задач измерения твердости	Для контроля изделий с повышенной шероховатостью, плохо подготовленной грубой поверхностью
Испытательная нагрузка, Н, кг	10 (1)	50 (5)	100 (10)
Минимальная толщина испытуемого образца*, мм		2	
Минимальная масса испытуемого образца, в зависимости от конфигурации объекта контроля*, кг		от 0,3 до 1	
Строны отпечатков на изделиях**, мм	0,058	0,130	0,180
Глубина отпечатков на изделиях**, мм	0,017	0,038	0,052
Максимальная допустимая шероховатость поверхности, Ra, мкм	0,8	1,6	3,2
Габариты, мм	Ø26 × 140 (Ø36 × 140 с плоской насадкой)		
Особенности	Оставляет отпечаток меньшей глубины и размера по сравнению с преобразователем U-50N	Наилучшее соотношение величины отпечатка и удобства работы с преобразователем	Меньшее влияние шероховатости и других параметров поверхности объекта контроля

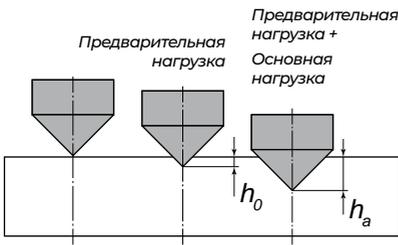
* — для притертых образцов;

** — для образцов твердостью 400 НВ.

Измерительные преобразователи по методу PortableRockwell

Описание метода

Метод основан на измерении глубины внедрения индентора под действием статической нагрузки. Аналогично методу измерения твердости по шкале Роквелла прикладывается сначала предварительная, а затем полная нагрузка. Разница между глубиной внедрения при этих нагрузках пересчитывается в значения твердости.



Принцип работы преобразователя

При проведении измерений статическим преобразователем SPR происходит непрерывная регистрация значений глубины внедрения индентора в процессе приложения предварительной и полной нагрузок. Прикладываемая нагрузка составляет 1 кг для предварительного нагружения и 5 кг для этапа полного нагружения. В момент приложения предварительной нагрузки производится измерение глубины h_0 проникновения индентора в материал. После приложения полной нагрузки происходит кратковременная выдержка системы под нагрузкой, после чего производится измерение глубины h_a проникновения индентора в материал. Далее находится разница глубин проникновения индентора, по следующей формуле:

$$\Delta = h_a - h_0,$$

где

h_a — глубина проникновения при полной нагрузке,

h_0 — глубина проникновения при предварительной нагрузке.

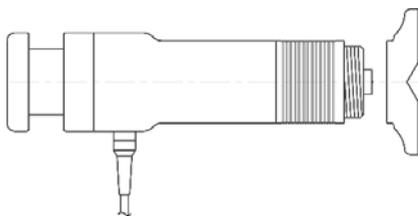
Полученная разница глубин внедрения отражает степень пластической деформации испытуемого материала, и, соответственно, является прямой мерой твердости материала. На основании полученной разницы по градуировочной характеристике определяется твердость материала по шкале HRC. В качестве индентора SPR используется алмазный конус с углом при вершине $100^\circ \pm 0,5^\circ$.

Специфические особенности

По сравнению с описанными ранее методами, методу PR присущи несколько большие затраты времени на проведение испытаний, а также невозможность проведения измерений в труднодоступных местах. Толщина испытуемых образцов должна быть в 10 раз больше глубины внедрения.

Стандартизация

В настоящее время измерения по методу PortableRockwell регламентируются стандартами DIN 50157-1:2008 и ASTM B724-00(2006). Измеренное значение твердости с использованием записанных в памяти прибора переводных таблиц (в соответствии со стандартами ASTM E140 и ISO 18265) переводится в значение твердости по требуемой шкале HB, HRC, HV и др. для выбранной группы металлов (сплавов).



Погрешность измерения глубины внедрения, не более, мкм	±0,3 (ASTM E18-03)
--	--------------------

Нагрузка:

предварительная, Н, кг	10 (1)
------------------------	--------

предварительная и основная нагрузка, Н, кг	50 (5)
--	--------

Угол заострения алмазного индентора, град	100 ± 0,5
---	-----------

Габаритные размеры, мм	Ø53 × 105
------------------------	-----------

Масса, г	340
----------	-----

Автоматизация измерений

Преобразователь SPR может быть снабжен модулем автоматического приложения нагрузки. В этом случае при проведении измерений оператору не потребуется прикладывать усилий для проведения измерений, будет необходимо только удерживать преобразователь на поверхности, твердость которой необходимо измерить.

Запуск измерения осуществляется нажатием кнопки, расположенной на верхней крышке модуля.

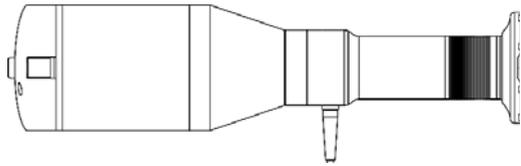
За счет автоматизации процесса приложения измерительной нагрузки в процессе проведения измерений исключается человеческий фактор, повышается повторяемость и воспроизводимость результатов измерений.

Питание модуля автоматического приложения нагрузки осуществляется от встроенного Li-Ion аккумулятора.

Модулем автоматического приложения нагрузки могут быть снабжены ранее выпущенные преобразователи SPR.



а) Модуль автоматического приложения нагрузки



б) Преобразователь SPR с установленным модулем

Основные технические характеристики

Габаритные размеры суммарные, мм	Ø 60 x 225
Габаритные размеры модуля*, мм	Ø 60 x 130
Масса суммарная, г	1050
Масса модуля*, г	730
Время проведения одного измерения, с	5–7
Количество измерений на одном цикле заряда, не менее	100

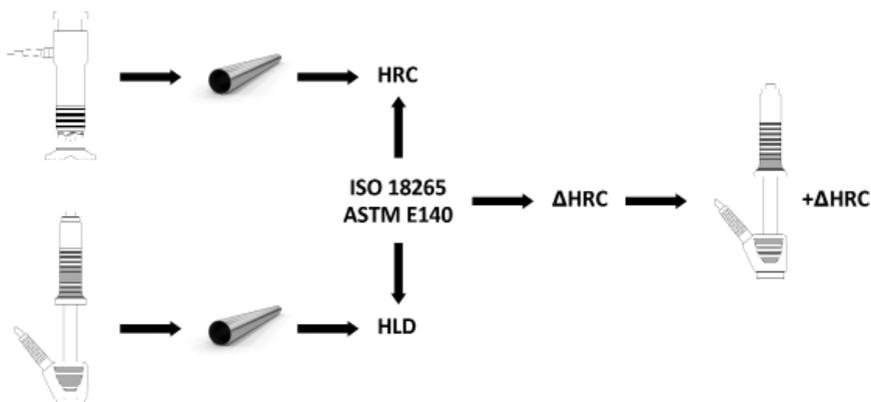
* — технические характеристики отдельно взятого модуля автоматического приложения нагрузки без закрепленного преобразователя

Методические принципы комплексного подхода для контроля твердости

Комплексный подход к измерению твердости с использованием нескольких преобразователей позволяет выполнять контроль объектов и материалов, которые не соответствуют установленным ограничениям для каждого из методов. В частности, для измерительного преобразователя SPR практически нет ограничений по толщине и массе испытуемого образца. Измерив этим преобразователем твердость, например, тонкостенной трубы, можно определить поправочный коэффициент для результатов измерений методом Либа, для которого толщина стенки является серьезным ограничением. Аналогичным образом пользователь может сам уточнять корреляционные зависимости между разными шкалами твердости для материалов, для которых не существует стандартизованных переводных таблиц. В качестве примера приведен алгоритм коррекции результатов измерений с использованием преобразователя SPR и преобразователя D по методу Либа.

Последовательность действий для реализации комплексного подхода

1. Провести измерение твердости преобразователем SPR по требуемой шкале более пяти раз в выбранной части испытуемого образца. Записать среднее по количеству проведенных измерений.
2. Провести измерение твердости преобразователем более пяти раз в этой же зоне по требуемой шкале. Записать среднее по количеству произведенных измерений.
3. Приняв за опорное значение твердости, полученное преобразователем SPR, ввести коррекцию показаний преобразователя по методу Либа относительно показаний статического преобразователя в значениях твердости требуемой шкалы. В ходе дальнейших измерений преобразователем по методу Либа полученное значение смещения будет автоматически учтено программой при выводе результатов измерений.



Данный комплексный подход подробно описан в руководстве по эксплуатации на твердомер

Взаимное соответствие различных шкал твердости

При использовании портативных твердомеров неизбежно возникает вопрос сопоставления результатов измерений с наиболее распространенными и общепринятыми шкалами твердости Бринелля, Виккерса и Роквелла.

Несмотря на то, что измерение твердости является одним из самых распространенных методов контроля механических характеристик, однозначного определения твердости, как свойства материала не существует. Числа твердости не относятся к основным (первичными) характеристиками материала, а зависят от метода их измерения, определенного в виде шкалы твердости. Для обеспечения единства измерений по конкретной шкале твердости необходимо не только стандартизовать метод, но и создать метрологическую инфраструктуру для обеспечения прослеживаемости результатов измерений. В эту инфраструктуру входят меры твердости, эталонные установки для калибровки мер, а также первичные эталоны, утвержденные на государственном (национальном) уровне и проходящие межгосударственные сличения. Такая система стандартизации и метрологического обеспечения, созданная для шкал Бринелля, Роквелла, Виккерса и т.п. позволяет сравнивать между собой результаты измерений, проводимых во всем мире, в рамках каждой шкалы.

На практике периодически встает вопрос сравнения механических свойств материалов, измеренных по разным шкалам твердости. Экспериментальные данные и научные исследования говорят о том, что универсальных зависимостей, связывающих между собой числа твердости различных шкал не существует. С точки зрения метрологии числа твердости, со-

ставляющие шкалы порядка, могут сравниваться только в рамках одной шкалы, сравнение чисел разных шкал порядка недопустимо. В то же время, в частных случаях, можно установить взаимосвязь между шкалами твердости, выраженную в форме переводной таблицы или уравнения, полученного методом регрессионного анализа экспериментальных данных.

Накопленный за долгие годы большой объем экспериментальных данных позволил составить переводные таблицы между разными шкалами твердости. Кроме того, проведен большой объем исследований, позволивших установить связь чисел твердости разных шкал с одной из основных характеристик материалов — временным сопротивлением (пределом прочности) σ_B . Эти данные обобщены в международных стандартах ASTM E140 и ISO 18265. Однако все имеющиеся переводные таблицы и уравнения конвертации между различными шкалами твердости носят эмпирический характер и определены для конкретных классов материалов в ограниченном диапазоне механических свойств и условий измерений.

Большинство методов измерения твердости, реализуемых портативными твердомерами, не соответствуют стандартам на общепринятые шкалы твердости. Стандарты на эти методы определяют только параметры оборудования и процедуры измерений, но не содержат требований к обеспечению метрологической прослеживаемости. Исключение составляют шкалы, основанные на методе Либа, для которых установлены метрологические требования к средствам измерений, мерам и эталонным установкам и существуют национальные первичные эталоны.

Результаты измерений портативных твердомеров, выраженные в общепринятых шкалах твердости, не являются в полной мере значениями этих шкал, а представляют собой результат перевода (конвертации) величин, измеряемых приборами, в числа твердости выбранной шкалы по заложенной в па-

мяти прибора таблице или формуле. Выбор таблицы критически зависит от материала испытуемого образца. Достоверность и точность такой конвертации зависит от того, насколько материалы, для которых построена таблица, соответствуют тем, свойства которых вы измеряете.

Выводы

- Наиболее точные и достоверные значения твердости по требуемой шкале можно получить только применив стандартизованную методику для этой шкалы.
- Любые процедуры конвертации и пересчета вносят дополнительную, иногда непредсказуемую (неизвестную) неопределенность в полученный результат. Это касается в том числе шкал, основанных на одном физическом принципе, например, пластической деформации при статической нагрузке в случае шкал Бринелля, Роквелла и Виккерса. Значительно менее надежной и достоверной является взаимосвязь между этими шкалами и динамической твердостью по шкалам Шора и Либа, которые являются характеристиками не только пластических, но и упругих свойств материала.
- Значения твердости, полученные «ковенными» методами путем преобразования по переводным таблицам могут носить только справочный характер. Применять такие таблицы можно обеспечив тщательное выполнение всех условий для преобразования с учетом требований и ограничений стандартов ISO 18265 и ASTM E-140.

Несмотря на перечисленные выше требования и ограничения, портативные твердомеры являются весьма эффективным средством для оперативного контроля параметров изделий. При решении конкретной измерительной задачи пользователь, как правило, имеет дело с заранее известными материалами с определенным диапазоном механических свойств. Это позволяет корректно подобрать переводную таблицу и получить достоверные данные. Кроме того, современные портативные твердомеры, как правило, имеют функцию построения пользовательских переводных таблиц или корректировки существующих зависимостей.

Многофункциональный портативный твердомер «Константа КТ» предоставляет пользователям возможность измерения твердости материалов в соответствии с международными стандартами, в том числе представление результатов измерений в общепринятых шкалах твердости по утвержденным переводным таблицам. Программное обеспечение позволяет создавать пользовательские переводные таблицы и формулы пересчета. Наличие 3-х различных преобразователей, работающих на разных физических принципах, предоставляет уникальную возможность для корректировки переводных таблиц в зависимости от фактических свойств измеряемых материалов и получения максимально достоверных и точных результатов измерений.

Обращаем ваше внимание на то,
что все представленные материалы
носят исключительно информационный характер
и ни при каких условиях не являются публичной офертой,
определяемой положениями Статьи 437(2)
Гражданского кодекса Российской Федерации.

2022 г.

ООО «КОНСТАНТА»

Россия, г. Санкт-Петербург,
Огородный переулок, д. 21, лит. А

Тел.: 8 (812) 372-29-04

Тел./факс: 8 (812) 372-29-03

Эл. почта: office@constanta.ru

www.constanta.ru

