



Обозначение: A956 – 12

**Стандартный метод испытания для определения твердости по Либу
стальной продукции**

Standard Test Method for Leeb Hardness Testing of Steel Products

Перевод зарегистрирован ООО "Нормдокс" по поручению ASTM International Номер регистрации: A956-12/14681 Дата регистрации: 17.12.2014
--

Перевод настоящего стандарта осуществлен ООО «Нормдокс» с официального разрешения Американского общества по испытаниям и материалам (ASTM) 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA.

ASTM не утверждает и не подтверждает данный перевод, и только английская версия, опубликованная со знаком копирайта ASTM, может рассматриваться как оригинальная версия.

Воспроизведение данного перевода возможно только с разрешения ASTM.

Translation of this standard has been made by Normdocs OOO under the official permission from the American Society for Testing and Materials (ASTM), 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA.

ASTM does not confirm or approve this translation, and only the English version as published and copyrighted by ASTM can be considered as the original version.

Reproduction of this translation is possible by authority of ASTM only.



Стандартный метод испытания для определения твердости по Либу стальной продукции¹

Настоящий стандарт выпускается под неизменным обозначением A956; номер, следующий непосредственно за обозначением, указывает на год исходного выпуска или, в случае измененной редакции, на год последней редакции. Номер в скобках указывает на год последнего повторного утверждения. Надстрочный индекс с буквой эpsilon (ε) указывает на наличие редакторских правок с момента выпуска последней редакции или повторного утверждения.

1. Область применения

1.1 Данный метод испытаний охватывает определение значения твердости по Либу стали, литой стали и чугуна (Часть А), включая методы по поверке приборов для испытания на твердость по Либу (Часть В) и калибровку стандартизированных блоков для испытания (Часть С).

Примечание 1 — Первоначальным заголовком настоящего стандарта был “Стандартный метод испытания для определения твердости стальной продукции с использованием Эквотипа.”¹

1.2 Значения, указанные в системе дюйм-фунт, должны рассматриваться в качестве стандартных. Значения, приведенные в скобках, являются математическим пересчетом их в систему единиц измерения СИ, представляются исключительно в информационных целях и не должны рассматриваться в качестве стандартных.

1.3 *Настоящий стандарт не ставит целью описание всех проблем безопасности, если они имеются, связанных с его использованием. В обязанности пользователя настоящего стандарта входит определение надлежащих методов техники безопасности и охраны труда, а также определение применимости нормативных ограничений перед его использованием.*

2. Ссылочные документы

2.1 Стандарты ASTM:²

E691 Стандартное практическое руководство по проведению межлабораторных исследований для определения прецизионности методов испытаний

3. Терминология

3.1 Определения:

3.1.1 *калибровка* — определение значений значимых эксплуатационных параметров прибора посредством сравнения их со значениями, указанными контрольным прибором или набором контрольных стандартов.

3.1.2 *значение твердости по Либу* — число, равное отношению скорости отскока к скорости удара для 3 мм или 5 мм (в зависимости от типа ударного устройства)

диаметра ударного элемента с наконечником сферической формы из карбида вольфрама, нитрида кремния или с алмазным покрытием, умноженное на 1000.

$$L = \frac{\text{Скорость отскока}}{\text{Скорость удара}} \times 1000$$

Значение твердости по Либу сопровождается символом *HL* с одним или несколькими знаками нижнего индекса, отображающими тип ударного устройства.

3.1.3 *испытание на твердость по Либу* — динамический метод испытания на твердость с использованием откалиброванного прибора, ударяющего элементом с наконечником сферической формы из карбида вольфрама, нитрида кремния или с алмазным покрытием, с фиксированной скоростью (производимой усилием пружины) по поверхности материала, подверженного испытанию. Отношение скорости отскока к скорости удара ударного элемента является мерой твердости испытываемого материала.

3.1.4 *обработка поверхности* — все упоминания об обработке поверхности в настоящем методе испытания определяются как шероховатость поверхности (то есть *Ra* = среднее значение шероховатости, *AA* = среднее арифметическое).

3.1.5 *проверка* — проверка или испытание инструмента с целью обеспечения соответствия данному методу испытания.

4. Краткая информация о методе испытания

4.1 Во время испытания на твердость ударный элемент с наконечником сферической формы из карбида вольфрама, нитрида кремния или с алмазным покрытием ударяет с усилием пружины по испытываемой поверхности, от которой он отскакивает. Скорость удара и скорость отскока измеряются, когда ударный элемент находится приблизительно на расстоянии 1 мм от испытываемой поверхности. Это выполняется посредством постоянного магнита, вмонтированного в ударный элемент, который, во время испытания, движется по катушке в ударном устройстве и наводит электрическое напряжение как при ударе, так и при отскоке. Это наведенное напряжение пропорционально соответствующим скоростям удара и отскока. Отношение этих измеренных значений напряжения, полученное из скоростей удара и отскока, умноженное на коэффициент 1000, образует число, которое составляет значение твердости по Либу.

5. Значение и применение

5.1 Твердость материала — это недостаточно определенный термин, который может иметь много значений в зависимости от типа производимого испытания и ожиданий участника испытания. Испытание на твердость по Либу относится к динамическому типу или типу по отскоку, который,

¹ Данный метод испытания находится в ведении Комитета A01 ASTM, Стали, нержавеющие стали и родственные сплавы, непосредственную ответственность за него несет Подкомитет A01.06 по Стальным поковкам и цилиндрическим заготовкам.

Настоящее издание было утверждено 15 ноября 2012 г. Опубликовано в декабре 2012 г. Первоначально утверждено в 1996 г. Предыдущая редакция была утверждена в 2006 г под обозначением A956 - 06.

Leeb (Либ) и Equotip (Эквотип) являются зарегистрированными торговыми марками, используемыми с разрешения Proceq SA. DOI: 10.1520/A0956-12

² Для ознакомления с упомянутыми стандартами ASTM посетите веб-сайт ASTM, www.astm.org, или свяжитесь со службой заказчиков ASTM по адресу: service@astm.org. Для получения информации, по Ежегодному сборнику стандартов ASTM, обратитесь к сводной странице на веб-сайте ASTM.



в первую очередь, зависит как от пластических, так и упругих свойств испытываемого материала. Полученные результаты являются показателем прочности и зависят от термообработки испытываемого материала.

5.2 Испытание на твердость по Либу является поверхностным определением, измеряющим только состояние контактирующей поверхности. Результаты, полученные для данного участка, не представляют деталь на любом другом участке поверхности и не дают никакой информации о материале участков под этой поверхностью.

А. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ ПРИБОРОВ И ПРОЦЕДУРА ИСПЫТАНИЯ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ НА ТВЕРДОСТЬ ПО ЛИБУ

6. Оборудование

6.1 Прибор, используемый для испытания на твердость по Либу, состоит из (1) ударного устройства, снабженного ударным элементом с наконечником сферической формы из карбида вольфрама, нитрида кремния или с искусственным алмазным покрытием, установки для измерения скорости индукционной катушки, опорного кольца и (2) электронно-цифрового устройства индикации твердости.

6.2 *Ударные устройства* — Существует восемь типов ударных устройств, используемых при испытании на твердость по Либу. Это ударные единицы *D, DC, D+15, DL, G, C, S* и *E*. Краткие описания типов устройств и их типичных видов применения приведены в Приложении X1.

6.3 См. п. 8.1.1 при использовании запасных деталей машин.

7. Испытываемая заготовка

7.1 *Форма* — Испытание на твердость по Либу допустимо для стали, литой стали и чугуна различных форм и размеров.

7.2 *Толщина и вес* — Толщина и вес испытываемой заготовки должны учитываться при выборе ударного устройства. Следующие руководящие признаки предлагаются в качестве минимального веса и размеров испытываемых заготовок для выбора подходящего испытательного оборудования. Испытываемые заготовки, имеющие вес меньше минимального, или заготовки любого веса с сечениями меньше минимальной толщины, требуют жесткой опоры и соединения с толстой, более тяжелой, жесткой поверхностью для устойчивости к удару устройства. При отсутствии соответствующей опоры и соединения, результаты испытания будут ниже действительного значения твердости.

Ударное устройство	Вес (мин.) или	Толщина (мин.)
<i>D, DC, D+15, DL, S, E</i>	15 фунтов (5 кг)	$\frac{1}{8}$ дюйма (3 мм)
<i>G</i>	40 фунтов (15 кг)	$\frac{3}{8}$ дюйма (10 мм)
<i>C</i>	4 фунта (1.5 кг)	$\frac{1}{32}$ дюйма (1 мм)

7.3 *Искривление* — Испытываемые заготовки с искривленной поверхностью могут быть испытаны на выпуклой или вогнутой поверхностях, при условии, что данный радиус искривления образцов соответствует размеру опорного кольца и составляет не менее 2 дюймов (50 мм) для ударного устройства *G* или $1\frac{3}{16}$ дюйма (30 мм) для остальных ударных устройств.

7.4 *Окончательная обработка/Подготовка поверхности* — Испытываемая поверхность должна быть тщательно подготовлена во избежание любых изменений твердости, вызванных нагреванием во время шлифования или деформационного упрочнения во время механической обработки. Любая краска, окалина, ямки или другие покрытия поверхности должны быть полностью удалены. Испытываемые

поверхности должны быть гладкими. Несоответствующие поверхности будут приводить к ненадежным результатам испытания. Грубые обработки поверхности будут иметь тенденцию к уменьшению измеренного значения. Рекомендуется подвергнуть испытываемую поверхность механической обработке или отшлифовать и отполировать до следующих степеней отделки. (Размер зерна шлифовального круга, указанный для каждой отделки, предложен для руководства в достижении указанной отделки.)

Ударное устройство	Обработка поверхности — R_a (макс.)	Размер зерна (прибл.)
<i>D, DC, D+15, DL, S, E</i>	63 микродюйма (2 мм)	200
<i>G</i>	250 микродюймов (7 мм)	65
<i>C</i>	16 микродюймов (0.4 мм)	500

7.5 *Магнитные поля* — Выполнение испытания на твердость по Либу на деталях с остаточным магнитным полем может повлиять на результаты. Рекомендуется, чтобы любое остаточное магнитное поле составляло меньше 4 Гс.

7.6 *Вибрация* — Вибрация испытываемого образца может повлиять на результаты испытания на твердость по Либу. Рекомендуется проводить данное испытание с испытываемой заготовкой, находящейся в состоянии покоя.

7.7 *Температура* — Температура испытываемой заготовки может повлиять на результаты испытания. Также данный эффект может отличаться для различных материалов. Испытание по данной процедуре должно выполняться при температуре испытываемой заготовки между 40°F (4°C) и 100°F (38°C). При температурах вне этого диапазона пользователь должен произвести корректировку температуры для конкретного испытываемого материала.

8. Проверка оборудования

8.1 *Метод проверки* — Перед каждой сменой, рабочим периодом или использованием, а также после периода продолжительной эксплуатации (1000 ударов), прибор должен пройти проверку, как указано в Части В. Ни один прибор, не отвечающий требованиям Части В, не должен применяться для приемочного испытания продукции.

8.1.1 Предупреждающее замечание: При использовании сменных деталей в оборудовании для испытания на твердость по Либу важно, чтобы они были полностью совместимы с первоначальным оборудованием, в противном случае могут быть получены неверные показания твердости. Калибровка с использованием одного стандартного испытательного блока может показать приемлемые результаты, но дополнительные калибровочные испытания с использованием блоков разной твердости могут давать неприемлемые результаты. При использовании сменных, не оригинальных деталей оборудования крайне рекомендована многократная проверка калибровки блока. В частности, должны быть использованы один калибровочный блок с твердостью равной или меньше минимальной ожидаемой твердости материала, подвергнутого испытанию, один калибровочный блок с твердостью равной или больше максимальной ожидаемой твердости материала, подвергнутого испытанию, и один калибровочный блок с твердостью, близкой к середине диапазона.

9. Методика

9.1 *Метод испытания* — Для выполнения испытания на твердость, ударное устройство соединяют с устройством индикации и включают прибор. Ударное устройство, когда оно не контактирует с испытываемой заготовкой, крепко держат одной рукой и нажимают другой рукой на трубку для загрузки



до ощущения установления контакта. Трубку для загрузки медленно возвращают в исходное положение. Теперь ударный элемент находится в своем заряженном или фиксированном положении. После помещения ударного устройства на испытываемую поверхность, ударный элемент приводят в действие легким нажатием на пусковую кнопку. Значение твердости по Либу считывают с устройства индикации.

9.2 Выравнивание — Для предотвращения ошибок, возникающих в результате смещения, базовое опорное кольцо ударного устройства необходимо держать плотно и перпендикулярно к поверхности испытываемой заготовки.

9.3 Направление удара — Ударное устройство откалибровано для направления удара вертикально вниз (перпендикулярно горизонтальной поверхности). Для остальных направлений удара, таких как 45° от горизонтальной плоскости или от нижней поверхности, измеренные значения твердости потребуют корректировки (см. п. 10.2). Некоторые новые модели автоматически вносят поправку на направление испытания.

9.4 Расположение индикаторных следов — Расстояние между любыми двумя точками удара не должно быть меньше двух диаметров от края до края. Расстояние между точкой удара и краем образца не должно быть меньше трех диаметров от края до края. Ни одна точка не должна подвергаться удару более одного раза.

9.5 Считывание прибора Либа — значения твердости в единицах Либа считываются прямо с электронного дисплея устройства индикации. Приведенное значение автоматически замещается следующим результатом испытательного удара.

9.6 Число ударов — Пять ударов в одну область приблизительно 1 дюйм² (645 мм²) должны составлять испытание. В случае если испытываемый материал считается неоднородным (например, чугун), испытание должно состоять из десяти ударов в одну область.

10. Расчет результата твердости

10.1 Результат испытания на твердость должен представлять собой среднее арифметическое пяти отдельных показаний удара в измеряемой области.

10.2 Компенсация направления испытания — При использовании прибора Либа без автоматической поправки на направление испытания, компенсирующее значение для направления ударного испытания должно быть вычтено из среднего значения, определенного для измеряемой области. Данное компенсирующее значение может быть определено в соответствии с Таблицами 1 - 8.

11. Преобразование в другие шкалы твердости или значения прочности при растяжении

11.1 Не существует прямой зависимости между принципом испытания на твердость по Либу и другими методами определения твердости или испытанием прочности при растяжении. Все подобные преобразования являются, в лучшем случае, аппроксимациями, и, следовательно, следует избегать преобразований, за исключением особых случаев, когда с помощью сравнительного испытания получено надежное основание для приблизительного преобразования и точность преобразования. Никакие преобразования не должны применяться без особого соглашения между стороной, определяющей метод данного испытания, и стороной, выполняющей испытание на твердость.

12. Отчет

12.1 В отчете указывают следующую информацию:

12.1.1 Среднее значение твердости по Либу для каждой области испытания с указанием ударного устройства

(например, xxx HLD или xxx HLD+15).

12.1.2 При указании в отчете значений твердости, преобразованных из значения Либа, в круглых скобках должен указываться использованный прибор, например, HB (HLG).

**ТАБЛИЦА 1 Компенсирующие значения для остальных направлений удара:
Устройство D**

L _D				
300	-6	-12	-20	-29
350	-6	-12	-19	-27
400	-5	-11	-18	-25
450	-5	-10	-17	-24
500	-5	-10	-16	-22
550	-4	-9	-15	-20
600	-4	-8	-14	-19
650	-4	-8	-13	-18
700	-3	-7	-12	-17
750	-3	-6	-11	-16
800	-3	-6	-10	-15
850	-2	-5	-9	-14
900				

**ТАБЛИЦА 2 Компенсирующие значения для остальных направлений удара:
Устройство D + 15**

L _D + 15				
300	-7	-14	-26	-38
350	-7	-13	-25	-36
400	-6	-12	-23	-34
450	-6	-12	-22	-32
500	-6	-11	-21	-30
550	-6	-11	-20	-28
600	-5	-10	-19	-27
650	-5	-10	-18	-25
700	-5	-9	-17	-24
750	-4	-9	-16	-22
800	-4	-8	-15	-21
850	-4	-8	-14	-20
900				

13. Точность и погрешность

13.1 Точность:

13.1.1 Межлабораторная программа испытания — Межлабораторная программа испытания была проведена для получения информации о точности измерений твердости по Либу. В восьми лабораториях были испытаны пять



сертифицированных испытательных блоков. В каждой лаборатории твердость каждого блока была измерена 25 раз.

ТАБЛИЦА 3 Компенсирующие значения для остальных направлений удара:
Устройство Е

L_E				
300	-5	-9	-18	-26
350	-4	-9	-17	-24
400	-4	-9	-16	-22
450	-4	-8	-15	-21
500	-4	-8	-14	-20
550	-4	-8	-13	-18
600	-3	-7	-12	-17
650	-3	-7	-12	-16
700	-3	-6	-11	-15
750	-3	-6	-10	-14
800	-3	-5	-9	-13
850	-2	-5	-8	-12
900				

ТАБЛИЦА 4 Компенсирующие значения для остальных направлений удара:
Устройство С

L_C				
350	-7	-15	A	A
400	-7	-14		
450	-7	-13		
500	-6	-13		
550	-6	-12		
600	-6	-11		
650	-5	-10		
700	-5	-10		
750	-4	-9		
800	-4	-8		
850	-4	-7		
900	-3	-6		
950				

^A Не разрешено.

13.1.2 *Результат испытания* — Точная информация, приведенная ниже, является средней для пяти сертифицированных испытательных блоков, каждый разной твердости.

13.1.3 *Повторяемость и воспроизводимость:*

95% предел повторяемости (в рамках лаборатории) = 4,4%
95% предел воспроизводимости (между лабораториями) = 8,8%

ТАБЛИЦА 5 Компенсирующие значения для остальных направлений удара:
Устройство G (Сталь)

L_G				
300	...	...	-12	-18
350	...	...	-11	-17
400	...	...	-11	-16
450	-2	-5	-10	-15
500	...	...	-9	-14
550	...	...	-9	-13
600	...	...	-8	-12
650	...	...	-8	-11
700	...	...	-7	-10
750				

ТАБЛИЦА 6 Компенсирующие значения для остальных направлений удара:
Устройство G (Серый чугун)

L_G				
350	...	...	-11	-17
400	...	...	-11	-16
450	-2	-5	-10	-15
500	...	...	-9	-14
550	...	...	-9	-13
600				

13.1.3.1 Термины в п. 13.1.3 (предел повторяемости и предел воспроизводимости) используются, как указано в Практическом руководстве E691. Соответствующими среднеквадратическими отклонениями среди результатов испытания, относящимися к указанным выше значениям, с коэффициентом 2,8, являются

Среднеквадратическое отклонение повторяемости = 1,6%
Среднеквадратическое отклонение воспроизводимости = 3,2%

13.2 *Погрешность* — Так как твердость не является внутренним свойством материала, не существует основания для определения или задания принятого эталонного значения. Следовательно, не существует основания для определения погрешности данного метода испытания.

В. ПОВЕРКА ПРИБОРОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТВЕРДОСТИ ПО ЛИБУ

14. Область применения

14.1 Часть В охватывает процедуру поверки приборов для измерения твердости по Либу методом стандартизированного блока.

15. Общие требования

15.1 Перед поверкой прибора для измерения твердости по Либу, прибор должен быть осмотрен для гарантии того, что:

ТАБЛИЦА 7 Компенсирующие значения для остальных направлений удара:
Устройство DL

L_{DL}				
550	-3	-6	-11	-16
600	-3	-5	-9	-14
650	-2	-5	-8	-13
700	-2	-4	-7	-11
750	-2	-3	-6	-10
800	-1	-3	-5	-9
850	-1	-2	-4	-7
900	-1	-2	-3	-6
950	-1	-2	-3	-6

ТАБЛИЦА 8 Компенсирующие значения для остальных направлений удара:
Устройство GS

L_S				
400	-4	-9	-16	-23
450	-4	-8	-15	-22
500	-4	-8	-14	-21
550	-4	-7	-13	-19
600	-3	-7	-12	-18
650	-3	-7	-12	-16
700	-3	-6	-11	-15
750	-3	-6	-10	-14
800	-3	-5	-9	-12
850	-2	-5	-8	-11
900	-2	-5	-7	-10
950	-2	-5	-7	-10

15.1.1 Аккумуляторы устройства индикации не разряжены, а неисправные аккумуляторы при необходимости заменены.

15.1.2 Ударное устройство чистое и на сферическом наконечнике ударного элемента отсутствует какое-либо инородное вещество (например, пыль, грязь, жир, окалина и т.д.).

15.1.3 На наконечнике ударного элемента отсутствуют трещины или области деформации.

15.1.4 Испытательный блок помещен на чистое, ровное, твердо закрепленное основание.

16. Проверка с помощью стандартизированных испытательных блоков

16.1 Прибор для измерения твердости по Либу проверяют, делая два удара по стандартизированному испытательному блоку.

16.2 Прибор для измерения твердости по Либу следует считать поверенным, если отдельные показания находятся в пределах ± 6 единиц HL эталонного значения. Ни один не поверенный прибор не должен использоваться для испытания без ремонта и повторной поверки.

С. КАЛИБРОВКА СТАНДАРТИЗИРОВАННЫХ БЛОКОВ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ НА ТВЕРДОСТЬ ДЛЯ ПРИБОРОВ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ТВЕРДОСТИ ПО ЛИБУ

17. Область применения

17.1 Часть С охватывает калибровку стандартизированных блоков для испытания на твердость, используемых для поверки приборов при измерении твердости по Либу.

18. Изготовление

18.1 Каждый испытательный блок должен быть выполнен из стали размерами не менее $3\frac{1}{2}$ дюйма (90 мм) в диаметре и толщиной $2\frac{1}{8}$ дюйма (54 мм) для ударных устройств D , DC , $D+15$, DL , C , S и E , и $4\frac{3}{4}$ дюйма (120 мм) в диаметре и толщиной $2\frac{3}{4}$ дюйма (70 мм) для ударного устройства G . Поверхности двух противоположных торцевых плоскостей должны быть параллельны.

18.2 Каждый блок должен быть особо подготовлен и подвергнут термообработке для придания особой твердости и необходимой однородности и неизменности структуры.

18.3 Каждый стальной блок должен быть размагничен изготовителем и должен поддерживаться пользователем в размагниченном состоянии.

18.4 Поверхность испытательного блока, не предназначенная для испытания, должна иметь мелкозернистую отделку максимум 250 микродюймов (7 мкм).

18.5 Испытываемая поверхность должна быть отполирована или мелко отшлифована и не должна иметь царапин или других несплошностей, которые могут повлиять на характеристики отскока для испытательного блока.

18.6 Окончательная обработка испытываемой поверхности не должна превышать максимум 16 микродюймов (0,4 мкм).

18.7 Для гарантии того, что с испытываемой поверхности стандартизированного блока в дальнейшем не будет удален никакой материал, на поверхность во время калибровки должна быть нанесена официальная отметка толщины с точностью до $\pm 0,001$ дюйма ($\pm 0,025$ мм).

19. Стандартизирующая процедура

19.1 Стандартизирующие блоки для испытания на твердость должны быть откалиброваны с помощью прибора Либа, эксплуатационные характеристики которого были сертифицированы изготовителем, и поверены в соответствии с требованиями Части В.

19.2 Осуществляют десять случайно распределенных ударов на твердость по испытательной поверхности блока.

19.3 Берут среднее арифметическое всех показаний прибора за среднюю твердость испытательного блока.

20. Однородность твердости

20.1 Кроме случаев, когда разность между наибольшим и наименьшим из десяти показаний прибора составляет меньше 13 единиц Либа, блок не может считаться достаточно однородным для целей стандартизации.

21. Маркировка

21.1 Каждый блок должен содержать отметки:

21.1.1 Среднее арифметическое значений твердости, полученных при стандартизирующем испытании, с добавлением буквы обозначения шкалы (например, *HLD*).

21.1.2 Название или отметка поставщика.

21.1.3 Толщина испытательного блока.

22. Ключевые слова

22.1 динамическое испытание на твердость; Эквотип; испытание на твердость по Эквотипу; Либ; определение твердости по отскоку

ПРИЛОЖЕНИЯ

(Необязательная информация)

X1. ЭТАЛОННОЕ ОДНОКАТУШЕЧНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ НА ТВЕРДОСТЬ ПО ОТСКОКУ В СООТВЕТСТВИИ С ПРИНЦИПОМ ЛИБА

X1.1 Общее описание

X1.1.1 Существует восемь установленных типов ударных устройств для испытания на твердость по отскоку в соответствии с принципом Либ: *D*, *DC*, *E*, *D+15*, *DL*, *C*, *S* и *G*. Ударные устройства *D* и *E* стали промышленными стандартами для применения в общих целях со времени первого появления *D*-устройства в 1975 г. Со временем были добавлены другие типы для видов применения, предусматривающих особые требования. Для получения более подробной информации см. п. X1.4.

X1.1.2 Хорошо известно, что показания прибора *L* для данного образца значительно различаются в зависимости от используемого типа ударного устройства. Основными причинами этого являются:

X1.1.2.1 Разные энергии удара;

X1.1.2.2 Разные размеры и материалы индентора; и

X1.1.2.3 Разная жесткость ударных элементов.

X1.1.3 Одним важным преимуществом метода испытания по Либу является то, что он может быть использован для любого направления. Тем не менее, результаты не являются полностью независимыми от угла удара. Каждый стандартный датчик имеет собственную зависимость от характеристического направления, которая определяется по:

X1.1.3.1 Сочетанию скорости удара и длины свободного пролета ударного элемента; и

X1.1.3.2 Форме сигнала индукционного напряжения, определяющей с одной стороны по скорости по отношению к кривой времени, и с другой стороны по характеристикам сенсорной катушки и постоянного магнита.

X1.1.4 Для стандартных однокатушечных устройств для испытания на твердость по отскоку типичная кривая индукционного напряжения намечена в общих чертах на Рис. X1.2, где форма данной кривой уникальна для всех ударных устройств данного типа. Скорости удара и отскока считаются пропорциональными предельным значениям *A* и *B* кривой сигнала, что является хорошим приближением, если прибор сконструирован так, что предельные значения расположены близко от скачка сигнала, вызванного ударом. Тем не менее, при слишком близком их расположении нарушается воспроизводимость измерения, так как сигнал часто повреждается вскоре после удара. Ширина волны сигнала оказывает некоторое влияние на результат, так как она определяет, насколько хороша пропорциональность между минимальным значением *B* и скоростью отскока.

X1.1.5 Другим чрезвычайно важным параметром, определяющим фактическое значение *L* для материала заданной твердости, является энергия удара, следующая из скорости удара, массы ударного элемента и его жесткости (которая определяет количество энергии, поглощаемой ударным элементом). Для воспроизведения стандартной зависимости от направления, необходимо установить скорость и массу по-отдельности и знать конкретную длину свободного пролета. Это означает, что энергия удара в целом является важнейшим параметром для *L*-значений для всех приборов для испытания на твердость по отскоку, работающих в единицах восьми различных стандартных ударных устройств, перечисленных в п. 6.1 и приведенных в Таблице X1.1. Более того, значение *L* зависит от геометрии индентора и свойств его материала, преимущественно от твердости и упругости.

X1.1.6 Наконец, повлиять на результат может эффект торможения, вызванный вихревыми токами. Поэтому материал трубки также должен быть уточнен, как и особые меры предосторожности, которые следует принимать для уменьшения вихревых токов.

X1.2 Технические характеристики стандартных однокатушечных приборов для испытания на твердость

X1.2.1 Таблица X1.1 объединяет соответствующие технические характеристики ударных устройств *D/DC*, *E*, *D+15*, *DL*, *C*, *S* и *G*. Катушка и постоянный магнит напрямую не указываются. Они должны быть выбраны таким образом, чтобы выполнялись установленные параметры для сигнала индукционного напряжения. Для определения некоторых параметров обратитесь к Рис. X1.2.

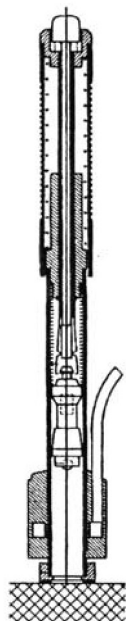


РИС. X1.1 Ударное устройство *D*

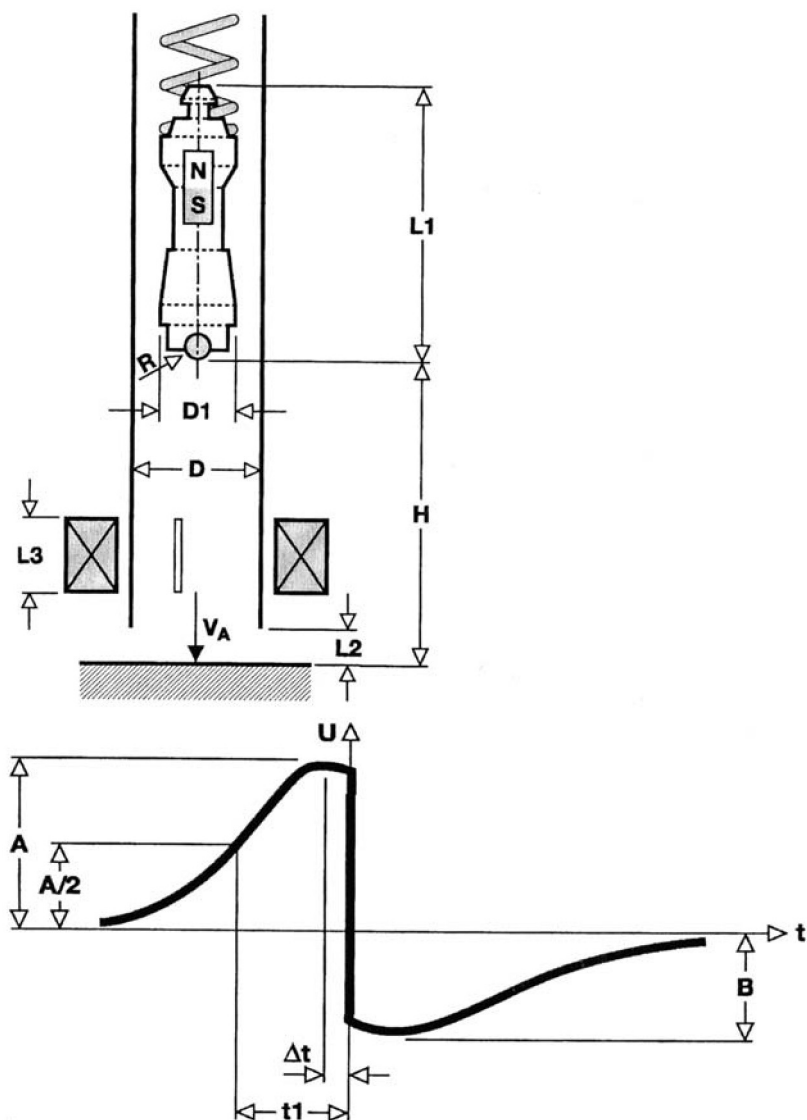


РИС. X1.2 Принцип стандартных однокатушечных устройств для испытания на твердость по Либу

ТАБЛИЦА X1.1 Технические характеристики эталонных однокатушечных устройств для испытания на твердость по Либу

Свойство	Обозначение	Единица	D/DC	S	E	D+15	DL	C	G
Скорость удара ^А	V _A	м/с	2.05 ± 1%	2.05 ± 1%	2.05 ± 1%	2.05 ± 1%	2.05 ± 1%	1.39 ± 2%	2.98 ± 1%
Ударный элемент, масса	M	г	5.45 ± 0,05	5.45 ± 0,05	5.45 ± 0,05	7.80 ± 0,05	7.23 ± 0,05	3.00 ± 0,05	20.00 ± 0,05
Материал: Ст 18/8, немагнитный									
Длина свободного пролета	H	мм	8 ± 1	8 ± 1	8 ± 1	8 ± 1	8 ± 1	8 ± 1	15 ± 1
Материал трубки: алюминий, немагнитный									
Щель вихревого тока			да	нет	нет	да	да	да	нет
Индентор, радиус	R	мм	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2.5
материал			ТС ^В	Si ₃ N ₄	PKD ^С	ТС	ТС	ТС	ТС
твердость	h	HV	1600 (тип)	1600 (тип)	5000 (тип)	1600 (тип)	1600 (тип)	1600 (тип)	1600 (тип)
Индукционный сигнал, положение пика	t1	мс	0.55 ± 0,15	0.55 ± 0,15	0.55 ± 0,15	0.55 ± 0,15	0.55 ± 0,15	0.62 ± 0,20	0.55 ± 0,15
половина ширины	Δt	мс	2.5 ± 30%	2.5 ± 30%	2.5 ± 30%	2.5 ± 30%	2.5 ± 30%	4.0 ± 30%	2.0 ± 30%

^А Направление удара: вертикально вниз.

^В ТС = Карбид вольфрама.

^С PKD = Поликристаллический алмаз.



X1.3 Компенсация направления удара

X1.3.1 Устройства для испытания на твердость по отскоку, спроектированные в соответствии с вышеперечисленными техническими характеристиками, не только дадут верные показания для ударов, направленных вертикально вниз, но также будут иметь характеристическую зависимость от угла удара, показанную в Таблицах X1.2-X1.9.

X1.3.2 Таблицы X1.2-X1.9 могут использоваться для приборов, определяющих только отношение скоростей, для компенсации показаний прибора вручную для направлений, отличных от направления вертикально вниз. В приборах с микропроцессорным управлением пользователь может настроить направление удара, и прибор может определить и отобразить соответствующим образом скомпенсированные значения автоматически. Приборы, располагающие некоторыми средствами для определения угла удара, способны выполнить полностью автоматическую компенсацию направления, исключая возможность некорректной настройки прибора пользователем.

X1.4 Руководящие принципы для отбора и эксплуатации различных ударных устройств

Ударное устройство D

макс. твердость
до 68 HRC

размеры
Ø 20 x 147 мм

X1.4.1 Универсальная единица для большинства измерений твердости для широкого диапазона измерений. Виды применения для стали и литой стали, нетеплостойкой инструментальной стали, нержавеющей стали, чугуна (пластинчатый и хлопьевидный графит), литых алюминиевых сплавов, латуни, бронзы, низколегированных сплавов ковкой меди. Ударные элементы имеют тенденцию к изнашиванию в верхнем пределе диапазона твердости.

Ударное устройство DC

макс. твердость
до 68 HRC

размеры
Ø 20 X 86 мм

X1.4.2 Устройство короткого удара, имеющее те же свойства и предназначенное для тех же видов применения, что

ТАБЛИЦА X1.2 Компенсации направления удара, Датчик D/DC

L_D				
300	-6	-12	-20	-29
350	-6	-12	-19	-27
400	-5	-11	-18	-25
450	-5	-10	-17	-24
500	-5	-10	-16	-22
550	-4	-9	-15	-20
600	-4	-8	-14	-19
650	-4	-8	-13	-18
700	-3	-7	-12	-17
750	-3	-6	-11	-16
800	-3	-6	-10	-15
850	-2	-5	-9	-14
900				

ТАБЛИЦА X1.3 Компенсации направления удара, Датчик E

L_E				
300	-5	-9	-18	-26
350	-4	-9	-17	-24
400	-4	-9	-16	-22
450	-4	-8	-15	-21
500	-4	-8	-14	-20
550	-4	-8	-13	-18
600	-3	-7	-12	-17
650	-3	-7	-12	-16
700	-3	-6	-11	-15
750	-3	-6	-10	-14
800	-3	-5	-9	-13
850	-2	-5	-8	-12
900				

ТАБЛИЦА X1.4 Компенсации направления удара, Датчик D+15

L_D				
300	-7	-14	-26	-38
350	-7	-13	-25	-36
400	-6	-12	-23	-34
450	-6	-12	-22	-32
500	-6	-11	-21	-30
550	-6	-11	-20	-28
600	-5	-10	-19	-27
650	-5	-10	-18	-25
700	-5	-9	-17	-24
750	-4	-9	-16	-25
800	-4	-8	-15	-21
850	-4	-8	-14	-20
900				

и ударное устройство D. Особые виды применения в очень ограниченных пространствах, таких как отверстия, цилиндры или измерения внутри сборных механизмов и конструкций.

Ударное устройство D+15

макс. твердость
до 68 HRC

размеры
Ø 20 x 162 мм

X1.4.3 Тот же диапазон применений, что и у D/DC, но с характерной особенностью в виде узкого фронтального разреза, делающего возможными измерения на твердость в отверстиях, канавках и на углубленных поверхностях (положение вытянутого ударного элемента и катушки поднято на 15 мм).



ТАБЛИЦА X1.5 Компенсации направления удара, Датчик C

L_E		
300	-7	-15
350	-7	-14
400	-7	-13
450	-6	-13
500	-6	-12
550	-6	-11
600	-5	-10
650	-5	-10
700	-4	-9
750	-4	-8
800	-4	-7
850	-3	-6
900		

ТАБЛИЦА X1.6 Компенсации направления удара, Датчик G, сталь

L_D				
300	-2	-5	-12	-18
350	-2	-5	-11	-17
400	-2	-5	-11	-16
450	-2	-5	-10	-15
500	-2	-5	-9	-14
550	-2	-5	-9	-13
600	-2	-5	-8	-12
650	-2	-5	-8	-11
700	-2	-5	-7	-10
750				

Ударное устройство G

макс. твердость до 646 HB размеры Ø 30 x 254 мм

X1.4.4 Увеличенная энергия удара (приблизительно в 9 раз выше, чем у стандартного ударного устройства *D*). Применение в диапазоне Бринелля на тяжелых грубозернистых литых отливках и поковках, на стали и литой стали, чугуна (пластинчатый и хлопьевидный графит) и литом алюминии. Для безошибочных показаний прибора требует меньшей обработки поверхности, чем ударное устройство *D*.

Ударное устройство E

макс. твердость до 72 HRC размеры Ø 20 x 155 мм

X1.4.5 Ударный элемент с наконечником сферической формы из искусственного алмаза (приблизительно 5000 HV). Те же материалы для испытания, что и у стандартного устройства *D*, но с расширенным диапазоном твердости. Применяется для

ТАБЛИЦА X1.7 Компенсации направления удара, Датчик G, Литые материалы

L_E				
350	-2	-5	-11	-17
400	-2	-5	-11	-16
450	-2	-5	-10	-15
500	-2	-5	-9	-14
550	-2	-5	-9	-13
600				

ТАБЛИЦА X1.8 Компенсации направления удара, Датчик DL

L_D				
550	-3	-6	-11	-16
600	-3	-5	-10	-14
650	-2	-5	-9	-13
700	-2	-4	-7	-12
750	-2	-3	-6	-10
800	-2	-3	-5	-9
850	-2	-2	-4	-7
900	-2	-2	-3	-6
950				

измерения в верхнем диапазоне, например, для стали и литой стали, нержавеющей стали, нетеплостойкой инструментальной стали с включениями карбида и на валках в диапазоне твердости до 1200 HV. Ударные элементы не показывают износа даже при высоких уровнях твердости, по сравнению с устройством *D*.

Ударное устройство C

макс. твердость до 70 HRC размеры Ø 20 x 141 мм

X1.4.6 Ослабленная энергия удара (приблизительно $\frac{1}{4}$ от энергии удара устройства *D*) и, следовательно, охват чуть большего диапазона твердости, чем у устройства *D*. Виды применения к элементам с упрочненной поверхностью, к покрытиям. Минимальная толщина слоя 0,3 мм. Также применение к закрепленным или чувствительным к ударам элементам (маленькие измерительные отпечатки). Измерения для стали и литой стали, нетеплостойкой инструментальной стали и литых алюминиевых сплавов. Требуется более тщательной обработки поверхности, чем ударное устройство *D*.

Ударное устройство DL

макс. твердость до 68 HRC размеры Ø 20 x 202 мм

X1.4.7 Тот же диапазон применений, что и у *D+15*, но с отличительной особенностью — более тонкий фронтальный разрез (Ø 4 x 50 мм) для эксплуатации в ограниченных пространствах и на основе канавок, высверленных отверстий и зубьев, соответственно.

ТАБЛИЦА X1.9 Компенсации направления удара, Датчик S

Ударное устройство S

макс. твердость
до 70 HRC0
размеры
Ø 20 x 155 мм

L_s				
400	-4	-9	-16	-23
450	-4	-8	-15	-22
500	-4	-8	-14	-21
550	-4	-7	-13	-19
600	-3	-7	-12	-18
650	-3	-7	-12	-16
700	-3	-6	-11	-15
750	-3	-6	-10	-14
800	-3	-5	-9	-12
850	-2	-5	-8	-11
900	-2	-5	-7	-10
950	-2	-5	-7	-10

X1.4.8 Ударный элемент с наконечником сферической формы из нитрида кремния (приблизительно 1600 HV). Те же материалы для испытания, что и у стандартного устройства D, но с расширенным диапазоном твердости. Применяется для измерения в верхнем диапазоне, например, для стали и литой стали, нержавеющей стали, нетеплостойкой инструментальной стали с включениями карбида и на валках в диапазоне твердости до 1200 HV. Ударные элементы показывают минимальный износ даже при высоких уровнях твердости, по сравнению с устройством D.

Х2. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ И ПРОЦЕДУРА ИСПЫТАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТВЕРДОСТИ ПО ЛИБУ В СООТВЕТСТВИИ С МНОГОКАТУШЕЧНЫМ ПРИБОРОМ

Х2.1 Область применения

X2.1.1 Патентованный метод отскока по Крауткрамеру является дальнейшим развитием первоначального метода Либя (см. Приложение X1). Показания измерений, определенные с помощью последнего метода, ошибочны по причине гравитационного ускорения и не являются независимыми от направления. Таким образом, результаты должны быть соответственно скорректированы. Данный недостаток не очевиден в приборах, действующих в соответствии с методом отскока по Крауткрамеру.

X2.1.2 Зависимость показаний измерений от направления возникает главным образом в результате:

X2.1.2.1 Кинематической ошибки, вызванной гравитационной силой и трением (в месте измерения t_a соотв. t_a'), если не измеряется в течение времени удара t_{00} (смотри Рис. X2.1); и

X2.1.2.2, Изменения эффективной, воздействующей энергии в зависимости от положения относительно используемого направления.

X2.1.3 Первый эффект предотвращают с помощью оценки времени сигнала, связанного с информацией о местоположении ударного элемента. Полезным является расположение ударного элемента (магнитов) и катушки таким образом, чтобы сигнал удара так же как и сигнал отскока как минимум дважды использовали переход через ноль (в данном случае 3) индуцированного напряжения в качестве опорных точек для оценки кривой. Полная кривая оцифровывается для оценки и отображается в памяти прибора.

X2.1.4 Второй эффект компенсируют с помощью калибровки ударного устройства в различных эксплуатационных положениях и при разных степенях твердости.

Х2.2 Общее описание приборов и процедуры испытания для определения твердости по Либу в соответствии с многокатушечным прибором

Х2.2.1 Компенсация кинематической ошибки

X2.2.1.1 Кривая сигнала, соответствующая Рис. X2.1, создается во время совершения ударным элементом удара и отскока с помощью сложного расположения катушек, намеченного в общих чертах на Рис. X2.2. Первая часть кривой (указатель с префиксом "0") создается ударом, а вторая часть кривой (обозначенная префиксом "1") - возвратным движением. Моменты t_{01} , t_{02} , t_{03} соответствуют t_{11} , t_{12} , t_{13} , то есть, в эти отрезки времени ударный элемент находится соответственно на том же положении $x(t_0) = x(t_1)$, как и $x(t_{01}) = x(t_{11})$, $x(t_{02}) = x(t_{12})$ и $x(t_{03}) = x(t_{13})$.

X2.2.1.2 Использование магнитного потока, проходящего через катушку с поверхностью A:

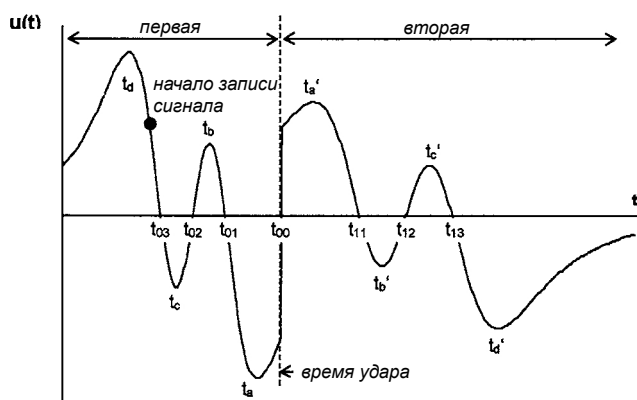


РИС. X2.1 Схематически изображенный сигнал напряжения, генерируемый ударным элементом, перемещающимся по катушечной системе Крауткрамера

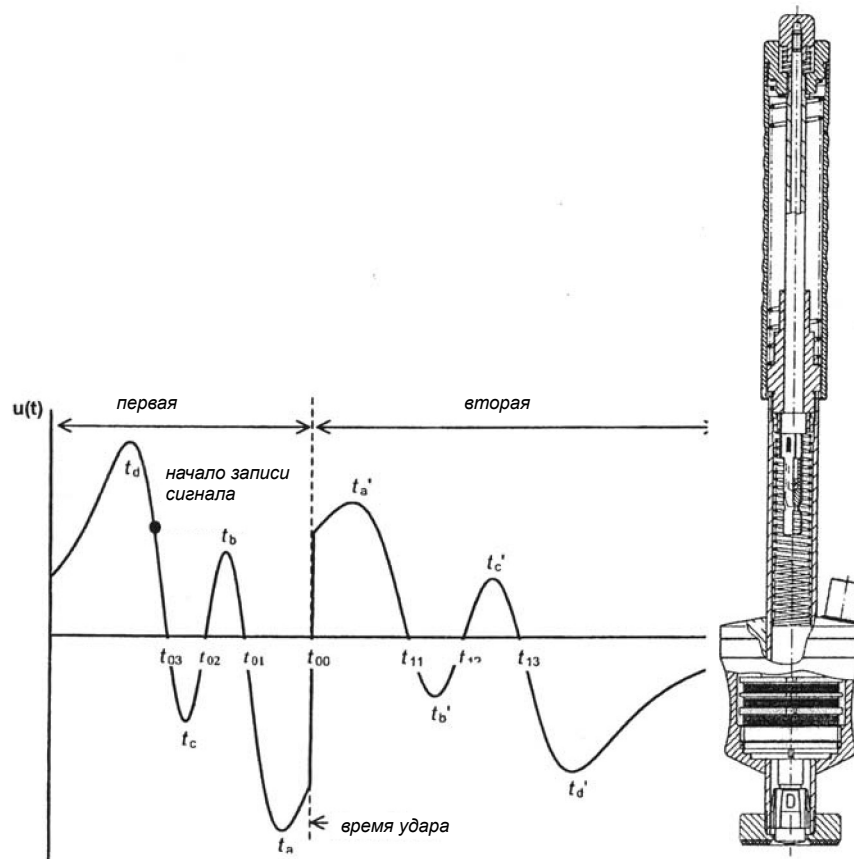


РИС. X2.2 Конструкция ударного устройства D Крауткрамера

$$\Phi(t) = \int_A B(r,t) \cdot dA \quad (X2.1)$$

где:

$B(r,t)$ = магнитное поле,

t = время,

r = положение.

X2.2.1.3 Временную прогрессию напряжения катушки можно рассчитать:

$$u(t) = c(x(t))v(t) \quad (X2.2)$$

где:

$c(x(t))$ = функция положения ударного элемента,

$v(t)$ = скорость ударного элемента.

X2.2.1.4 Отношение напряжения в момент удара должно быть найдено, то есть:

$$h = \frac{v_1(0)}{v_0(0)} \quad (X2.3)$$

X2.2.1.5 Использование закона распределения воспроизводимости $t_1(t_0)$ дает $x(t_0) = x(t_1(t_0))$ в том же положении, что и $c(t_0) = c(t_1(t_0))$ что, в свою очередь, дает:

$$\frac{u(t_1(t_0))}{u(t_0)} = \frac{c(x(t_1(t_0)))}{c(x(t_0))} \frac{v(t_1(t_0))}{v(t_0)} = \frac{v(t_1(t_0))}{v(t_0)} = v_{10}(t_0) \quad (X2.4)$$

X2.2.1.6 Отношение индукционных напряжений, как следствие, идентично отношению скорости и соответствующих отрезков времени.

X2.2.1.7 Три точки кривой для закона распределения воспроизводимости $t_1(t_0)$ могут быть найдены после определения нулевых точек от сигнала измерения. Полное распределение воспроизводимости получают путем интерполяции данных точек кривой таким образом, чтобы соответствующее значение амплитуды $u(t_1)$ могло быть закреплено за каждым значением напряжения $u(t_0)$, позволяя рассчитать отношение скорости (за исключением самих нулевых позиций). Наконец, экстраполяция происходит в требуемое время удара. Начальной точкой является отношение t_a' / t_a , соответствующее нескорректированному показанию измерения согласно Либу (см. Приложение X1).

X2.2.1.8 Метод гарантирует значительное допустимое отклонение по отношению к характеристикам ударного устройства, что позволяет заменять ударный элемент без каких-либо сложностей и без необходимости выполнять повторную калибровку прибора. Только массу необходимо поддерживать в узких пределах допустимых отклонений. В противоположность этому, положение нулевых точек, а также, в определенной степени, минимум у t_a , варьируются (геометрия магнитного поля), не вызывая каких-либо неверных показаний прибора, заслуживающих упоминания.

X2.2.2 *Корректировка энергии удара для различных направлений удара и производственные допуски для ударных устройств*

X2.2.2.1 Ударные устройства калибруются на компенсацию зависимости отношения скорости к энергии удара, а также на различия механических конструкций ударного устройства. Чтобы это сделать, значения отскока измеряются, как описано выше, на двух эталонных блоках для определения твердости с различными известными значениями твердости.



Для каждого из пяти направлений удара делаются три измерения: $+90^\circ$ (вертикально вниз), $+60^\circ$, 0° (горизонтально), -60° и -90° (вертикально вверх). В дополнение к твердости, временной интервал Δt между переходами через ноль t_{03} и t_{01} записывается в единицах с шагом сканирования $1/64$ (приблизительно 0,7 микросекунд). Это измерение скорости ударного элемента: высокие скорости соответствуют маленькому Δt , более низкие скорости — большому Δt . Благодаря различным направлениям во время измерительного цикла, достигается полный охват диапазона энергии удара, возникающей при операции.

X2.2.2.2 Разность Δh между неоткалиброванной, измеренной твердостью по Либу и предварительно заданной твердостью эталонного блока в зависимости от Δt нанесена на график для всех точек измерения, и оба полученных отношения скорректированы посредством прямых линий. Градиенты коррекционных линий хранятся в серийном программируемом ПЗУ ударного устройства, как и твердость эталонного блока и положение (Δh_0 , Δh_0) точек пересечения обеих линий.

X2.2.2.3 В случае если измерение выдает неоткалиброванную твердость по Либу в соответствии с Приложением X1, соответствующие градиенты коррекционных линий определяются линейной интерполяцией градиента, установленного во время процесса калибровки.

X2.2.2.4 Зависимость показания измерения от измененного трения, в определенных пределах, также учитывается (в дополнение к зависимости от направления удара). Оба эффекта ведут к изменению энергии удара. Кроме того, небольшие различия, обусловленные производством, в потенциальной энергии ударного элемента, в напряженном состоянии компенсируются. В то время, как информация о требуемой коррекции скорости содержится главным образом в градиенте линии, отклонения механических характеристик датчика главным образом отражены в смещении кривой по вертикали.

ASTM International не занимается вынесением решений относительно действительности любых патентных прав, заявляемых в связи с любым объектом, упоминаемым в настоящем стандарте. Пользователям этого стандарта в явной форме сообщается, что на них возлагается вся полнота ответственности за определение действительности любых таких патентных прав и риска нарушения таких прав.

Настоящий стандарт может быть пересмотрен в любой момент времени ответственным техническим комитетом и должен пересматриваться раз в пять лет; в случае несоблюдения требования о пересмотре он должен быть либо повторно утвержден, либо отозван. Мы с готовностью рассмотрим ваши предложения по изменению этого стандарта или по составлению дополнительных стандартов; они должны направляться по адресу штаб-квартиры ASTM International. Ваши замечания будут внимательно рассмотрены на совещании ответственного технического комитета, на котором вы можете присутствовать лично. Если вы полагаете, что ваши замечания не были заслушаны должным образом, вы должны довести свое мнение до сведения Комитета по стандартам ASTM по приведенному ниже адресу.

Авторские права на этот стандарт принадлежат ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States – США. Отдельные репринты (в одном или нескольких экземплярах) настоящего стандарта можно получить, связавшись с ASTM по указанному выше адресу или по номеру 610-832-9585 (телефон), 610-832-9555 (факс), или по адресу service@astm.org (электронная почта); или через веб-сайт ASTM (www.astm.org). Разрешение на снятие фотокопий данного стандарта может быть также получено через веб-сайт ASTM (www.astm.org/ COPYRIGHT/).