



Стандартные методы испытаний на определение твердости по Роквеллу для металлических материалов^{1 2}

Этот стандарт выпущен под постоянным обозначением E 18; номер, следующий сразу за обозначением, означает год первоначального принятия или, в случае пересмотра, год последнего пересмотра. Номер в скобках означает год последнего повторного утверждения. Верхний индекс эpsilon (ϵ) указывает на редакционные изменения со времени последнего пересмотра или повторного утверждения.

Этот стандарт одобрен для использования ведомствами Министерства обороны США.

1. Область действия*

1.1 Данные методы испытаний рассматривают определение твердости по Роквеллу и поверхностной твердости по Роквеллу для металлических материалов по принципу Роквелла определения твердости вдавливанием.

1.2 Этот стандарт включает дополнительные требования в приложениях:

Верификация установок для испытания на твердость по Роквеллу	Приложение A1
Образцовые установки для поверки твердости по Роквеллу	Приложение A2
Стандартизация инденторов Роквелла	Приложение A3
Стандартизация мер твердости, используемых для определения твердости по Роквеллу	Приложение A4
Рекомендации по определению минимальной толщины образца для испытаний	Приложение A5
Корректирования значений твердости при испытании на выпуклых цилиндрических поверхностях	Приложение A6

1.3 Этот стандарт включает необязательную информацию в дополнениях, которые имеют отношение к определению твердости по Роквеллу.

Перечень стандартов ASTM, в которых приводятся значения твердости, соответствующие пределу прочности	Дополнение X1
Примеры методик для определения погрешности твердости по Роквеллу	Дополнение X2

1.4 В то время, когда испытание на твердость по Роквеллу было разработано, уровень усилий определяли в единицах килограмм-сила (кгс), а диаметры шариков инденторов были указаны в дюймах ("). В этом стандарте единицы силы и длины обозначаются в международной системе единиц (СИ); а именно: сила в Ньютонах (Н), а длина в миллиметрах (мм). Тем не менее, из-за использования в прошлом и продолжающегося общего использования, значения силы в единицах килограмм-сила и диаметров шариков в дюймах представлены для информации, и значительная часть обсуждаемой информации ссылается на эти единицы.

1.5 Принципы проведения испытаний, методы испытаний и методы проверки главным образом одинаковы как для определения твердости по Роквеллу, так и для определения поверхностной твердости по Роквеллу. Существенные различия между этими двумя испытаниями заключаются в том, что испытательные усилия меньше для определения поверхностной твердости по Роквеллу, чем для обычного испытания по Роквеллу. Для любого испытания может быть использован один и тот же тип и размер инденторов, в зависимости от используемой шкалы. Таким образом, по всему стандарту термин «Роквелл» подразумевает, как испытание на твердость по Роквеллу, так и определение поверхностной твердости по Роквеллу, если не сказано иначе.

1.6 Данный стандарт не подразумевает адресацию по всем вопросам безопасности, если они связаны с его использованием. Ответственность по установлению необходимых мер безопасности и предосторожности и определению применимости инструктивных ограничений перед использованием лежит на пользователе этого стандарта.

¹ Эти методы испытаний находятся под юрисдикцией ASTM Комитета E28 по Механическим испытаниям и под прямой ответственностью Подкомитета E28.06 по определению твердости вдавливанием.

Настоящее издание утверждено 15 января 2008 г. Опубликовано в марте 2008 г. Первоначально утверждено в 1932 г. Последнее предыдущее издание утверждено в 2007 г. под названием E 18 - 07.

² В этом методе испытания термин «Роквелл» относится к признанному на международном уровне определению твердости вдавливанием, как определено в Разделе 3, а не к оборудованию для испытания на твердость конкретного производителя.

***Раздел с кратким описанием изменений представлен в конце данного стандарта**

Права принадлежат © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.

2. Документы для ссылки

2.1 Стандарты ASTM:³

A 370 Методы испытаний и определения для механических испытаний стальной продукции

A 623 Спецификация на прокат из олова, общие требования

A 623M Спецификация на прокат из олова, общие требования [Метрическая система единиц]

V 19 Спецификация на тонкий лист, штрипс, толстый лист, пруток и диски из патронной латуни

V 36/V 36M Спецификация на толстый лист, тонкий лист, штрипс и катаный пруток из латуни

V 96/V 96M Спецификация на толстый лист, тонкий лист, штрипс и катаный пруток из медно-кремниевого сплава

для общего назначения и сосудов, работающих под давлением

V 103/V 103M Спецификация на толстый лист, тонкий лист, штрипс и катаный пруток из фосфористой бронзы

V 121/V 121M Спецификация на толстый лист, тонкий лист, штрипс и катаный пруток из свинцовой латуни

V 122/V 122M Спецификация на толстый лист, тонкий лист, штрипс и катаный пруток из медно-никеле-оловянного

сплава, медно-никеле-цинкового сплава и медно-никелевого сплава

V 130 Спецификация на промышленный бронзовый штрипс для пулевых оболочек

V 134/V 134M Спецификация на латунную проволоку

V 152/V 152M Спецификация на тонкий лист, штрипс, толстый лист и катаный пруток из меди

V 370 Спецификация на тонкий лист и штрипс из меди для строительства зданий

E 29 Метод использования значащих цифр в результатах испытаний для определения соответствия с техническими условиями

E 92 Метод испытания для определения твердости по Виккерсу для металлических материалов (2010)⁴

E 140 Таблицы преобразования твердости для соотношения металлов между твердостью по Бринеллю, твердостью по Виккерсу, твердостью по Роквеллу, поверхностной твердостью, твердостью по Кнупу и твердостью по Шору

E 384 Метод испытания на твердость материалов при микровдавливании

E 691 Инструкция по ведению межлабораторного исследования для определения точности метода испытаний

2.2. Стандарт американской ассоциации производителей подшипников:

ABMA 10-1989 Металлические шарики⁵

2.3 Стандарты ISO:

ISO 6508-1 Металлические материалы – Испытание на твердость по Роквеллу – Часть 1: Метод испытания (шкалы A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T)⁶

ISO/IEC 17011 Оценка соответствия – Общие требования для сертификационных организаций, аккредитующих соответствие аттестационных организаций

ISO /IEC 17025 Общие требования к компетентности испытательных и поверочных лабораторий⁵

2.4 Стандарт общества инженеров-автомобилистов (SAE):

SAE J417 Испытания на твердость и преобразования чисел твердости⁴

3. Терминология и уравнения

3.1 Определения:

3.1.1 Калибровка – определение значений значащих параметров путем сравнения со значениями, показываемыми контрольным прибором или набором эталонных образцов.

3.1.2 Верификация – проверка или тестирование для гарантирования соответствия техническим условиям.

3.1.3 Стандартизация – приведение в соответствие с известным эталоном путем верификации или калибровки.

3.1.4 Испытание на твердость по Роквеллу – испытание на твердость вдавливанием при использовании верифицированного оборудования для вдавливания алмазного сфероконического индентора или карбид-вольфрамового (или стального) шарикового индентора, при определенных условиях, в поверхность испытуемого материала, и измерение разницы в глубине вдавливания, когда усилие на индентор увеличивается от указанного предварительного испытательного усилия до указанного общего испытательного усилия и затем возвращается к предварительному испытательному усилию.

3.1.5 Испытание на поверхностную твердость по Роквеллу – то же, что и испытание на твердость по Роквеллу, за исключением того, что используются меньшие предварительное и общее испытательные усилия с более короткой шкалой глубин.

3.1.6 Число твердости по Роквеллу – число, полученное из чистого увеличения глубины вдавливания, когда усилие на индентор увеличивается от указанного предварительного испытательного усилия до указанного общего испытательного усилия и затем возвращается к предварительному испытательному усилию.

3.1.7 Установка для определения твердости по Роквеллу – установка, способная выполнять испытание на твердость по Роквеллу и/или испытание на поверхностную твердость по Роквеллу и показывающая получающееся число твердости по Роквеллу.

3.1.7.1 Испытательная установка для определения твердости по Роквеллу – установка для определения твердости по Роквеллу, используемая в общих испытательных целях.

³ Для ссылки на указанные стандарты ASTM посетите веб-сайт ASTM: www.astm.org, или свяжитесь со службой потребителей ASTM по электронной почте: service@astm.org. Для информации о томе "Ежегодная книга стандартов ASTM" см. страницу "Краткое описание стандартов" на веб-сайте ASTM

⁴ Доступен в Обществе инженеров-автомобилистов (SAE), 400 Commonwealth Dr., Warrendale, PA 15096-0001, <http://www.sae.org>

3.1.7.2 *Образцовая установка для проверки твердости по Роквеллу* - установка для определения твердости по Роквеллу, используемая для стандартизации инденторов, применяемых при определении твердости по Роквеллу, и для стандартизации мер твердости при определении твердости по Роквеллу. Образцовая установка для проверки отличается от обычной испытательной установки для определения твердости тем, что имеет более жесткие допуски по некоторым параметрам.

3.2 *Уравнения:*

3.2.1 Среднее значение \bar{H} серии из n измерений твердости H_1, H_2, \dots, H_n рассчитывается следующим образом:

$$\bar{H} = (H_1 + H_2 + \dots + H_n)/n \quad (1)$$

3.2.2 *Ошибка E* выполнения установкой определения твердости по Роквеллу при каждом уровне твердости, относительно стандартизированной шкалы, определяется следующим образом:

$$E = \bar{H} - H_{STD} \quad (2)$$

где:

\bar{H} – среднее значение n измерений твердости H_1, H_2, \dots, H_n , выполненных на стандартизированной мере твердости, как части верификации рабочих характеристик, H_{STD} – сертифицированное среднее значение твердости стандартизированной меры твердости.

3.2.3 *Стабильность R* рабочих характеристик установки для испытания на твердость по Роквеллу при каждом уровне твердости, при особых условиях верификации, оценивается рядом n измерений твердости, проведенных на стандартизированной мере твердости, как части верификации рабочих характеристик, определяется как:

$$R = H_{max} - H_{min} \quad (3)$$

где:

H_{max} – самое высокое значение твердости, и

H_{min} – самое низкое значение твердости.

4. Значение и использование

4.1 Испытание на твердость по Роквеллу – это эмпирическое испытание на твердость вдавливанием, которое может сообщить полезную информацию о металлических материалах. Эта информация может быть сопоставлена с пределом прочности, сопротивлением износу, ковкостью и другими физическими свойствами металлических материалов, и может быть полезной при контроле качества и выборе материалов.

4.2 Испытания на твердость по Роквеллу считаются удовлетворительными для приемочных испытаний промышленных партий и широко используются в промышленности в этих целях.

4.3 Испытание на твердость по Роквеллу в специфическом месте образца может не отображать физические свойства всего образца или продукта.

4.4 Строгое соблюдение этого стандартного метода испытаний обеспечивает единство измерений с национальными стандартами по испытаниям на твердость по Роквеллу, за исключением случаев, когда оговорено другое.

5. Принципы проведения испытаний и оборудование

5.1 *Принцип испытания на твердость по Роквеллу* – Главный принцип испытания на твердость по Роквеллу вдавливанием отображен на Рис. 1. Испытание делится на три этапа приложения и снятия усилия.

Шаг 1 – Индентор подводится для контакта с образцом для испытаний, и прикладывается предварительное испытательное усилие F_0 . После приложения предварительного испытательного усилия в течение определенного времени выдержки измеряется исходная глубина вдавливания.

Шаг 2 – Усилие на индентор увеличивается с контролируемой скоростью на величину дополнительного испытательного усилия F_1 до достижения суммарного испытательного усилия F . Суммарное испытательное усилие удерживается в течение определенного времени выдержки.

Шаг 3 – Дополнительное испытательное усилие снимается и происходит возвращение к предварительному испытательному усилию. После приложения предварительного испытательного усилия в течение определенного времени выдержки измеряется конечная глубина вдавливания. Значение твердости по Роквеллу выводится из разницы h между конечной и исходной глубиной вдавливания, под действием предварительного испытательного усилия. Предварительное испытательное усилие удаляется, и индентор отводится от образца для испытаний.

5.1.1 Существуют две общих классификации испытаний по Роквеллу: испытание на твердость по Роквеллу и испытание на поверхностную твердость по Роквеллу. Основное различие между этими двумя классификациями испытания состоит в используемых испытательных усилиях. Для испытания на твердость по Роквеллу предварительное испытательное усилие равно 10 кгс (98 Н), а суммарные испытательные усилия составляют 60 кгс (589 Н), 100 кгс (981 Н) и 150 кгс (1471 Н). Для испытания на поверхностную твердость по Роквеллу предварительное испытательное усилие равно 3 кгс (29 Н), а суммарные испытательные усилия составляют 15 кгс (147 Н), 30 кгс (294 Н) и 45 кгс (441 Н).

5.1.2 Инденторы для испытания на твердость по Роквеллу делятся на: алмазные сфероконические инденторы и карбид-вольфрамовые шариковые инденторы определенных диаметров.

5.1.2.1 Стальные инденторные шарики могут применяться только для испытания тонколистовой прокатной продукции, определенной в Технических условиях А 623 и А 623М, при использовании шкал HR15T и HR30T

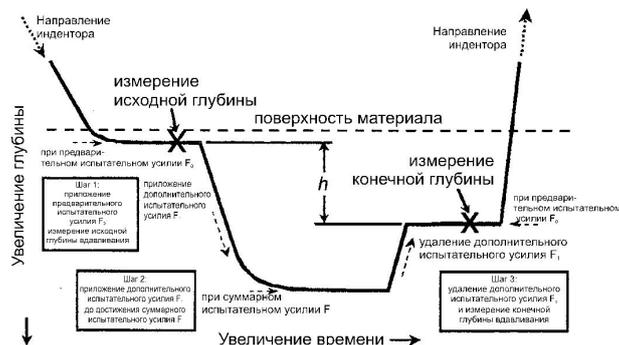


Рис. 1 Метод испытания на твердость по Роквеллу (принципиальная схема)

и наковальни с алмазной площадкой. Испытание такой продукции может дать значительно отличающиеся результаты при использовании карбид-вольфрамового шарика по сравнению с данными прошлых испытаний, полученными при использовании стального шарика. Использование карбид-вольфрамовых шариков обеспечивает улучшение испытания на твердость по Роквеллу из-за тенденции стальных шариков к сплющиванию при использовании, что приводит к получению неверных завышенных значений твердости. Пользователь предупреждается, что испытания на твердость по Роквеллу при сравнении использования стальных и карбид-вольфрамовых шариков дают разные результаты. Например, в зависимости от испытываемого материала и уровня его твердости, испытания на твердость по Роквеллу по шкале В при использовании карбид-вольфрамового шарикового индентора дали результаты примерно на один пункт по Роквеллу меньше, чем при использовании стального шарикового индентора.

Примечание 1 – В предыдущих изданиях этого стандарта утверждалось, что стальной шарик был стандартным типом инденторного шарика для испытания по Роквеллу. Карбид-вольфрамовый шарик считается стандартным типом инденторного шарика для испытания по Роквеллу. Использование карбид-вольфрамовых шариков обеспечивает улучшение испытания на твердость по Роквеллу из-за тенденции стальных шариков к сплющиванию при использовании, что приводит к получению неверных завышенных значений твердости. Пользователь предупреждается, что испытания на твердость по Роквеллу при сравнении использования стальных и карбид-вольфрамовых шариков дают разные результаты. Например, в зависимости от испытываемого материала и уровня его твердости, испытания на твердость по Роквеллу по шкале В при использовании карбид-вольфрамового шарикового индентора дали результаты примерно на один пункт по Роквеллу меньше, чем при использовании стального шарикового индентора.

5.1.3 Шкалы твердости по Роквеллу определяются комбинацией индентора и испытательных усилий, которые могут использоваться. Стандартные шкалы твердости по Роквеллу и типичные виды применения шкал приведены в Таблицах 1 и 2. Значения твердости по Роквеллу следует определять и представлять согласно одной из этих стандартных шкал.

5.2 *Вычисление числа твердости по Роквеллу* – Во время испытания по Роквеллу усилие на индентор увеличивается от предварительного испытательного усилия до суммарного испытательного усилия и затем возвращается к предварительному испытательному усилию. Разница между измерениями двух глубин вдавливания, под действием предварительного испытательного усилия, измеряется как h (см. Рис. 1).

5.2.1 Единицей измерения для h является мм. Из значения h выводится число твердости по Роквеллу. Число твердости по Роквеллу рассчитывается следующим образом:

5.2.1.1 Для шкал при использовании алмазного сфероконического индентора (см. Таблицы 1 и 2):

$$\text{Твердость по Роквеллу} = 100 - h/0,002 \quad (4)$$

$$\text{Поверхностная твердость по Роквеллу} = 100 - h/0,001 \quad (5)$$

где h в мм.

5.2.1.2 Для шкал при использовании шарикового индентора (см. Таблицы 1 и 2):

$$\text{Твердость по Роквеллу} = 130 - h/0,002 \quad (6)$$

$$\text{Поверхностная твердость по Роквеллу} = 100 - h/0,001 \quad (7)$$

где h в мм.

5.2.2 Число твердости по Роквеллу является случайным числом, которое согласно методу вычисления приводится к более высокому номеру для более твердого материала.

5.2.3 Не следует обозначать значения твердости по Роквеллу только числом, потому что необходимо указать, какой индентор и усилия применялись при проведении испытания (см. Таблицы 1 и 2). Числа твердости по Роквеллу следует сопровождать символом шкалы, который показывает используемые индентор и усилия. После номера твердости следует символ HR и обозначение шкалы. Когда используется шариковый индентор, после обозначения шкалы следует буква «W» для обозначения использования карбид-вольфрамового шарика и буква «S» для обозначения использования стального шарика (см. 5.1.2.1).

Таблица 1 Шкалы твердости по Роквеллу

Символ шкалы	Индентор	Суммарное испытательное усилие, кгс	Набираемые цифры	Типичные виды применения шкал
B	1/16 дюйм. шариковый	(1,588 мм)	100	Сплавы меди, мягкие стали, алюминиевые сплавы, ковкий чугун и т.д.
C	алмазный		150	
A	алмазный		60	Твердые сплавы, тонкая сталь и сталь с очень тонким упрочненным поверхностным слоем. Тонкая сталь, сталь с упрочненным поверхностным слоем средней толщины и перлитный ковкий чугун.
D	алмазный		100	
E	1/8 дюйм. шариковый	(3,175 мм)	100	Чугун, сплавы алюминия и магния, подшипниковые металлы.
F	1/16 дюйм. шариковый	(1,588 мм)	60	
G	1/16 дюйм. шариковый	(1,588 мм)	150	Сплавы обожженной меди, мягкие тонколистовые металлы. Ковкие чугуны, медно-никеле-цинковые и мельхиоровые сплавы. Верхний предел G92 для предотвращения возможного сплющивания шарика. Алюминий, цинк, свинец.
			60	
H	1/8 дюйм. шариковый	(3,175 мм)	150	Подшипниковые металлы и другие очень мягкие и тонкие материалы. Используйте наименьший шарик и самую большую нагрузку, которая не дает эффект наковальни.
K	1/8 дюйм. шариковый	(3,175 мм)	60	
L	1/4 дюйм. шариковый	(6,350 мм)	100	
M	1/4 дюйм. шариковый	(6,350 мм)	150	
P	1/4 дюйм. шариковый	(6,350 мм)	60	
R	1/2 дюйм. шариковый	(12,70 мм)	100	
S	1/2 дюйм. шариковый	(12,70 мм)	150	
V	1/2 дюйм. шариковый	(12,70 мм)	150	

Таблица 2 Шкалы поверхностной твердости по Роквеллу

Суммарное испытательное усилие, кгс (Н)	Символы шкалы				
	N шкала, алмазный индентор	T шкала, 1/16 дюйм. шарик (1,588 мм)	W шкала, 1/8 дюйм. шарик (3,175 мм)	X шкала, 1/4 дюйм. шарик (6,350 мм)	Y шкала, 1/2 дюйм. шарик (12,70 мм)
15 (147)	15N	15T	15W	15X	15Y
30 (294)	30N	30T	30W	30X	30Y
45 (441)	45N	45T	45W	45X	45Y

5.2.3.1 Примеры:

64 HRC – число твердости по Роквеллу 64 по шкале Роквелла C

81 HR30N – число поверхностной твердости по Роквеллу 81 по шкале Роквелла 30N

72 HRBW – число твердости по Роквеллу 72 по шкале Роквелла B при использовании карбид-вольфрамового шарикового индентора

5.2.4 Записанные значения измеренных чисел твердости по Роквеллу или среднего значения твердости по Роквеллу должны быть округлены в соответствии с Инструкцией E 29 с точностью не более чем точность значения твердости, отображаемого на экране испытательной установки. Обычно, точность номера твердости по Роквеллу должна быть не более 0,1 единицы по Роквеллу.

Примечание 2 – Когда испытание на твердость по Роквеллу используется для приемки промышленной продукции и материалов, пользователь должен принимать во внимание потенциальную разницу в измерениях между испытательными установками для определения твердости, разрешаемыми этим стандартом (см. Раздел 10, Точность и отклонения). Из-за допустимых пределов допусков для повторяемости и погрешности испытательных установок, как указано в проверочных требованиях Приложения A1, одна испытательная установка может иметь результат испытания, который отличается на один или более пунктов от другой испытательной установки, хотя обе установки могут входить в проверочные допуски (см. Таблицу A1.3). Обычно для приемочных испытаний значения твердости по Роквеллу округляются до целых значений согласно Инструкции E 29. Поощряется, чтобы пользователи адресовали инструкции по округлению в отношении приемочных испытаний в рамках их системы менеджмента качества и предъявляли любые известные специальные требования при пересмотре контрактов.

5.3 Испытательная установка Роквелла – Испытательная установка Роквелла может проводить определения твердости по Роквеллу с приложением испытательных усилий и измерением глубины вдавливания в соответствии с

принципом проведения испытания на твердость по Роквеллу.

5.3.1 См. инструкцию по эксплуатации производителя оборудования в отношении описания характеристик установки, ограничений и соответствующих технологических операций.

5.3.2 Испытательная установка Роквелла автоматически преобразует измерения глубины в число твердости по Роквеллу и указывает число твердости и шкалы Роквелла с помощью электронного устройства или механического индикатора.

5.4 *Инденторы* – Стандартные инденторы Роквелла – это либо алмазные сфероконические инденторы, либо карбид-вольфрамовые шарики диаметрами 1,588 мм (1/16 дюйма), 3,175 мм (1/8 дюйма), 6,350 мм (1/4 дюйма) или 12,70 мм (1/2 дюйма). Инденторы должны отвечать требованиям, определенным в Приложении А3. Стальные шариковые инденторы могут использоваться в определенных случаях (см. 5.1.2.1).

5.4.1 Не допускается скопление на инденторе пыли, грязи или других инородных материалов, т.к. это влияет на результаты испытания.

Примечание 3 – Инденторы, отвечающие техническим требованиям редакции E18-07 или более поздней редакции, должны соответствовать требованиям настоящего стандарта.

5.5 *Опора для образца* – Должна использоваться такая опора для образца или «наковальня», которая подходит для поддержки образца, который будет испытываться. Посадочная и опорная поверхности всех наковален должны быть чистыми и гладкими и свободными от ямок, глубоких царапин и инородных материалов. Повреждение наковальни может произойти при испытании слишком тонкого материала или случайном контакте наковальни с индентором. Если наковальня повреждена по какой-либо причине, она должна быть отремонтирована или заменена. Наковальни, имеющие самые малые визуально различимые повреждения, могут давать неточные результаты, особенно на тонком материале.

5.5.1 Обычные опорные наковальни для образцов должны иметь минимальную твердость в 58 HRC. Для некоторых специальных опорных наковален требуется меньшая твердость материала.

5.5.2 Плоские образцы должны испытываться на плоских наковальнях с гладкой, плоской опорной поверхностью, плоскость которой перпендикулярна оси индентора.

5.5.3 Цилиндрические образцы малого диаметра должны испытываться с помощью наковальни, имеющей V-образную канавку, с осью V-образной канавки прямо под индентором или на двух твердых параллельных цилиндрах, правильно установленных и зажатых в их основании. Эти типы опор для образцов поддерживают образцы с вершиной цилиндра прямо под индентором.

5.5.4 Для тонких материалов или образцов, которые не являются абсолютно плоскими, необходимо использовать наковальню, имеющую приподнятую плоскую «площадку» диаметром от 3 до 12,5 мм (от 1/8 до 1/2 дюйма). Такая площадка должна быть отшлифована до получения гладкой и плоской поверхности. Очень мягкий материал не следует испытывать на наковальне, имеющей площадку, потому что применяемые усилия могут вызвать проникновение наковальни в нижнюю часть образца независимо от толщины.

5.5.5 При испытании тонколистового металла с помощью шарикового индентора рекомендуется использование наковальни с алмазной площадкой. Хорошо отшлифованная алмазная поверхность должна иметь диаметр от 4,0 до 7,0 мм (от 0,157 до 0,2875 дюйма) и быть центрованной в пределах 0,5 мм (0,02 дюйма) наконечника индентора.

5.5.5.1 **ВНИМАНИЕ:** Наковальня, имеющая алмазную площадку, должна использоваться только с максимальным суммарным испытательным усилием в 45 кгс (441 Н) и шариковым индентором. Необходимо соблюдать эту рекомендацию, за исключением случаев, если сказано иначе в соответствии с техническими условиями на материал.

5.5.6 Специальные наковальни и зажимы, включая зажимные устройства, могут потребоваться для испытания образцов или частей, которые не могут быть закреплены при помощи стандартных наковален. Могут быть использованы вспомогательные опоры для испытания длинных образцов, которые имеют такие большие выступающие элементы, что образец неплотно сидит при приложении предварительного усилия.

5.6 *Верификация* – Испытательные установки Роквелла должны периодически проходить проверку согласно Приложению А1.

5.7 *Меры твердости* – Для проверки испытательной установки в соответствии с Приложением А1 должны использоваться меры твердости, отвечающие требованиям Приложения А4.

Примечание 4 – Меры твердости, отвечающие техническим требованиям редакции E18-07 или более поздней редакции, должны соответствовать требованиям настоящего стандарта.

Примечание 5 - Известно, что подходящие меры твердости не доступны для всех геометрических форм и/или материалов.

6. Образец для испытаний

6.1 Для получения наилучших результатов и поверхность для испытаний, и нижняя поверхность образца для испытаний должны быть гладкими, ровными и свободными от окалины, инородных материалов и смазок. Исключение составляют некоторые материалы, такие как химически активные металлы, которые могут налипать на индентор. В таких случаях может быть использована подходящая смазка, такая как керосин. Использование смазки должно быть описано в протоколе испытаний.

6.2 Приготовление должно проводиться таким способом, чтобы минимизировать любое изменение поверхностной твердости испытываемой поверхности (например, из-за нагрева или наклепа).

6.3 Толщина образца для испытаний или слоя для испытания должна быть такой, как определено в таблицах и представлено графически в Приложении А5. Эти таблицы были составлены на базе исследований на штрипсе из углеродистой стали и – доказано – дают надежные результаты. Для всех других материалов рекомендуется, чтобы толщина превосходила в 10 раз глубину вдавливания. Как правило, после испытания не видно никакой деформации на обратной стороне образца для испытаний, хотя не всегда ее наличие является показателем плохого испытания.

6.3.1 Необходимо специально рассмотреть случаи испытания образцов, которые демонстрируют перепады твердости; например, образцы, которые имеют поверхностные слои, упрочненные при помощи цементации, нитроцементации, азотирования, индукции и т.д. Рекомендации по минимальной толщине, приведенные в Приложении А5, применяются только для материалов с равномерной твердостью и не должны использоваться для определения подходящей шкалы для измерения образцов с перепадами твердости. Выбор подходящей шкалы твердости по Роквеллу для образцов с перепадами твердости должен быть сделан при помощи специального соглашения.

Примечание 6 – Таблица, имеющая перечень минимально эффективной глубины поверхностного слоя, необходимой для различных шкал Роквелла, приведена в SAE J417.

6.4 При испытании на выпуклых цилиндрических поверхностях результат может неточно отображать подлинную твердость по Роквеллу; поэтому должны быть применены поправки, приведенные в Приложении А6. Для диаметров, имеющих размеры между теми, что даны в таблицах, поправочные коэффициенты могут быть выведены с помощью линейной интерполяции. Испытания, выполненные на диаметрах меньших, чем те, что даны в Приложении А6, недопустимы. Поправки для испытаний на сферических и вогнутых поверхностях должны быть предметом специального соглашения.

Примечание 7 – Таблица поправочных значений, которая может быть применена для результатов испытаний на сферических поверхностях, приведена в ISO 6508-1.

7. Методика испытаний

7.1 Ежедневная верификация испытательной установки должна проводиться в соответствии с А1.5 перед выполнением испытаний на твердость. Измерения твердости должны проводиться только на откалиброванной поверхности меры твердости.

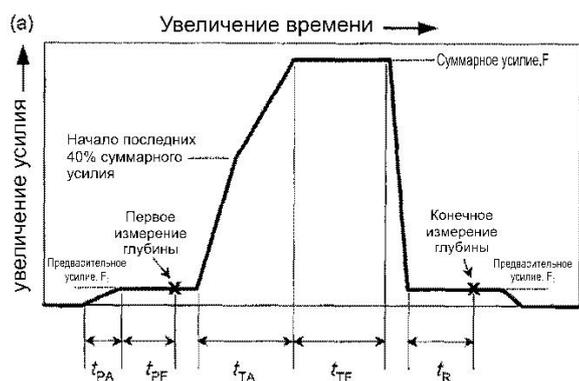


Рис. 2 Схематические диаграммы "усилие – время" (а) и "глубина индентора – время" (b) испытания HRC, демонстрирующие части цикла испытаний

7.2 Испытания на твердость по Роквеллу должны выполняться при температуре окружающей среды в пределах от 10 до 35 °C (от 50 до °F). Лица, проводящие испытания на твердость по Роквеллу, предупреждаются, что температура материала для испытания и температура прибора для определения твердости могут влиять на результаты испытания. Соответственно, пользователи должны гарантировать, что температура испытания не оказывает неблагоприятное влияние на измерение твердости.

7.3 Образец для испытаний должен быть жестко закреплен, чтобы перемещение поверхности для испытания было сведено к минимуму (см. 5.5).

7.4 Цикл испытаний – Этот стандарт определяет цикл испытаний по Роквеллу, формулируя рекомендации и требования для пяти отдельных частей цикла. Эти части показаны для испытания на определение твердости по шкале Роквелла С на Рис. 2, и определены следующим образом:

(1) *Скорость при контакте, V_A* – Скорость индентора в точке контакта с материалом для испытания.

(2) *Время выдержки предварительного усилия, t_{PF}* – Время выдержки, начиная с момента, когда полностью приложено предварительное усилие, и заканчивая моментом, когда измерена первая исходная глубина вдавливания (см. также 7.4.1.3).

(3) *Время приложения дополнительного усилия, t_{TA}* – Время приложения дополнительного усилия до получения полного суммарного усилия.

(4) *Время выдержки суммарного усилия, t_{TF}* – Время

выдержки, пока полностью приложено суммарное усилие.

(5) *Время выдержки для упругого восстановления, t_R* – Время выдержки на уровне предварительного усилия, начиная с момента, когда дополнительное усилие полностью удалено, и заканчивая моментом, когда измерена вторая и конечная глубина вдавливания.

7.4.1 Стандартный цикл испытаний на твердость по Роквеллу указан в Таблице 3. Цикл испытаний, используемый для испытаний на твердость по Роквеллу, должен быть в соответствии с этими значениями и допусками цикла испытания (см. Примечание 8), за исключением следующих случаев.

7.4.1.1 *Меры предосторожности для материалов, имеющих сильно зависимость от времени пластичность (ползучесть при вдавливании)* – В случае материалов, демонстрирующих сильное пластическое течение после приложения суммарного испытательного усилия, могут быть необходимы специальные соображения, с момента, когда индентор продолжит проникновение. Если материалы требуют использования большего времени выдержки суммарного усилия, чем для стандартного цикла испытаний, приведенного в Таблице 3, об этом должно быть сказано в технических условиях на эту продукцию. В таких случаях используемое фактическое увеличенное время выдержки суммарного усилия должно быть записано в протоколе испытаний (например, 65 HRFW, 10 с).

ТАБЛИЦА 3 Допустимые отклонения для цикла испытаний

Параметр цикла испытаний	Допустимое отклонение
Скорость индентора при контакте, V_A (рекомендованная)	$\leq 2,5$ мм/с
Время выдержки для предварительного усилия, t_{PF} (если время приложения предварительного усилия $t_{PA} \geq 1$ с, то рассчитайте этот параметр как $t_{PA}/2 + t_{PF}$)	от 0,1 до 4,0 с
Время приложения дополнительного усилия, t_{TA}	от 1,0 до 8,0 с
Время выдержки для суммарного усилия, t_{TF}	от 2,0 до 6,0 с
Время выдержки для упругого восстановления, t_R	от 0,2 до 5,0 с

7.4.1.2 Бывают условия испытаний, которые могут требовать, чтобы скорость индентора при контакте превышала рекомендованный максимум, указанный в Таблице 3. Пользователь должен гарантировать, что более высокая скорость при контакте не приведет к удару или перегрузке, которые могут повлиять на результат твердости. Рекомендуется провести сравнительные испытания на одном и том же испытуемом материале, используя цикл испытаний в пределах требований, указанных в Таблице 3.

7.4.1.3 Для испытательных установок, которым требуется 1 с или более для приложения предварительного усилия t_{PA} , значение времени выдержки предварительного усилия t_{PF} должно быть подобрано перед сравнением параметра с допусками Таблицы 3 путем добавления к нему одной половины t_{PA} , т.е. $t_{PA}/2 + t_{PF}$. Для испытательных установок, которым требуется 1 с или менее, для приложения предварительного усилия t_{PA} , это регулирование значения времени выдержки предварительного усилия t_{PF} является необязательным.

Примечание 8 – Рекомендуется, чтобы цикл испытаний, который используется на установке для испытания на твердость, максимально совпадал с циклом испытаний для непрямо́й верификации установки для испытания твердость. Варьирование значений параметров цикла испытаний в пределах допусков Таблицы 3 может привести к получению разных результатов твердости.

7.5 *Методика испытаний* – Существует много конструкций установок для испытания на твердость по Роквеллу, требующих различного уровня ручного управления. Некоторые установки для испытания на твердость могут выполнять процесс испытания на твердость по Роквеллу автоматически, почти без вмешательства оператора, в то время как другие установки требуют, чтобы оператор контролировал большую часть испытательного процесса.

7.5.1 Поднесите индентор для контакта с испытательной поверхностью в направлении, перпендикулярном поверхности и, если возможно, при скорости в пределах рекомендуемой максимальной скорости при контакте V_A .

7.5.2 Приложите предварительное испытательное усилие F_0 в 10 кгс (98 Н) для испытания на твердость по Роквеллу или 3 кгс (29 Н) для испытания на поверхностную твердость по Роквеллу.

7.5.3 Выдерживайте предварительное усилие в течение указанного времени выдержки предварительного усилия t_{PF} .

7.5.4 В конце времени выдержки предварительного усилия t_{PF} сразу же установите исходное положение исходной глубины вдавливания (см. технологическую инструкцию производителя).

7.5.5 Увеличьте усилие на значение дополнительного испытательного усилия F_1 , необходимого для получения требуемого суммарного усилия F для заданной шкалы твердости (см. Таблицы 1 и 2). Дополнительное усилие F_1 должно быть приложено контролируемым образом в пределах указанного времени приложения t_{TA} .

7.5.6 Удерживайте суммарное усилие F в течение указанного времени выдержки суммарного усилия t_{TF} .

7.5.7 Удалите дополнительное испытательное усилие F_1 , установив предварительное испытательное усилие F_0 .

7.5.8 Удерживайте предварительное усилие F_0 в течение необходимого времени, чтобы произошло упругое восстановление в испытуемом материале и растянутой станине.

7.5.9 В конце времени выдержки для упругого восстановления сразу же установите конечную глубину вдавливания (см. технологическую инструкцию производителя). Испытательная установка подсчитает разницу между конечной и исходной глубиной и покажет итоговое значение твердости по Роквеллу. Номер твердости по Роквеллу выводится из дифференциального увеличения глубины вдавливания, как определено в уравнениях 4, 5, 6 и 7.

7.6 Во время испытания оборудование должно быть защищено от ударов и вибрации, которые могут повлиять на результат измерения твердости.

7.7 После каждого изменения или удаления и замены индентора или наковальни следует провести, по крайней мере, два вдавливания для гарантирования того, что индентор и наковальня хорошо посажены. Результатами предварительных вдавливаний нужно пренебречь.

7.8 После каждого изменения испытательного усилия или удаления и замены индентора или наковальни строго рекомендуется, чтобы работа установки была проверена в соответствии с методом ежедневной верификации, описанной в Приложении A1.

7.9 *Пространство для вдавливания* – Твердость материала непосредственно вокруг зоны проведенного вдавливания обычно увеличивается из-за остаточных напряжений и твердения при наклепе, вызываемых процессом вдавливания. Если новое вдавливание проводится в этой наклепанной части материала, измеренное значение твердости будет, как правило, выше, чем фактическая твердость всего материала. Также, если вдавливание проводится слишком близко к кромке материала или слишком близко к месту предыдущего проведенного вдавливания, материал может оказаться непригодным для сдерживания зоны деформации, окружающей место вдавливания. Это может привести к

очевидному снижению значения твердости. Обоих этих случаев можно избежать, определив подходящее пространство между вдавливаниями и от кромки материала.

7.9.1 Расстояние между центрами двух соседних вдавливаний должно быть, по меньшей мере, в три раза больше диаметра d лунки от вдавливания (см. Рис. 3).

7.9.2 Расстояние от центра любого вдавливания до кромки образца для испытаний должно быть, по меньшей мере, в два с половиной раза больше диаметра лунки от вдавливания (см. Рис. 3).

8. Преобразование в другие шкалы твердости или в значения предела прочности

8.1 Нет общего метода точного преобразования чисел твердости по Роквеллу по одной шкале в числа твердости по Роквеллу по другой шкале или в другие виды чисел твердости или в значения предела прочности. Такие преобразования являются, в лучшем случае, приближенными значениями, и поэтому их нужно избегать, за исключением особых случаев, когда надежное основание для приближенного преобразования получено при помощи сравнительных испытаний.

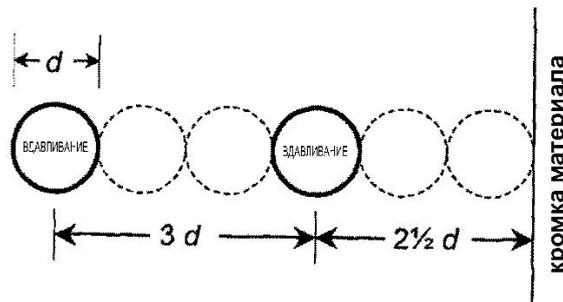


РИС. 3. Схема минимального пространства для вдавливания

Примечание 9 – Стандартные таблицы преобразования твердости для металлов (стандарт E 140) дают приближенные преобразовательные значения для особых материалов таких, как сталь, аустенитная нержавеющая сталь, никелевые сплавы и сплавы с повышенным содержанием никеля, патронная латунь, медные сплавы и легированные белые чугуны. Значения твердости по Роквеллу в таблицах преобразования стандарта E 140 были определены при использовании стальных шариковых инденторов.

Примечание 10 – Стандарты ASTM, в которых приводятся приближенные соотношения твердости и предела прочности, перечислены в Дополнении X1.

9. Отчет

9.1 Отчет об испытаниях должен включать следующую информацию:

9.1.1 Число твердости по Роквеллу. Все отчеты о числах твердости по Роквеллу должны содержать используемую шкалу. Число, которое вносится в отчет, должно быть округлено в соответствии с Инструкцией E 29 (см. 5.2.4 и Примечание 2),

9.1.2 Время выдержки суммарного усилия, если оно выходит за пределы указанного допуска стандартного цикла испытаний, и

9.1.3 Температуру окружающего воздуха во время проведения испытания, если она выходит за пределы от 10 до 35 °C (от 50 до 95 °F), если было показано, что она не влияет результат измерений.

10. Точность и отклонения ^{8,9}

10.1 *Точность* – Исследование точности и отклонений испытания на твердость по Роквеллу было проведено в 2000 г. в соответствии с Руководством E 691. Испытания проводились по следующим шести шкалам Роквелла: HRA, HRC, HRBS, HR30N, HR30TS и HRES. Испытания по шкалам HRBS, HR30TS и HRES были выполнены при использовании стальных шариковых инденторов. Для этого исследования всего было использовано 18 мер твердости для испытания по Роквеллу, возможных на тот момент видов. Меры твердости испытывались при трех различных уровнях твердости (высокая, средняя и низкая) по каждой шкале. Результаты первого исследования содержатся в отчете об исследовании ASTM RR: E28-1021. ^{8,9}

10.2 Начиная с издания E 18-05, этот стандарт изменил использование стальных шариков на карбидные шарики для всех шкал, которые используют шариковый индентор. Из-за этого изменения было проведено второе исследование в 2006 г. Второе исследование было проведено в соответствии с Руководством E 691 и было идентичным исходному исследованию, за исключением того, что оно было ограничено испытанием для шкал HRBW, HR30TW и HREW, которые все используют карбидные шариковые инденторы. Результаты этого исследования содержатся в отчете об исследовании ASTM RR: E28-1022.

10.3 Всего 14 различных лабораторий участвовали в двух исследованиях. Восемь принимали участие в первом исследовании, и девять - во втором исследовании. Три лаборатории участвовали в обоих исследованиях. Лаборатории, которые были выбраны для участия в этом исследовании, представляли собой промышленные испытательные лаборатории (6), внутриведомственные лаборатории (5) и поверочные лаборатории производителей мер твердости (3). Каждая лаборатория была проинструктирована об испытании каждой меры твердости в трех определенных местах на поверхности мер твердости. Все испытания должны были быть проведенными в соответствии с ASTM E 18-05.

10.4 Результаты, приведенные в Таблице 4, могут быть полезными при интерпретировании различий в измерениях. Эта таблица является комбинацией двух исследований. Алмазные шкалы HRC, HRA и HR30N – из первого

исследования, а шариковые шкалы HRBW, HREW и HR30TW – из второго исследования. Эта комбинация отражает испытания, которые проводятся в настоящее время.

⁸ Подтверждающие данные были поданы в международную штаб-квартиру ASTM и могут быть получены путем запроса отчета о научно-исследовательской работе RR: E28-1021.

⁹ Подтверждающие данные были поданы в международную штаб-квартиру ASTM и могут быть получены путем запроса отчета о научно-исследовательской работе RR: E28-1022.

Таблица 4 Результаты исследования точности и отклонений

Мера твердости	Среднее значение твердости	Sr	SR	r_{PB}	R_{PB}
Данные исследования 2000 г.					
62.8 HRA	62,50	0,164	0,538	0,459	1,506
73.1 HRA	73,04	0,138	0,358	0,387	1,002
83.9 HRA	84,54	0,085	0,468	0,238	1,309
25.0 HRC	24,99	0,335	0,440	0,937	1,232
45.0 HRC	45,35	0,156	0,259	0,438	0,725
65.0 HRC	65,78	0,153	0,389	0,427	1,089
45.9 HR30N	46,75	0,299	2,489	0,837	6,969
64.0 HR30N	64,74	0,248	0,651	0,694	1,822
81.9 HR30N	82,52	0,195	0,499	0,547	1,396
Данные исследования 2006 г.					
40 HRBW	43,90	0,492	0,668	1,378	1,871
60 HRBW	61,77	0,663	0,697	1,855	1,953
95 HRBW	91,09	0,250	0,292	0,701	0,817
62 HREW	64,07	0,346	0,675	0,970	1,890
81 HREW	81,61	0,232	0,406	0,649	1,136
100 HREW	96,22	0,177	0,322	0,497	0,901
22 HR30TW	18,33	0,702	0,901	1,965	2,522
56 HR30TW	58,0	0,476	0,517	1,333	1,447
79 HR30TW	81,0	0,610	0,851	1,709	2,382

10.5 Значение r_{PB} указывает на обычное количество отклонений, которое можно ожидать среди результатов испытаний, полученных для одного и того же материала одним и тем же оператором при использовании одного и того же прибора для определения твердости в один и тот же день. Если сравнивать результаты двух испытаний, проведенных в таких условиях, разница в измерениях меньшая, чем значение r_{PB} для шкалы Роквелла является признаком того, что результаты могут быть равнозначными.

10.6 Значение R_{PB} указывает на обычное количество отклонений, которое можно ожидать среди результатов испытаний, полученных для одного и того же материала разными операторами при использовании разных приборов для определения твердости в разные дни. Если сравнивать результаты двух испытаний, проведенных в таких условиях, разница в измерениях меньшая, чем значение R_{PB} для шкалы Роквелла является признаком того, что результаты могут быть равнозначными.

10.7 Любые оценки, основанные на 10.5 и 10.6, будут иметь приблизительно 95% вероятность того, что они являются верными.

10.8 Это исследование точности и отклонений было выполнено для выбранного числа наиболее часто используемых шкал Роквелла. Для неуказанных шкал Роквелла значения r_{PB} и R_{PB} могут быть рассчитаны при использовании таблиц преобразования стандарта E 140 для определения соответствующих приращений твердости для интересующей шкалы при интересующем уровне твердости. Пользователь предупреждается, что получение значений r_{PB} и R_{PB} таким путем уменьшает вероятность их верности.

10.9 Несмотря на то, что точные значения, приведенные в Таблице 4, являются руководством по интерпретированию различий в результатах измерений твердости по Роквеллу, полная оценка неточности измерений обеспечит более точное интерпретирование результатов для особых условий испытаний.

10.10 Полученные данные, как правило, показали достаточную точность, за исключением шкалы 45.9 HR30N. Для этой шкалы значения r_{PB} и R_{PB} являются очень высокими по сравнению со всеми другими шкалами. Изучение исходных данных показало, что результаты одной лаборатории были намного более высокими, чем других, значительно влияя на общие результаты для этой шкалы. Результаты по всем другим шкалам выглядят допустимыми.

10.11 *Отклонения* – Нет известных стандартов, в которых проведена полная оценка отклонений данного метода испытаний.

11. Ключевые слова

11.1 твердость; механическое испытание; металлы, Роквелл

ПРИЛОЖЕНИЯ

(Необязательная информация)

A1. ВЕРИФИКАЦИЯ УСТАНОВОК ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ НА ТВЕРДОСТЬ ПО РОКВЕЛЛУ

A1.1 Область действия

A1.1.1 Приложение A1 определяет три вида процедур по проверке испытательных установок для испытания на твердость по Роквеллу: *прямая верификация, непрямая верификация и ежедневная верификация.*

A1.1.2 Прямая верификация – это процесс проверки того, что критические компоненты установки для испытания на твердость находятся в пределах допустимых отклонений путем прямого измерения усилий испытания, системы измерения глубины, гистерезиса установки и цикла испытаний.

A1.1.3 Непрямая верификация – это процесс периодической проверки рабочих характеристик испытательной установки с помощью стандартизированных мер твердости и инденторов.

A1.1.4 Ежедневная верификация – это процесс оперативного контроля рабочих характеристик испытательной установки между непрямыми верификациями с помощью стандартизированных мер твердости.

A1.1.5 Строгое соблюдение этого стандарта и приложения обеспечивает единство измерений с национальными стандартами, за исключением случаев, если указано иное.

A1.2 Общие требования

A1.2.1 Испытательная установка должна проверяться в особых случаях и через периодические интервалы времени, как указано в Таблице A1.1, и, когда возникают обстоятельства, которые могут повлиять на рабочие характеристики испытательной установки.

A1.2.2 Температура места верификации должна измеряться с помощью инструмента, имеющего точность, по меньшей мере, $\pm 2,0^{\circ}\text{C}$ или $\pm 3,6^{\circ}\text{F}$. Рекомендуется контролировать температуру в течение всего периода верификации, а также фиксировать и записывать значительные температурные изменения. Не нужно измерять температуру места верификации при ежедневной верификации или при оценке дополнительного индентора согласно A1.4.10.

ТАБЛИЦА A1.1 Расписание верификаций для испытательной установки Роквелла

Процедура верификации	Расписание
Прямая верификация	<p>Когда испытательная установка новая или, когда выполнены настройки, модификации или ремонтные работы, которые могут повлиять на приложение испытательных усилий, систему измерения глубины или гистерезис установки.</p> <p>Когда испытательная установка не прошла непрямую верификацию (см. A1.4.94).</p>
Непрямая верификация	<p>Рекомендуется каждые 12 месяцев или чаще, если необходимо. Должна проводиться не реже, чем каждые 18 месяцев.</p> <p>Когда испытательная установка установлена или перемещена (выполняется только частичная непрямая верификация, после процедуры, приведенной в A1.4.7 для верификации в исходном состоянии). Это не относится к установкам, которые сконструированы для перемещения или переносятся перед каждым испытанием, если прежде было установлено, что такое перемещение не повлияет на результат измерения твердости.</p> <p>После прямой верификации.</p> <p>Для контролирования индентора, который не был проверен при последней непрямой верификации (выполняется только частичная непрямая верификация, см. A1.4.10).</p>
Ежедневная верификация	<p>Нужно проводить каждый день, когда будут проводиться испытания на твердость.</p> <p>Рекомендуется каждый раз, когда меняются инденторы, наковальни или испытательные усилия.</p>

A1.2.3 Все оборудование, используемое для выполнения измерений, требуемых этим Приложением, должно быть откалибровано в соответствии с национальными стандартами, если существует система соответствия, за исключением случаев, когда оговорено иное.

A1.2.4 Прямая верификация недавно изготовленных или реконструированных испытательных установок должна выполняться на месте производства, реконструкции или ремонта. Прямая верификация также может быть выполнена на месте использования.

A1.2.5 Непрямая верификация испытательной установки должна проводиться на том месте, где она будет использоваться.

Примечание A1.1 – Рекомендуется, чтобы калибровочные организации, проводящие верификацию установок испытания на твердость по Роквеллу, были аккредитованы в соответствии с требованиями ISO 17025 (или его эквивалента) сертификационной организацией, признанной Международным обществом по сертификации лабораторий (ILAC), как работающие согласно требованиям ISO/IEC 17011.

A1.3 Прямая верификация

A1.3.1 Прямая верификация испытательной установки должна выполняться в особых случаях в соответствии с Таблицей A1.1. Испытательные усилия, система измерения глубины, гистерезис установки и цикл испытаний должны быть проверены следующим образом:

Примечание A1.2 – Прямая верификация является полезным средством для определения источников отклонений в установке для испытания на твердость по Роквеллу. Рекомендуется, чтобы испытательные установки периодически подвергались прямой верификации для установления того, что отклонения в одном элементе установки не являются причиной отклонений в другом элементе установки.

A1.3.2 *Верификация испытательных усилий* – Для каждой шкалы Роквелла, которая будет использоваться, должны измеряться соответствующие испытательные усилия (предварительное испытательное усилие при нагрузке, суммарное испытательное усилие и предварительное усилие во время упругого восстановления). Испытательные усилия должны измеряться с помощью инструмента класса А для измерения упругих усилий, который имеет точность, по меньшей мере, 0,25%, как описано в ASTM E74.

A1.3.2.1 Сделайте три измерения для каждого усилия. Усилия должны измеряться в тот момент, когда они прикладываются во время испытания.

A1.3.2.2 Каждое предварительное испытательное усилие F_0 и каждое суммарное испытательное усилие F должны быть точными и находиться в пределах допустимых отклонений, приведенных в Таблице A1.2, а интервал измерений трех усилий (самое большое минус самое низкое) должен быть в пределах 75% от допустимых отклонений из Таблицы A1.2.

A1.3.3 *Верификация системы измерения глубины* – Система измерения глубины должна проверяться с помощью инструмента, прибора или эталона, имеющего точность, по меньшей мере, 0,0002 мм.

A1.3.3.1 Проконтролируйте систему измерения глубины испытательной установки с помощью не менее четырех равноотстоящих инкрементов, охватывающих полный диапазон обычной рабочей глубины, измеряемой испытательной установкой. Диапазон обычной рабочей глубины должен соответствовать самому низкому и самому высокому значениям твердости для шкал Роквелла, которые будут испытываться.

A1.3.3.2 Прибор для измерения глубины вдавливания должен обладать точностью в пределах $\pm 0,0005$ мм для стандартных шкал твердости по Роквеллу. Эта точность соответствует 0,5 единиц твердости.

A1.3.3.3 Некоторые испытательные установки имеют систему измерения глубины с большой длиной хода, когда расположение рабочего диапазона системы измерения глубины изменяется в зависимости от толщины материала для испытания. Этот вид испытательной установки должен иметь систему для электронного контроля того, что прибор для измерения глубины является рабочим во всем его диапазоне и свободен от грязи и других неоднородностей, которые могут влиять на его точность. Эти виды испытательных приборов должны быть проконтролированы, с использованием следующих шагов:

(1) В примерно верхней, средней и нижней точках полного хода измерительного прибора проконтролируйте точность прибора с помощью не менее четырех равноотстоящих инкрементов приблизительно в 0,5 мм в каждой из трех позиций. Точность должна находиться в пределах допуска, определенного выше.

(2) Запустите управляющее устройство через его весь диапазон перемещения и наблюдайте за электронной системой определения непрерывности. Система должна указать непрерывность на протяжении всего диапазона.

A1.3.4 *Верификация гистерезиса установки* – Каждый раз, когда проводится испытание на твердость по Роквеллу, некоторые элементы и станина испытательной установки подвергаются изгибу. Если изгиб не полностью упругий во время приложения и удаления дополнительного усилия F_1 , испытательная установка может показывать гистерезис (запаздывание) системы измерения глубины индентора, что приводит к смещению или отклонениям результатов испытания. Цель верификации гистерезиса состоит в том, чтобы выполнить совершенное упругое испытание, которое приведет к недолговременному вдавливанию. Таким путем может быть определен уровень гистерезиса при изгибе испытательной установки.

ТАБЛИЦА A1.2 Допустимые отклонения по прикладываемым усилиям для испытательной установки Роквелла

Усилие		Допустимое отклонение	
кгс	H	кгс	H
10	98,07	0,20	1,96
60	588,4	0,45	4,41
100	980,7	0,65	4,57
150	1471	0,90	8,83
3	29,42	0,060	0,589
15	147,1	0,100	0,981
30	294,2	0,200	1,961
45	441,3	0,300	2,963

A1.3.4.1 Выполните повторные испытания для определения твердости по Роквеллу, используя притупленный индентор (или поверхность держателя индентора), воздействуя прямо на наковальню или очень твердый испытательный образец. Испытания должны проводиться при самых высоких усилиях, которые используются при обычных испытаниях.

A1.3.4.2 Повторите процедуру верификации гистерезиса максимум для десяти измерений и среднего значения последних трех испытаний. Измерение среднего значения должно показывать число твердости в пределах $130 \pm 1,0$ единиц Роквелла, при использовании шариковых шкал В, Е, F, G, H и К, или в пределах $100 \pm 1,0$ единиц Роквелла при использовании любой другой шкалы Роквелла.

A1.3.5 *Верификация цикла испытаний* – Раздел 7 определяет цикл испытаний по Роквеллу, устанавливая требования и рекомендации для пяти отдельных параметров цикла. Испытательная установка должна быть проконтролирована на соответствие допустимым отклонениям, указанным в Таблице 3, для следующих четырех параметров цикла испытаний: время выдержки для предварительного усилия, время для приложения дополнительного усилия, время выдержки для суммарного усилия и время выдержки для упругого восстановления. Допускаемое отклонение для скорости индентора при контакте является рекомендацией. Прямая верификация цикла испытаний должна быть проведена производителем испытательной установки во время производства, и когда испытательная установка возвращается производителю для ремонта при подозрении на возникновение проблемы с циклом испытаний. Верификация цикла испытаний не требуется в качестве части прямой верификации в других случаях.

A1.3.5.1 Установки для испытания на твердость по Роквеллу, произведенные перед вводом в действие стандарта Е 18-07, могут не подвергаться прямой верификации цикла испытаний установки. Так как эта верификация должна часто проводиться на месте производителя, требование к верификации цикла испытаний не относится к испытательным установкам, произведенным перед вводом в действие стандарта Е 18-07, если только испытательная установка не возвращается производителю для ремонта.

A1.3.6 *Сбой при прямой верификации* – Если какие-либо из прямых верификаций не удовлетворяют определенным требованиям, испытательная установка не должна использоваться до тех пор, пока она не пройдет настройку или не будет отремонтирована. Если настройка или ремонт могут повлиять на испытательные усилия, систему измерения глубины, гистерезис установки или цикл испытаний, неисправные элементы должны быть проконтролированы снова с помощью прямой верификации.

A1.4 Непрямая верификация

A1.4.1 Непрямая верификация испытательной установки должна выполняться, как минимум, в соответствии с расписанием, приведенным в Таблице A1.1. Частота не прямых верификаций должна выбираться в зависимости от коэффициента использования испытательной установки.

A1.4.2 Испытательная установка должна быть проконтролирована для каждой шкалы Роквелла, которая будет использоваться перед следующей не прямой верификацией. Испытания на твердость, проведенные с использованием шкал Роквелла, которые не были проконтролированы согласно расписанию, приведенному в Таблице A1.1, не соответствуют этому стандарту.

A1.4.3 Стандартизированные меры твердости, отвечающие требованиям Приложения А4, должны использоваться при соответствующих диапазонах твердости для каждой шкалы, которая должна быть проконтролирована. Эти диапазоны приведены в Таблице A1.3.

A1.4.4 Инденторы, которые должны использоваться для не прямой верификации, должны отвечать требованиям Приложения А3.

A1.4.5 Цикл испытаний, который должен использоваться для не прямой верификации, должен быть таким же, какой обычно используется пользователем.

A1.4.6 Перед выполнением не прямой верификации удостоверьтесь, что испытательная установка работает легко, и что индентор и наковальня правильно посажены. Сделайте, по меньшей мере, два измерения твердости на подходящем испытательном образце для посадки индентора и наковальни. Результаты этих измерений не нужно записывать.

A1.4.7 Исходное состояние:

A1.4.7.1 Рекомендуется, чтобы испытательная установка в исходном состоянии оценивалась как часть не прямой верификации. Это важно для документирования предыдущих рабочих характеристик установки на шкалах, используемых с момента последней не прямой верификации. Эта процедура должна проводиться перед любой чисткой, техническим обслуживанием, настройкой или ремонтом.

A1.4.7.2 Когда оценивается случай обнаружения испытательной установки, он должен быть определен с помощью индентора (-ров), которые обычно используются на испытательной установке. По меньшей мере, две стандартизированные меры, каждая из разного диапазона твердости, как определено в Таблице A1.3, должны быть испытаны для каждой шкалы Роквелла, которые будут подвергаться не прямой верификации. Разница в твердости между каким-либо стандартизированным испытательным блоком должна быть не менее 5 делений для каждой шкалы Роквелла.

A1.4.7.3 На каждом стандартизованном мере твердости проделайте, по крайней мере, два измерения, распределенных равномерно по испытательной поверхности.

A1.4.7.4 Определите повторяемость R и ошибку E (уравнения 2 и 3) при работе испытательной установки для каждого стандартизованного меры твердости, который измеряется.

A1.4.7.5 Ошибка E и повторяемость R должны находиться в пределах допустимых отклонений Таблицы A1.3. Если рассчитанные значения ошибки E и повторяемости R вышли за пределы допустимых отклонений, это указывает на то, что результаты испытаний на твердость, выполненные с момента последней не прямой верификации, могут быть сомнительными.

A1.4.8 *Чистка и техническое обслуживание* – Выполняйте чистку и техническое обслуживание испытательной установки (когда требуется) в соответствии со спецификацией и инструкциями производителя.

A1.4.9 *Процедура не прямой верификации* – Процедура не прямой верификации требует, чтобы испытательная установка была проконтролирована с помощью одного или более инденторов пользователя.

A1.4.9.1 Один стандартизованный мера твердости должен быть испытан для каждого из диапазонов твердости (обычно три диапазона) для каждой шкалы Роквелла, которая должна быть проверена, как указано в Таблице A1.3. Разница в твердости между каким-либо стандартизованным испытательным блоком должна быть не менее 5 делений для каждой шкалы Роквелла. Пользователь может обнаружить, что меры твердости высокого, среднего и низкого диапазонов для некоторых шкал являются недоступными для приобретения. В таких случаях нужно следовать одной из следующих двух процедур.

(1) *Альтернативная процедура 1* – Испытательная установка должна быть проверена с использованием стандартизованных мер твердости одного из двух доступных диапазонов. Также испытательная установка должна быть проконтролирована по другой шкале Роквелла, которая использует такие же испытательные усилия и для которой доступны три меры твердости. В этом случае испытательная установка считается проверенной для всей шкалы Роквелла.

ТАБЛИЦА A1.3 Максимально допустимые повторяемость и ошибка испытательных установок для диапазонов стандартизованных мер твердости

Диапазон стандартизованных мер твердости <i>A</i>		Максимальная повторяемость, R (единицы твердости по Роквеллу)	Максимальная ошибка, E (единицы твердости по Роквеллу)
HRA	<70	2,0	± 1,0
	≥70 и < 78	1,5	± 1,0
	≥80	1,0	± 0,5
HRBW	< 60	2,0	± 1,5
	≥60 и < 80	1,5	± 1,0
	≥80	1,5	± 1,0
HRC	<35	2,0	± 1,0
	≥35 и < 60	1,5	± 1,0
	≥60	1,0	± 0,5
HRD	<51	2,0	± 1,0
	≥51 и < 71	1,5	± 1,0
	≥71	1,0	± 0,5
HREW	<84	1,5	± 1,0
	≥84 и < 93	1,5	± 1,0
	≥93	1,0	± 1,0
HRFW	<80	1,5	± 1,0
	≥80 и < 94	1,5	± 1,0
	≥94	1,0	± 1,0
HRGW	<55	2,0	± 1,0
	≥55 и < 80	2,0	± 1,0
	≥80	2,0	± 1,0
HRHW	<96	2,0	± 1,0
	≥96	2,0	± 1,0
HRKW	<65	1,5	± 1,0
	≥65 и < 85	1,0	± 1,0
	≥85	1,0	± 1,0
HRLW ^B		2,0	± 1,0
HRMW ^B		2,0	± 1,0

HRPW ^B		2,0	± 1,0
HRRW ^B		2,0	±1,0
HRSW ^B		2,0	± 1,0
HRVW ^B		2,0	± 1,0
HR15N	<78	2,0	± 1,0
	≥78 и < 90	1,5	± 1,0
	≥90	1,0	± 0,7
HR30N	<55	2,0	± 1,0
	≥78 и < 90	1,5	± 1,0
	≥55	1,0	± 0,7
HR45N	<37	2,0	± 1,0
	≥37 и < 66	1,5	± 1,0
	≥66	1,0	± 0,7
HR15TW	<81	2,0	± 1,5
	≥81 и < 87	1,5	± 1,0
	≥87	1,5	± 1,0
HR30TW	<57	2,0	± 1,5
	≥57 и < 70	1,5	± 1,0
	≥70	1,5	± 1,0
HR45TW	<33	2,0	± 1,5
	≥33 и < 53	1,5	± 1,0
	≥53	1,5	± 1,0
HR15WW ^B		2,0	± 1,0
HR30WW ^B		2,0	± 1,0
HR45WW ^B		2,0	± 1,0
HR15XW ^B		2,0	± 1,0
HR30XW ^B		2,0	± 1,0
HR45XW ^B		2,0	± 1,0
HR15YW ^B		2,0	± 1,0
HR30YW ^B		2,0	± 1,0
HR45YW ^B		2,0	± 1,0

^A Пользователь может обнаружить, что меры твердости высокого, среднего и низкого диапазонов для некоторых шкал являются недоступными для приобретения. В этих случаях могут быть использованы один или два стандартизированных меры твердости, которые имеются в наличии. Рекомендуется, чтобы все меры твердости высокого диапазона для шкал Роквелла, использующих шариковые инденторы, были менее 100 единиц твердости Роквелла.

^B Подходящие диапазоны стандартизированных мер твердости для шкал L, M, P, R, S, V, W, X и Y должны быть определены делением используемого диапазона шкалы на два диапазона, если возможно.

(2) *Альтернативная процедура 2* – Эта процедура может использоваться, когда доступны стандартизированные меры твердости из двух диапазонов. Испытательная установка должна быть проверена с использованием стандартизированных мер твердости из двух доступных диапазонов. В этом случае испытательная установка считается проверенной только для части шкалы, ограниченной границами мер твердости.

A1.4.9.2 На каждом стандартизованном мере твердости сделайте пять измерений, распределенных равномерно по поверхности для испытания. Определите ошибку *E* и повторяемость *R* при работе испытательной установки, используя уравнения 2 и 3 для каждого уровня твердости каждой шкалы Роквелла, которая должна быть проверена.

A1.4.9.3 Ошибка *E* и повторяемость *R* должны быть в пределах допустимых отклонений Таблицы A1.3. Непрямая верификация должна применяться только тогда, когда измерения повторяемости и ошибки для испытательной установки отвечают указанным допустимым отклонениям при использовании одного из инденторов пользователя.

A1.4.9.4 В том случае, когда испытательная установка не может пройти верификацию повторяемости и ошибки при использовании индентора пользователя, можно попробовать несколько корректирующих действий, чтобы привести испытательную установку в пределы допустимых отклонений. Эти действия включают чистку и техническое обслуживание, замену наковальни или использование других инденторов пользователя. Процедуры не прямой верификации следует повторить после выполнения возможных корректирующих действий.

Примечание A1.3 – Когда испытательная установка не проходит непрямую верификацию, рекомендуется снова проконтролировать испытательную установку, используя индентор Класса А (или выше) для тех шкал и уровней твердости, которые провалили непрямую верификацию при использовании индентора пользователя. Если испытательная установка прошла испытания на повторяемость и ошибку с индентором класса А, это является признаком того, что индентор пользователя выходит за пределы допусков. В качестве корректирующего действия может быть приобретен новый индентор (см. A1.4.9.4), что позволит повторить процедуры не прямой верификации без необходимости проведения прямой верификации. Если испытательная установка продолжает проваливать испытания не прямой верификации на повторяемость и ошибку при использовании индентора Класса А, это указывает на то, что проблема заключается в установке, а не в инденторе пользователя.

A1.4.9.5 Если испытательная установка продолжает не проходить испытания на повторяемость и ошибку после корректирующих действий, испытательная установка должна подвергнуться настройке и/или ремонту и последующей прямой верификации.

A1.4.10 *Контролирование дополнительных инденторов пользователя* – В случаях, когда испытательная установка прошла непрямую верификацию при использовании только одного из инденторов пользователя, только этот один индентор считается верифицированным для использования с определенной испытательной установкой для шкал Роквелла, которые прошли непрямую верификацию с использованием этого индентора. Перед тем как использовать любой другой индентор для испытания тех же шкал Роквелла, он должен быть верифицирован для использования с определенной проверенной испытательной установкой. Это требование не относится к замене инденторного шарика. Верификации индентора могут выполняться в любое время после непрямой верификации, и могут быть проведены пользователем, следующим образом.

A1.4.10.1 Испытательная установка и индентор должны быть проверены вместе при использовании процедур непрямой верификации A1.4.9, за следующим исключением. Верификация должна быть выполнена, по меньшей мере, на двух стандартизированных мерах твердости (высокого и низкого диапазонов) для каждой шкалы Роквелла, на которой будет использоваться индентор.

A1.4.10.2 Индентор может использоваться с определенной проконтролированной испытательной установкой только тогда, когда верификационные измерения повторяемости и ошибки отвечают установленным допустимым отклонениям.

A1.4.11 Пользователь должен идентифицировать и отслеживать инденторы, которые проконтролированы для использования с испытательной установкой.

A1.5 Ежедневная верификация

A1.5.1 Ежедневная верификация нацелена на то, чтобы пользователь наблюдал за рабочими характеристиками испытательной установки между непрямыми верификациями. Ежедневная верификация должна проводиться, по меньшей мере, согласно расписанию, приведенному в Таблице A1.1, для каждой шкалы Роквелла, которая будет использоваться.

A1.5.2 Рекомендуются, чтобы процедуры ежедневной верификации проводились каждый раз, когда меняется индентор, наковальня или испытательное усилие.

A1.5.3 *Процедуры ежедневной верификации* – Процедуры, которые используются при выполнении ежедневной верификации, изложены ниже.

A1.5.3.1 При ежедневной верификации должны использоваться стандартизированные меры твердости, которые отвечают требованиям Приложения A4. Ежедневная верификация должна выполняться для каждой шкалы Роквелла, которая должна использоваться в этот день. По крайней мере, должна использоваться одна мера твердости, и, если это возможно, диапазон твердости мер твердости должен быть выбран в пределах 15 баллов значения твердости по Роквеллу, которое испытательная установка собирается измерять. В качестве альтернативы можно использовать две меры твердости (если доступны для приобретения), одну выше, а другую ниже, чем диапазон твердости, который испытательная установка собирается измерять. В случаях, когда форма наковальни, которая будет использоваться, не подходит для испытания мер твердости, временно должна использоваться подходящая наковальня или соединительное устройство для испытания мер твердости.

A1.5.3.2 Индентором, который будет использоваться для ежедневной верификации, должен быть индентор, который обычно используется для испытаний.

A1.5.3.3 Перед выполнением ежедневной проверки верификации удостоверьтесь, что испытательная установка работает легко, и что индентор и наковальня правильно посажены. Прodelайте, по меньшей мере, два измерения твердости на подходящем образце для испытания. Результаты этих измерений нужно записать.

A1.5.3.4 Прodelайте, по меньшей мере, два измерения твердости на каждой мере твердости, предусмотренной для ежедневной верификации. Испытания должны быть равномерно распределены по поверхности мер твердости.

A1.5.3.5 Для каждой меры твердости рассчитайте ошибку E (смотрите уравнение 2) и повторяемость R (смотрите уравнение 3) на основании значений измеренной твердости. Считается, что испытательная установка с индентором имеет хорошие эксплуатационные качества, если E и R для всех мер твердости находятся в пределах максимальных допусков, представленных в Таблице A1.3. отметьте, если разница между отдельными значениями твердости и паспортным значением для меры твердости находятся в пределах максимальных допусков ошибки E , отмеченных на мере твердости и представленных в Таблице A1.3, вышеупомянутый критерий будет соответствовать этой мере и не обязательно рассчитывать E и R .

A1.5.3.6 Если ежедневные верификационные измерения какой-либо из мер твердости не соответствуют критериям, представленным в пункте A1.5.3.5, ежедневную верификацию можно повторить с другим индентором или после очистки измерительного устройства (смотрите инструкции производителя). Если какое-либо из измерений меры твердости продолжает не соответствовать критериям, представленным в пункте A1.5.3.5, должна быть выполнена непрямая верификация. Всякий раз, когда испытательная установка не проходит ежедневную верификацию, результаты испытаний на твердость, начиная с момента последней успешной ежедневной верификации, могут быть сомнительными.

A1.5.3.7 Если наковальня, которая должна использоваться для испытания, отличается от наковальни, которую использовали для ежедневной верификации, рекомендуется повторить ежедневную верификацию на подходящем образце известной твердости.

Примечание A1.4 – Настоятельно рекомендуется, чтобы результаты, полученные при проведении ежедневной проверки верификации, были записаны с использованием методов статистической обработки данных, таких как (но не ограничиваясь ими): вычисление средних значений измерений, карты брака (диапазоны измерений) и гистограммы.

A1.6 Отчет о верификации

A1.6.1 Отчет о верификации должен включать следующую информацию, как результат типа выполненной верификации.

A1.6.2 *Прямая верификация:*

A1.6.2.1 Ссылку на этот метод испытаний ASTM:

A1.6.2.2 Идентификацию установки для испытаний на твердость, включая серийный номер, производителя и номер модели.

A1.6.2.3 Идентификацию всех устройств (устройство для проверки упругости и т.д.), используемых для верификации, включая серийные номера и обозначения стандартов соответствия.

A1.6.2.4 Температуру испытания во время верификации, записанную с точностью, как минимум, 1°C.

A1.6.2.5 Значения отдельных измерений и подсчитанные результаты, используемые для определения соответствия испытательной установки требованиям выполняемой верификации. Рекомендуется также, чтобы была записана погрешность подсчитанных результатов, используемых для определения соответствия испытательной установки требованиям выполняемой верификации.

A1.6.2.6 Описание настроек и технического обслуживания, выполненных для испытательной установки, если применялись.

A1.6.2.7 Дату верификации и ссылку на верификационную организацию или службу.

A1.6.2.8 Подпись лица, выполняющего верификацию.

A1.6.3 *Непрямая верификация:*

A1.6.3.1 Ссылку на этот метод испытаний ASTM:

A1.6.3.2 Идентификацию установки для испытаний на твердость, включая серийный номер, производителя и номер модели.

A1.6.3.3 Идентификацию всех устройств (мер твердости, инденторов и т.д.), используемых для верификации, включая серийные номера и обозначения стандартов соответствия.

A1.6.3.4 Температуру испытания во время верификации, записанную с точностью, как минимум, 1°C.

A1.6.3.5 Проконтролированные шкалы твердости по Роквеллу.

A1.6.3.6 Значения отдельных измерений и подсчитанные результаты, используемые для определения соответствия испытательной установки требованиям выполняемой верификации. Измерения, сделанные для определения случая обнаружения испытательной установки, должны быть включены всякий раз, когда они выполняются. Рекомендуется также, чтобы была записана погрешность подсчитанных результатов, используемых для определения соответствия испытательной установки требованиям выполняемой верификации.

A1.6.3.7 Описание технического обслуживания, выполненного для испытательной установки, если применялось.

A1.6.3.8 Дату верификации и ссылку на верификационную организацию или службу.

A1.6.3.9 Подпись лица, выполняющего верификацию.

A1.6.4 *Ежедневная верификация:*

A1.6.4.1 Не требуется отчет о верификации; тем не менее, рекомендуется хранить записи о результатах ежедневной верификации, включая дату верификации, результаты измерений, сертифицированное значение меры твердости, идентификацию меры твердости и имя лица, выполнившего верификацию, и т.д. (см. также Примечание A1.4). Эти записи могут быть использованы для оценки рабочих характеристик установки для испытания на твердость по прошествии длительного времени.

A2. ОБРАЗЦОВЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОВЕРКИ ТВЕРДОСТИ ПО РОКВЕЛЛУ

A2.1 Область действия

A2.1.1 Приложение A2 определяет требования к характеристикам, коэффициенту использования, периодической верификации и текущему контролю образцовой установки для поверки твердости по Роквеллу. Образцовая установка для поверки твердости по Роквеллу отличается от испытательной установки для определения твердости тем, что имеет более жесткие допуски по определенным техническим характеристикам, таким как применение усилий и гистерезис установки. Образцовая установка для поверки твердости по Роквеллу используется для стандартизации инденторов, используемых при испытаниях на твердость по Роквеллу, как описано в Приложении A3, и для стандартизации мер твердости, как описано в Приложении A4.

A2.1.2 Строгое соблюдение этого стандарта и приложения обеспечивает единство измерений с национальными стандартами, за исключением случаев, если определено иначе.

A2.2 Сертификация

A2.2.1 Организация, выполняющая прямую и/или непрямую верификации образцовых установок для поверки твердости по Роквеллу, должна быть аккредитована в соответствии с требованиями ISO 17025 (или его эквивалента) сертификационной организацией, признанной Международным обществом по сертификации лабораторий (ILAC), как работающая согласно требованиям ISO/IEC 17011. Организация, аккредитованная выполнять верификации образцовых установок для поверки твердости по Роквеллу, может выполнять верификации своих собственных образцовых установок для поверки. Поверочная лаборатория должна иметь сертификат (область применения сертификации), утверждающий виды верификаций (прямая и/или непрямая) и шкалы Роквелла, которые охватываются сертификацией.

Примечание A2.1 – Сертификация является новым требованием, начиная с этой редакции стандарта.

A2.3 Оборудование

A2.3.1 Образцовая поверочная установка должна удовлетворять требованиям Раздела 5 для испытательной установки для определения твердости по Роквеллу со следующими дополнительными требованиями.

A2.3.1.1 Образцовая установка для поверки должна быть сконструирована так, что: (1) каждое испытательное усилие могло выбираться оператором, и (2) регулирование испытательных усилий не могло производиться оператором.

A2.3.1.2 Система для отображения измеренного значения твердости должна быть цифровой с точностью 0,1 единицы Роквелла или выше.

A2.3.1.3 Отклонение от параллельности между опорной поверхностью индентора и опорной поверхностью наковальни должно быть не более 0,002 мм/мм (0,002 дюйма/дюйм). Эта характеристика образцовой установки обычно не изменяется со временем. В качестве такового, точность этой величины должна быть проверена только производителем установки и не нуждается в периодическом контроле с помощью прямой верификации, если только не изменились составные части установки.

A2.3.1.4 *Инденторы* – Должны использоваться шариковые инденторы Класса А и алмазные инденторы Класса А или эталонные алмазные инденторы, как описано в Приложении А3 (смотрите Примечание 3).

A2.3.1.5 *Цикл испытаний* – Образцовая установка для поверки должна соответствовать каждой части цикла испытаний в пределах допустимых отклонений, указанных в Таблице А2.1. Производитель образцовой установки должен проконтролировать каждую из пяти составных частей цикла испытаний во время работы, или когда испытательная установка возвращается к производителю для ремонта.

ТАБЛИЦА А2.1 Требования к циклу испытаний

Параметр цикла испытаний	Допускаемое отклонение
Скорость индентора при контакте, V_A	$\leq 1,0$ мм/с
Время выдержки для предварительного усилия, t_{PF} (если время приложения предварительного усилия $t_{PA} \geq 1$ с, то рассчитайте этот параметр как $t_{PA}/2 + t_{PF}$)	$3,0 \pm 1,0$ с
Время приложения дополнительного усилия, t_{TA} (см. А2.3.1.6)	от 1,0 до 8,0 с
Время выдержки для суммарного усилия, t_{TF}	$5,0 \pm 1,0$ с
Время выдержки для упругого восстановления, t_R	$4,0 \pm 1,0$ с

A2.3.1.6 Важно контролировать конечную часть приложения дополнительного усилия. Две рекомендованные процедуры для правильного приложения дополнительного усилия заключаются в следующем: (1) среднее значение скорости индентора v_F (см. Рис. 2) во время приложения конечных 40% дополнительного усилия должно быть между 0,020 мм/с и 0,040 мм/с, или (2) суммарное значение усилия, приложенного во время приложения конечных 10% дополнительного усилия, должно быть меньше 5% дополнительного усилия.

A2.3.1.7 В период времени между верификациями не разрешается проводить регулирования системы приложения усилий, системы измерения усилий, системы измерения глубины индентора или цикла испытаний, который используется для каждой шкалы Роквелла.

A2.4 Лабораторные условия

A2.4.1 Образцовая установка для поверки должна располагаться в комнате с контролируемой температурой и относительной влажностью с допустимыми отклонениями для этих условий, приведенными в Таблице А2.2. Точность инструмента для измерения температуры и относительной влажности должна быть такой, как в Таблице А2.2. Отображение температуры на измерительном приборе должно иметь разрешение как минимум 1°C.

A2.4.2 Температура и относительная влажность поверочной лаборатории должны контролироваться, начиная, как минимум, за 1 час до поверки, и в течение всей процедуры поверки.

A2.4.3 Образцовая установка для поверки, инденторы и меры твердости, которые должны пройти поверку, должны находиться в окружающих условиях, соответствующих допустимым отклонениям Таблицы А2.2, как минимум, за 1 час до поверки.

A2.4.4 Во время процесса поверки образцовая установка для поверки должна быть изолирована от любой вибрации, которая может повлиять на измерения.

A2.4.5 Источник энергии образцовой установки для поверки должен быть изолирован от любых выбросов тока, которые могут повлиять на рабочие характеристики.

ТАБЛИЦА А2.2 Требования к окружающим условиям поверочной лаборатории

Параметр окружающей среды	Допускаемое отклонение	Точность измеряющего инструмента
Температура	$23,0 \pm 3,0^\circ\text{C}$ ($73,4 \pm 5,4^\circ\text{F}$)	$\pm 1,0^\circ\text{C}$ ($1,8^\circ\text{F}$)
Относительная влажность	$\leq 70\%$	$\pm 10\%$

A2.5 Верификации

A2.5.1 Образцовая установка для поверки должна подвергаться прямой и непрямой верификациям через повторяющиеся интервалы времени, а также когда случаются обстоятельства, которые могут повлиять на рабочие характеристики образцовой установки, в соответствии с расписанием, приведенным в Таблице A2.3.

Примечание A2.2 – Периодическая прямая верификация (каждые 12 месяцев) является новым требованием, начиная с этой редакции стандарта. В предыдущих редакциях этого стандарта прямая верификация требовалась только тогда, когда образцовая установка была новой, перемещалась, или когда проводились настройки, модернизации или ремонты, которые могли повлиять на приложение испытательных усилий, систему измерения глубины или гистерезис установки.

A2.5.2 Образцовая поверочная установка, используемая для поверки мер твердости, должна подвергаться контрольным верификациям каждый день, когда проводятся поверки, согласно расписанию, приведенному в Таблице A2.3.

A2.5.3 Все оборудование, используемое для выполнения измерений, требуемых этим Приложением, должно быть откалибровано в соответствии с национальными стандартами, за исключением случаев, когда указано иное.

A2.5.4 Образцовая установка для поверки должна пройти прямую и непрямую верификации в месте, где она будет использоваться.

A2.6 Процедуры периодических верификаций

A2.6.1 *Выполнение чистки и технического обслуживания* – Если требуется, чистка и плановое техническое обслуживание должны выполняться перед проведением прямой или непрямой верификации в соответствии со спецификациями и инструкциями производителя.

A2.6.2 *Прямая верификация* – Выполняйте прямую верификацию образцовой установки для поверки в соответствии с расписанием, приведенным в Таблице A2.3. Должны контролироваться испытательные усилия, система измерения глубины и гистерезис установки.

A2.6.2.1 *Верификация испытательных усилий* – Для каждой шкалы Роквелла, которая будет использоваться, должны быть измерены соответствующие усилия (предварительное испытательное усилие, суммарное испытательное усилие и испытательное усилие во время упругого восстановления). Испытательные усилия должны измеряться с помощью оборудования для измерения упругих усилий Класа AA, имеющего точность, как минимум, 0,05%, как описано в ASTM E 74.

A2.6.2.2 Выполните измерения каждого усилия. Усилия должны измеряться, когда они прикладываются во время испытания.

A2.6.2.3 Каждое предварительное испытательное усилие F_o и каждое суммарное испытательное усилие F должно обладать точностью в пределах 0,25% в соответствии с Таблицей A2.4.

Таблица A2.3 Расписание верификаций для образцовой установки для поверки твердости по Роквеллу

Процедура верификации	Расписание
Прямая верификация	Должна проводиться каждые 12 месяцев. Когда образцовая установка новая, перемещалась, или когда проводятся настройки, модернизация или ремонтные работы, которые могут повлиять на приложение испытательных усилий, систему измерения глубины или гистерезис установки.
Непрямая верификация	Должна проводиться в пределах 12 месяцев перед поверочным испытанием. Следует после прямой верификации (ограниченное число шкал твердости).
Контрольная верификация	Должна проводиться перед верификацией каждой партии и после нее, в конце каждого дня и в начале следующего дня, если одна партия проходит поверку в течение нескольких дней.

ТАБЛИЦА A2.4 Допустимые отклонения по прикладываемым усилиям для образцовой поверочной установки

Усилие, кгс (Н)		Допускаемое отклонение, кгс (Н)	
10	(98,07)	0,025	(0,245)
60	(588,4)	0,150	(1,471)
100	(980,7)	0,250	(2,452)
150	(1471)	0,375	(3,678)
3	(29,42)	0,008	(0,074)
15	(147,1)	0,038	(0,368)
30	(294,2)	0,075	(0,736)
45	(441,3)	0,113	(1,103)

A2.6.2.4 *Верификация системы измерения глубины* – Система измерения глубины должна быть проконтролирована с помощью оборудования, имеющего точность, как минимум, 0,0001 мм.

A2.6.2.5 Проверьте измерение глубины образцовой установки не менее чем за четыре приращения примерно в 0,05 мм в диапазоне обычной рабочей глубины образцовой установки для поверки. Диапазон обычной рабочей глубины должен соответствовать самому низкому и самому высокому значениям твердости для шкал Роквелла, которые будут проходить поверку или которые будут использоваться для калибровки инденторов.

A2.6.2.6 Для испытательных установок с исполнительными механизмами, имеющими большую длину хода, и фиксированными наковальнями верификация измерения глубины должна быть повторена в положениях, соответствующих каждой толщине меры твердости, которые будут проходить поверку или которые будут использоваться для калибрования инденторов.

A2.6.2.7 Прибор для измерения глубины вдавливания должен иметь точность, как минимум, 0,0002 мм для диапазона обычной рабочей глубины, что соответствует 0,1 баллам обычной твердости по Роквеллу и 0,2 баллам поверхностной твердости по Роквеллу.

A2.6.2.8 *Верификация гистерезиса установки* – Большинство установок для определения твердости по Роквеллу подвергаются изгибу в станине и некоторых элементах установки каждый раз, когда проводится испытание. Если изгиб не полностью упругий во время приложения и снятия дополнительного усилия F_1 , испытательная установка может показывать гистерезис (запаздывание) системы измерения глубины индентора, что приводит к смещению или отклонениям результатов испытания. Цель верификации гистерезиса состоит в том, чтобы выполнить совершенное упругое испытание, которое приведет к недолговременному вдавливанию. Таким путем может быть определен уровень гистерезиса при изгибе испытательной установки.

A2.6.2.9 Выполните повторные испытания по Роквеллу, используя притупленный индентор (или поверхность держателя индентора), воздействуя прямо на наковальню или очень твердый испытательный образец. Испытания должны проводиться по шкале Роквелла, имеющей самые высокие испытательные усилия, которые используются при проведении обычных поверок.

A2.6.2.10 Повторите испытания гистерезиса максимум для десяти измерений и среднего значения последних трех испытаний. Измерение среднего значения должно показывать число твердости в пределах $130 \pm 0,3$ баллов Роквелла, при использовании шариковых шкал В, Е, F, G, Н и К, или в пределах $100 \pm 0,3$ единиц Роквелла при использовании любой другой шкалы Роквелла.

A2.6.2.11 *Сбой при прямой верификации* – Если какие-либо из прямых верификаций не удовлетворяют определенным требованиям, образцовая установка для поверки не должна использоваться до тех пор, пока она не пройдет настройку или не будет отремонтирована. Любой параметр, на который может повлиять настройка или ремонт, должен быть снова проконтролирован с помощью прямой верификации.

A2.6.3 *Непрямая верификация* – Непрямая верификация включает в себя контролирование рабочих характеристик образцовой установки для поверки с помощью стандартизированных мер твердости и инденторов. Перед выполнением поверок для любой шкалы Роквелла должна быть проведена непрямая верификация образцовой поверочной установки для этой шкалы в течение периода времени, приведенного в Таблице A2.3. Выбранное число шкал Роквелла должно пройти непрямую верификацию во время прямой верификации, как описано ниже. Непрямая верификация всех других шкал Роквелла может быть проведена в любое время в пределах периода времени, приведенного в Таблице A2.3, перед поверкой.

A2.6.3.1 Следующие сразу после прямой верификации непрямые верификации выбранного числа шкал должны проводиться для определения рабочих характеристик образцовой поверочной установки при каждом уровне усилий, которые образцовая установка для поверки способна применять. Пример непрямой верификации для образцовой поверочной установки, способной применять все уровни усилий, дан в Таблице A2.5. Рекомендуется выбирать шкалы Роквелла таким образом, чтобы они также проверяли каждый индентор, который будет использоваться. Когда доступны основные национальные стандартизированные меры твердости (см. Примечание A2.3), они должны использоваться для периодической непрямой верификации.

Примечание A2.3 - Основные стандартизированные меры твердости сертифицированы на уровне национальной поверочной лаборатории. В США национальной лабораторией для поверки твердости по Роквеллу является Национальный институт стандартов и технологии (NIST), Gaithersburg, MD 20899.

A2.6.3.2 Стандартизированные меры твердости должны использоваться при соответствующих уровнях твердости для каждой шкалы, которая должна проверяться. Эти уровни приведены в Таблице A2.6. Образцовая установка для поверки не должна проходить настройку во время процедур непрямой верификации.

A2.6.3.3 Инденторы, которые должны использоваться для непрямо́й верификации, должны быть идентичны инденторам, которые будут использоваться для будущих поверок. Если будет использоваться больше чем один индентор для одной и той же шкалы твердости, дополнительная верификация должна быть выполнена для каждого индентора.

A2.6.3.4 Цикл испытаний, который должен использоваться для непрямо́й верификации, должен быть таким же, как цикл испытаний, используемый поверочной лабораторией во время калибрования стандартизированных мер твердости.

A2.6.3.5 Перед испытанием стандартизированных мер твердости удостоверьтесь, что испытательная установка работает легко, и что индентор и наковальня правильно посажены. Сделайте как минимум два измерения твердости на равномерном испытательном образце для шкалы, которая будет контролироваться. Результаты этих измерений нужно записать.

A2.6.3.6 На каждой стандартизированной мере твердости выполните, как минимум пять измерений твердости, распределенных равномерно по поверхности меры твердости.

ТАБЛИЦА A2.5 Предполагаемые шкалы Роквелла для непрямо́й верификации установок, способных проводить как обычные испытания на твердость, так и испытания на поверхностную твердость, и которые будут использовать только алмазные инденторы и инденторы с карбидными шариками диаметром 1/16 дюйма (1,588 мм)

Предварительное усилие, кгс (Н)	Суммарное усилие, кгс (Н)	Вид индентора	Шкала Роквелла
10 (98,07)	60 (588,4)	алмазный	HRA
10 (98,07)	100 (980,7)	1/16 дюйм. шарик	HRB
10 (98,07)	150 (1471)	алмазный	HRC
3 (29,42)	15 (147,1)	алмазный	HR15N
3 (29,42)	30 (294,2)	алмазный	HR30T
3 (29,42)	45 (441,3)	1/16 дюйм. шарик	HR45N

ТАБЛИЦА A2.6 Максимально допустимые повторяемость и ошибка образцовых поверочных установок

Диапазон стандартизированных мер твердости	Максимальная повторяемость, <i>R</i> (единицы твердости по Роквеллу)	Максимальная ошибка, <i>E</i> (единицы твердости по Роквеллу)
HRA	от 20 до 65	1,0
	от 70 до 78	0,7
	от 80 до 84	0,5
HRBW	от 40 до 59	1,0
	от 60 до 79	0,7
	от 80 до 100	0,7
HRC	от 20 до 30	1,0
	от 35 до 55	0,7
	от 60 до 65	0,5
HRD	от 40 до 48	1,0
	от 51 до 67	0,7
	от 71 до 75	0,5
HREW	от 70 до 79	0,7
	от 84 до 90	0,7
	от 93 до 100	0,5
HRFW	от 60 до 75	0,7
	от 80 до 90	0,7
	от 94 до 100	0,5
HRGW	от 30 до 50	1,0
	от 55 до 75	1,0
	от 80 до 94	1,0
HRHW	от 80 до 94	1,0
	от 96 до 100	1,0
HRKW	от 40 до 60	0,7
	от 65 до 80	0,5
	от 85 до 100	0,5
HRLW ⁴	1,0	± 0,5
HRMW ⁴	1,0	± 0,5

HRPW ^A		1,0	± 0,5
HRRW ^A		1,0	± 0,5
HRSW ^A		1,0	± 0,5
HRVW ^A		1,0	± 0,5
HR15N	от 70 до 77	1,0	± 0,5
	от 78 до 88	0,7	± 0,5
	от 90 до 92	0,5	± 0,4
HR30N	от 42 до 50	1,0	± 0,5
	от 55 до 73	0,7	± 0,5
	от 77 до 82	0,5	± 0,4
HR45N	от 20 до 31	1,0	± 0,5
	от 37 до 61	0,7	± 0,5
	от 66 до 72	0,5	± 0,4
HR15TW	от 74 до 80	1,0	± 0,7
	от 81 до 86	0,7	± 0,5
	от 87 до 93	0,7	± 0,5
HR30TW	от 43 до 56	1,0	± 0,7
	от 57 до 69	0,7	± 0,5
	от 70 до 83	0,7	± 0,5
HR45TW	от 13 до 32	1,0	± 0,7
	от 33 до 52	0,7	± 0,5
	от 53 до 73	0,7	± 0,5
HR15WW ^A		1,0	± 0,5
HR30WW ^A		1,0	± 0,5
HR45WW ^A		1,0	± 0,5
HR15XW ^A		1,0	± 0,5
HR30XW ^A		1,0	± 0,5
HR45XW ^A		1,0	± 0,5
HR15YW ^A		1,0	± 0,5
HR30YW ^A		1,0	± 0,5
HR45YW ^A		1,0	± 0,5

^A Подходящие диапазоны стандартизированных мер твердости для шкал L, M, P, R, S, V, W, X и Y должны быть определены делением используемого диапазона шкалы на два диапазона, высокий и низкий. Стандартизированные меры твердости для шкал R и S могут быть доступны только для одного уровня твердости.

A2.6.3.7 Ошибка – Используя уравнение 2, определите ошибку E работы образцовой поверочной установки для каждой стандартизированной меры твердости, которая измеряется. Ошибка E должна находиться в пределах допустимых отклонений Таблицы A2.6.

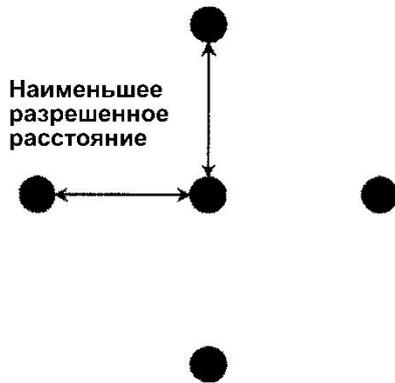
A2.6.3.8 Повторяемость – Используя уравнение 3, определите повторяемость R работы образцовой поверочной установки для каждой стандартизированной меры твердости, которая измеряется. Повторяемость R должна находиться в пределах допустимых отклонений Таблицы A2.6. Если рассчитанная повторяемость выходит за пределы допусков Таблицы A2.6, то причиной этого может быть неоднородность меры твердости. Повторяемость R может быть снова определена путем выполнения пяти дополнительных измерений на каждой стандартизированной мере твердости в непосредственной близости друг от друга с ограничениями по пространству для вдавливания (см. Рис. 3). Рекомендуется такой образец, который изображен на Рис. A2.1. Непосредственная близость измерений будет снижать эффект неравномерности меры твердости.

A2.6.3.9 Если измерения либо ошибки E , либо повторяемости R выходят за указанные допустимые отклонения, считается, что образцовая установка для поверки не прошла непрямую верификацию. Для того чтобы образцовая установка для поверки находилась в пределах допустимых отклонений, могут быть предприняты некоторые корректирующие действия. Эти действия включают чистку и техническое обслуживание или замену наковальни. Не разрешается выполнять настройку системы приложения усилий, системы измерения усилий или системы измерения глубины. Процедуры непрямого верификации могут быть повторены после выполнения разрешенных корректирующих действий. Если образцовая установка для поверки продолжает проваливать испытания на ошибку и повторяемость после корректирующих действий, образцовая поверочная установка должна подвергнуться настройке и/или ремонту, и последующей прямой верификации.

A2.6.3.10 Рекомендуется сразу же после успешного завершения непрямого верификации выполнить калибрование мер твердости пользователя для использования в качестве контрольных мер твердости в соответствии с A2.7.

A2.7 Контрольная верификация

A2.7.1 Этот раздел описывает процедуры текущего контроля образцовой поверочной установки, используемой для стандартизации мер твердости, калибровки и использования контрольных мер твердости.



A2.7.2 Поверочная лаборатория должна контролировать рабочие характеристики образцовой поверочной установки для стандартизации мер твердости между прямой и непрямой верификациями путем выполнения контрольных верификаций каждый день, когда выполняются поверки, согласно расписанию, приведенному в Таблице A2.3. Контрольные верификации – это непрямые верификации, выполняемые с помощью контрольных мер твердости, которые охватывают стандартизированный уровень твердости.

A2.7.3 Поверочная лаборатория должна следить за рабочими характеристиками образцовой поверочной установки, используя контрольно-графические средства или другие сопоставимые методы. Контрольные графики служат для индикации наличия потери контроля измерений при работе образцовой поверочной установки.

A2.7.4 *Контрольные меры твердости* – Должны использоваться меры твердости, которые отвечают физическим требованиям (см. Таблицу A4.1) и

Рис. A2.1 Примерный образец для измерения повторяемости

требованиям к равномерности (см. Таблицу A4.2) Приложения A4. Контрольные меры твердости должны быть для каждого из подходящих диапазонов твердости каждой шкалы твердости, которая будет использоваться. Эти диапазоны приведены в Таблице A2.6. Будет выгодным для лаборатории использовать меры твердости, которые демонстрируют высокую равномерность твердости в поперечном сечении испытательной поверхности. Лаборатория может, во всех случаях, выполнять контрольные испытания, используя основные стандартизированные меры твердости.

A2.7.5 *Процедура калибровки контрольных мер твердости* – Контрольные меры твердости для определенной шкалы Роквелла должны быть откалиброваны поверочной лабораторией после непрямой верификации шкал, для которых контрольные меры твердости будут проходить калибровку. Соответствующее число контрольных мер твердости должно пройти калибровку для каждой шкалы твердости и каждого уровня твердости. Число требуемых мер твердости зависит от нужд и опыта каждой лаборатории.

A2.7.5.1 Перед калибровкой контрольных мер твердости удостоверьтесь в том, что испытательная установка работает легко, и что индентор и наковальня правильно посажены. Всякий раз, когда изменяется шкала твердости, выполняйте, как минимум, два измерения твердости на равномерном испытательном образце для шкалы, которая будет проверяться. Результаты этих измерений не нужно записывать.

A2.7.5.2 Выполните, как минимум, пять измерений, распределенных равномерно по поверхности одной из контрольных мер твердости. Повторите эту процедуру, если требуется, для необходимого числа мер твердости соответствующих диапазонов каждой шкалы Роквелла.

A2.7.5.3 Для каждой из контрольных мер твердости пусть \bar{H}_M будет средним значением калибровочных значений, измеренным образцовой установкой для поверки. Значение \bar{H}_M может быть скорректировано для ошибки E , которая была определена для этой шкалы Роквелла и уровня твердости, как результат непрямой верификации.

A2.7.6 Для каждой контрольной меры твердости должна быть записана следующая информация, которую нужно хранить, по меньшей мере, в течение периода времени, на протяжении которого эта контрольная мера твердости действительна.

A2.7.6.1 Серийный номер.

A2.7.6.2 Откалиброванное значение твердости, \bar{H}_M .

A2.7.6.3 Дата калибровки.

A2.7.7 *Методы контроля* – Для контроля рабочих характеристик образцовой поверочной установки между верификациями рекомендуется использовать контрольные графики или другие сопоставимые методы. Контрольные графики представляют собой метод защиты от недостатка статистического контроля. Существует множество изданий, в которых обсуждается схема и использование контрольных графиков, такие как публикация ASTM «Руководство по презентации данных и анализ контрольных графиков: 6-е издание», подготовленная комитетом E11 по Качеству и статистике. Поверочная лаборатория должна разрабатывать и использовать контрольные графики, которые лучше всего подходят для их определенных нужд.

A2.7.8 *Процедуры контроля* – Следующие процедуры контроля должны выполняться перед стандартизацией каждой партии мер твердости и после нее. Если поверки одного набора мер твердости занимают много дней, контрольные процедуры должны выполняться в конце рабочего дня и в начале следующего дня в течение периода времени, когда набор проходит поверку. Дополнительно контрольные процедуры должны выполняться всякий раз, когда меняются индентор, наковальня или испытательное усилие.

A2.7.8.1 Как минимум, две контрольные меры твердости должны использоваться в соответствующих диапазонах твердости, которые включают уровень твердости, который будет стандартизироваться. Эти диапазоны приведены в Таблице A2.6. Для некоторых шкал Роквелла (например, HRR и HRS) может быть использована только одна контрольная мера твердости.

A2.7.8.2 Перед испытанием контрольных мер твердости удостоверьтесь, что испытательная установка работает легко, и что индентор и наковальня правильно посажены. Выполните, как минимум, два измерения твердости на однородном испытательном образце для шкалы, которая будет проверяться. Результаты этих измерений не нужно записывать. Повторяйте эту процедуру всякий раз, когда изменяется шкала твердости.

A2.7.8.3 На каждой контрольной мере твердости выполните, как минимум, четыре измерения, распределенных равномерно по поверхности меры твердости.

A2.7.8.4 *Ошибка* – Определите ошибку E (уравнение 2) при работе образцовой поверочной установки для каждой контрольной меры твердости, которая измеряется. Ошибка E должна находиться в пределах допустимых отклонений Таблицы A2.6.

A2.7.8.5 *Повторяемость* – Определите повторяемость R при работе образцовой поверочной установки (уравнение 3) для каждой стандартизированной меры твердости, которая измеряется. Повторяемость R должна находиться в пределах допустимых отклонений Таблицы A2.6.

A2.7.8.6 Если какое-либо из измерений ошибки E или повторяемости R выходит за пределы допустимых отклонений, считается, что образцовая установка для поверки не прошла контрольную верификацию, и она не должна использоваться для выполнения поверок. Для того чтобы образцовая установка для поверки находилась в пределах допустимых отклонений, могут быть предприняты некоторые корректирующие действия. Эти действия включают чистку и техническое обслуживание или замену наковальни. Не разрешается выполнять настройку системы приложения усилий, системы измерения усилий или системы измерения глубины. Процедуры контрольной верификации могут быть повторены после выполнения разрешенных корректирующих действий. Если образцовая установка для поверки продолжает проваливать испытания на ошибку после корректирующих действий, образцовая поверочная установка должна подвергнуться настройке и/или ремонту, и последующей прямой верификации.

A2.7.8.7 Каждый раз, когда образцовая установка для поверки проваливает контрольную верификацию, поверки, выполненные с момента последней контрольной верификации, могут быть сомнительными.

A2.7.8.8 Исследуйте измеренные данные, используя контрольные графики или другие применяемые системы контроля (см. Примечание A2.4). Если данные контрольной верификации указывают на то, что образцовая установка для поверки находится в пределах контрольных параметров, поверки считаются действительными.

Примечание A2.4 – Данные контрольных графиков должны быть представлены лабораторией на основании прошлого опыта. Необходимость в корректирующих действиях не зависит только от данных, которые выпадают за контрольные пределы, но и от прежних данных, ведущих к этому случаю. Однако в качестве общего правила, если однажды уже определили, что образцовая поверочная установка нуждается в контроле, то единственный случай выпадения данных за контрольные границы должен предупредить лабораторию о возможной проблеме. Уровень необходимого действия зависит от статистики работы установки. Оно может быть предупредительным, таким как увеличение частоты контроля, или корректирующим, таким как выполнение новых прямой и не прямой верификаций.

A2.8 Отчет о верификации

A2.8.1 *Прямая верификация:*

A2.8.1.1 Ссылка на этот метод испытаний ASTM:

A2.8.1.2 Идентификацию образцовой установки для поверки твердости, включая серийный номер, производителя и номер модели.

A2.8.1.3 Идентификацию всех устройств (устройство для проверки упругости и т.д.), используемых для верификации, включая серийные номера и обозначения стандартов соответствия.

A2.8.1.4 Температуру испытания во время верификации, записанную с точностью, как минимум, 1°C.

A2.8.1.5 Значения отдельных измерений и подсчитанные результаты, используемые для определения соответствия образцовой поверочной установки требованиям выполняемой верификации. Рекомендуется также, чтобы была записана погрешность подсчитанных результатов, используемых для определения соответствия образцовой поверочной установки требованиям выполняемой верификации.

A2.8.1.6 Описание настроек и технического обслуживания, выполненных для образцовой поверочной установки, если применялись.

A2.8.1.7 Дату верификации и ссылку на верификационную организацию или службу.

A2.8.1.8 Подпись лица, выполняющего верификацию.

A2.8.1.9 Номер сертификата аккредитации.

A2.8.2 *Непрямая верификация:*

A2.8.2.1 Ссылка на этот метод испытаний ASTM:

A2.8.2.2 Идентификацию установки для испытаний на твердость, включая серийный номер, производителя и номер модели.

A2.8.2.3 Идентификацию всех устройств (мер твердости, инденторов и т.д.), используемых для верификации, включая серийные номера и обозначения стандартов соответствия.

A2.8.2.4 Температуру испытания во время верификации, записанную с точностью, как минимум, 1°C.

A2.8.2.5 Верифицированные шкалы твердости по Роквеллу.

A2.8.2.6 Значения отдельных измерений и подсчитанные результаты, используемые для определения соответствия образцовой поверочной установки требованиям выполняемой верификации. Измерения, сделанные для определения исходного состояния образцовой поверочной установки, должны быть включены всякий раз, когда они выполняются. Рекомендуется также, чтобы была записана погрешность подсчитанных результатов, используемых для определения соответствия образцовой поверочной установки требованиям выполняемой верификации.

A2.8.2.7 Описание технического обслуживания, выполненного для образцовой поверочной установки, если применялось.

A2.8.2.8 Дату верификации и ссылку на верификационную организацию или службу.

A2.8.2.9 Подпись лица, выполняющего верификацию.

A2.8.2.10 Номер свидетельства о сертификации.

A2.8.3 *Контрольная верификация:*

A2.8.3.1 Не требуется отчет о верификации; тем не менее, рекомендуется хранить записи о результатах контрольной верификации, см. A2.7.8.8.

A3. СТАНДАРТИЗАЦИЯ ИНДЕНТОРОВ РОКВЕЛЛА

A3.1 Область действия

A3.1.1 Приложение A3 определяет требования и процедуры по исполнению и стандартизации алмазных сфероконических инденторов Роквелла и шариковых инденторов Роквелла для использования со шкалами Роквелла.

Примечание A3.1 – Предыдущие версии этого стандарта указывали, что алмазные инденторы, используемые для калибровок, удовлетворяют следующим требованиям:

прилежащий угол $120 \pm 0,1^\circ$;

средний радиус $0,200 \pm 0,005$ мм;

радиус в каждом измеренном сечении $0,200 \pm 0,007$ мм.

Предполагается, что алмазные инденторы, удовлетворяющие этим требованиям, с большой долей вероятности не являются доступными на мировом рынке в это время. Поэтому в этом переиздании допустимые отклонения для геометрических параметров инденторов класса A и эталонных алмазных инденторов были временно расширены до уровня инденторов класса B, пока не наступит время, когда инденторы, имеющие более жесткие допустимые отклонения, станут хорошо доступными.

A3.1.2 Приложение охватывает два уровня шариковых инденторов, разработанных по этому стандарту: класс B и класс A. Инденторы класса B предназначены для ежедневного использования с испытательными установками для определения твердости по Роквеллу, и для непрямой верификации испытательных установок для определения твердости по Роквеллу в соответствии с Приложением A1. Инденторы класса A предназначены для непрямой верификации образцовых установок для проверки твердости по Роквеллу в соответствии с Приложением A2, и для стандартизации мер твердости в соответствии с Приложением A4.

A3.1.3 Приложение рассматривает три уровня алмазных инденторов, разработанных по этому стандарту: класс B, класс A и эталонные инденторы. Инденторы класса B предназначены для ежедневного использования с испытательными установками для определения твердости по Роквеллу. Инденторы класса A предназначены для стандартизации инденторов класса B в соответствии с этим приложением и для стандартизации мер твердости в соответствии с Приложением A4. Эталонные инденторы предназначены для стандартизации инденторов класса A.

A3.1.4 Это приложение также предоставляет расписание для проверки инденторов.

A3.1.5 Строгое соблюдение этого стандарта и приложения обеспечивает соответствие результатов национальным стандартам, за исключением случаев, когда указано иное.

A3.2 Сертификация

A3.2.1 Организация, выполняющая стандартизации инденторов, должна быть аккредитована в соответствии с требованиями ISO 17025 (или его эквивалента) сертификационной организацией, признанной Международным обществом по сертификации лабораторий (ILAC), как работающая согласно требованиям ISO/IEC 17011. Поверочная лаборатория должна иметь свидетельство о сертификации, подтверждающее класс и виды инденторов, которые охватываются сертификацией. Только инденторы класса и видов, входящих в область действия лаборатории, удовлетворяют требованиям этого стандарта, за исключением случаев, как указано ниже.

Примечание A3.2 – Сертификация является новым требованием, впервые включенным в данную редакцию стандарта.

A3.3. Общие требования

A3.3.1 Стандартными инденторами для определения твердости по Роквеллу являются *алмазный сфероконический индентор* и *карбид-вольфрамовые (WC) шариковые инденторы* диаметром 1/16 дюйма (1,588 мм), 1/8 дюйма (3,175 мм), 1/4 дюйма (6,350 мм) и 1/2 дюйма (12,70 мм), которые используются для шкал твердости по Роквеллу, как указано в Таблице A3.1. Стальные шариковые инденторы могут использоваться в особых случаях (см. 5.1.2.1).

A3.3.2 Окружающая среда поверочной лаборатории, образцовая поверочная установка и цикл испытаний при стандартизации должны удовлетворять требованиям Приложения A2.

A3.3.3 Все оборудование, используемое для выполнения измерений, требуемых этим Приложением, должно быть откалибровано в соответствии с национальными стандартами, за исключением случаев, когда указано иное.

A3.3.4 Все классы алмазных и шариковых инденторов должны быть проверены на правильность геометрии и исполнения в соответствии со схемой, указанной в Таблице A3.2.

A3.4 Шариковые инденторы

A3.4.1 Шариковые инденторы часто состоят из держателя, крышки и шарика. Процесс стандартизации, определенный в этом разделе, подразумевает узел в сборке. Шарик может быть заменен, без воздействия на верификацию узла при условии, что шарик отвечает всем требованиям в этом разделе.

A3.4.2 Разрешается использование инденторов с цельным закрепленным шариком, которые отвечают тем же требованиям, что и инденторы со съемным шариком. Производитель должен гарантировать, что метод, используемый для закрепления шарика в держателе, не влияет на размеры или свойства шарика.

ТАБЛИЦА А3.1 Виды инденторов для отдельных шкал Роквелла

Символ шкалы	Вид индентора
HRA	Алмазный сфероконический
HRBW	WC шариковый – 1/16 дюйма (1,588 мм)
HRC	Алмазный сфероконический
HRD	Алмазный сфероконический
HREW	WC шариковый – 1/8 дюйма (3,175 мм)
HRFW	WC шариковый – 1/16 дюйма (1,588 мм)
HRGW	WC шариковый – 1/16 дюйма (1,588 мм)
HRHW	WC шариковый – 1/8 дюйма (3,175 мм)
HRKW	WC шариковый – 1/8 дюйма (3,175 мм)
HRLW	WC шариковый – 1/4 дюйма (6,350 мм)
HRMW	WC шариковый – 1/4 дюйма (6,350 мм)
HRPW	WC шариковый – 1/4 дюйма (6,350 мм)
HRRW	WC шариковый – 1/2 дюйма (12,70 мм)
HRSW	WC шариковый – 1/2 дюйма (12,70 мм)
HRVW	WC шариковый – 1/2 дюйма (12,70 мм)
HR15N	Алмазный сфероконический
HR30N	Алмазный сфероконический
HR45N	Алмазный сфероконический
HR15TW	WC шариковый – 1/16 дюйма (1,588 мм)
HR30TW	WC шариковый – 1/16 дюйма (1,588 мм)
HR45TW	WC шариковый – 1/16 дюйма (1,588 мм)
HR15WW	WC шариковый – 1/8 дюйма (3,175 мм)
HR30WW	WC шариковый – 1/8 дюйма (3,175 мм)
HR45WW	WC шариковый – 1/8 дюйма (3,175 мм)
HR15XW	WC шариковый – 1/4 дюйма (6,350 мм)
HR30XW	WC шариковый – 1/4 дюйма (6,350 мм)
HR45XW	WC шариковый – 1/4 дюйма (6,350 мм)
HR15YW	WC шариковый – 1/2 дюйма (12,70 мм)
HR30YW	WC шариковый – 1/2 дюйма (12,70 мм)
HR45YW	WC шариковый – 1/2 дюйма (12,70 мм)

ТАБЛИЦА А3.2 Расписание верификации инденторов

Вид индентора	Геометрические параметры	Исполнение
Класс В алмазный	Когда индентор новый.	Когда индентор новый, и когда возникает подозрение в наличии поломки.
Класс А алмазный	Когда индентор новый.	Должна проводиться в течение 12 месяцев перед поверочным испытанием, и когда возникает подозрение в наличии поломки.
Эталонный алмазный	Когда индентор новый.	Когда индентор новый, и когда возникает подозрение в наличии поломки.
Шарики Класса А и Класса В	Должны быть проверены размеры шариков, если они новые. Держатели шариков должны быть проверены на выступание шариков, если они новые.	Держатели шариков должны быть проверены, если они новые, и когда возникает подозрение в наличии поломки. (Это требование не применяется при обычной замене шарика.)

А3.4.3 Шарик индентора – Шарики должны отвечать следующим требованиям:

А3.4.3.1 Среднее значение шероховатости поверхности шарика не должно превышать 0,00005 мм (2 микро дюйма).

А3.4.3.2 Диаметр шариков класса В, при измерении не менее чем в трех точках, не должен отличаться от номинального диаметра более чем на 0,0025 мм (0,0001 дюйма).

A3.4.3.3 Диаметр шариков класса А, при измерении не менее чем в трех точках, не должен отличаться от номинального диаметра более чем на 0,0010 мм (0,00004 дюйма).

Примечание А3.3 – Шарики, которые соответствуют марке 24 АВМА, удовлетворяют требованиям по размеру и шлифовке для класса А и класса В, как определено в стандарте АВМА 10-1989.

A3.4.3.4 Твердость карбид-вольфрамового шарика не должна быть меньше, чем 1500 HV1 в соответствии с методом испытаний Е 92 или Е 384.

A3.4.3.5 Материал карбид-вольфрамовых шариков должен иметь плотность $14,8 \pm 0,2$ г/см³ и следующий химический состав:

Сумма других карбидов	максимум 2,0 %
Кобальт (Сo)	от 5,0 до 7,0 %
Карбид вольфрама (WС)	баланс

A3.4.3.6 Твердость поверхности стального шарика должна быть не меньше 746 HV1 в соответствии с методом испытаний Е 92 или Е 384.

A3.4.3.7 В целях проверки требований к шарикам, приведенных в А3.4.3, считают достаточным испытать набор образцов-шариков, выбранных наугад из партии, в соответствии с расписанием, приведенным в Таблице А3.2. Шарики, проверенные на твердость, нужно отложить.

A3.4.3.8 Для подтверждения соответствия инденторных шариков вышеуказанным требованиям лаборатория, проводящая стандартизацию индентора, может либо проверять соответствие шариков требованиям, либо получить свидетельство о верификации от производителя шариков.

A3.4.4 *Держатель шарика* – Держатель шарика должен отвечать следующим требованиям:

A3.4.4.1 Материал, используемый для производства части держателя шарика, которая передает испытательное усилие, должен иметь минимальную твердость в 25 HRC.

A3.4.4.2 Шарик должен выступать из держателя минимум на 0,3 мм. Это требование может быть проверено прямым измерением или проведением испытания для соответствующей шкалы Роквелла на стандартизированной мере твердости, которая имеет эквивалентную твердость 10 HRBW или меньше. Выступ является достаточным, если результат твердости находится в пределах $\pm 1,5$ удостоверенного значения меры твердости.

A3.4.5 *Верификация исполнения держателей шариковых инденторов* – Влияние шарикового индентора на значение твердости обусловлено не только указанными ранее характеристиками шарика, но и характеристиками держателя шарика, которые могут изменяться в результате производственных процедур. Для исследования этого влияния должно быть проверено исполнение каждого нового держателя шарика класса В и класса А в соответствии с расписанием, указанным в Таблице А3.2.

A3.4.5.1 Верификация исполнения завершается выполнением измерений твердости на мерах твердости, отвечающих производственным требованиям А4.3 и стандартизованных при помощи образцовой поверочной установки, которая успешно прошла прямую верификацию в соответствии с А2.6.2. Как минимум одна мера твердости должна быть испытана для шкалы твердости и диапазона твердости по Роквеллу, приведенных в Таблице А3.3, в соответствии с размером шарика, который проверяется. Некоторые специально разработанные 1/16 дюймовые (1,588 мм) инденторы класса В могут не выполнить проверки с использованием шкал Роквелла для верификации обычных инденторов в Таблице А3.3. Например, это относится к 1/16 дюймовым (1,588 мм) шариковым инденторам с тонкими наконечниками, которые не поддерживают испытательные усилия шкалы HRB. Эти инденторы с ограниченными шкалами могут использоваться при условии наличии сертификации на шкалу или шкалы, для которых они спроектированы для выполнения с использованием меры твердости или мер твердости для тех шкал, как определено в Таблице А3.4. во всех случаях в отчете об испытании должна быть определена шкала или шкалы, на которые сертифицирован индентор.

A3.4.5.2 Перед проведением верификации удостоверьтесь, что испытательная установка работает легко, и что индентор, который будет проверяться, и наковальня правильно посажены. Выполните, как минимум, два измерения твердости на однородном испытательном образце. Результаты этих измерений не нужно записывать.

A3.4.5.3 На стандартизированной мере твердости выполните, как минимум, три измерения, распределенных равномерно по испытательной поверхности. Определите ошибку Е и повторяемость R работы испытательной установки, используя уравнения 2 и 3 для каждого уровня твердости каждой шкалы Роквелла, которая будет проверяться.

A3.4.5.4 Допускается разница в пределах, указанных в Таблице А3.3 для класса проверяемого индентора или в Таблице А3.4 для проверяемого отдельного индентора или индентора с ограниченной шкалой.

A3.4.6 Шариковые инденторы часто состоят из держателя и съемной крышки, что позволяет периодически менять шарик. Крышки шариков могут быть повреждены во время использования, и, как следствие, должны быть заменены. Когда крышка заменяется новой крышкой, узел шарикового индентора должен пройти эксплуатационное испытание перед использованием путем проведения ежедневной верификации в соответствии с А1.5.3.1. Используемая мера твердости должна иметь твердость равную или меньшую, чем у самого мягкого материала, который собираются испытывать, используя этот индентор. Верификация может быть выполнена владельцем индентора или поверочной организацией. Для этой верификации должна использоваться испытательная установка, которая удовлетворяет требованиям Приложения А1.

ТАБЛИЦА А3.3 Меры твердости, которые должны использоваться для верификаций исполнения шариковых инденторов класса А и класса В, и максимально допустимые отклонения исполнения по отношению к стандартизированным эталонным мерам твердости

Размер шарика дюймы (мм)	Диапазоны требуемых мер твердости	Класс А	Класс В
		Допустимые отклонения	Допустимые отклонения
1/16 (1,588)	от 20 до 100 HRBW	± 0,4 HRBW	± 0,8 HRBW
1/8 (3,175)	от 68 до 92 HREW	± 0,4 HREW	± 0,8 HREW
1/4 (6,350)	HRLW, HRMW или HRPW (любой уровень)	± 0,4 HR	± 0,8 HR
1/2 (12,70)	HRRW, HRSW или HRVW (любой уровень)	± 0,4 HR	± 0,8 HR

А3.5 Алмазные инденторы класса В

А3.5.1 Алмазные инденторы класса В предназначены для ежедневного использования при выполнении измерений твердости по Роквеллу. Они должны быть проверены на правильность геометрии и исполнения в соответствии со схемой, указанной в Таблице А3.2.

А3.5.2 Требования к геометрии алмазных инденторов класса В:

А3.5.2.1 Полированная часть алмазного индентора не должна иметь поверхностных дефектов (трещин, сколов, ямок и т.д.) при наблюдении под 20-тикратным увеличением. Индентор должен быть отполирован на такой его части, чтобы неполированная часть его поверхности не могла соприкасаться с испытательным образцом, когда индентор проникает на глубину 0,3 мм.

А3.5.2.2 Верификация следующих геометрических параметров должна быть выполнена не менее чем в четырех примерно равноудаленных профилях поперечного сечения. Например, четыре профиля будут расположены примерно через 45° интервалы.

А3.5.2.3 Алмаз должен иметь прилегающий угол $120 \pm 0,35^\circ$ (см. Рис. А3.1).

А3.5.2.4 Вершина алмаза должна быть сферической со средним радиусом $0,200 \pm 0,010$ мм (см. Рис. А3.1). В каждом измеренном сечении радиус должен быть в пределах $0,200 \pm 0,015$ мм, а местные отклонения от точного радиуса не должны превышать 0,002 мм.

А3.5.2.5 Поверхности конуса и сферической вершины должны сопрягаться по касательной.

А3.5.2.6 Инструмент, используемый для проверки геометрических параметров, должен обладать точностью измерения, приведенной в Таблице А3.5.

А3.5.2.7 Верификация геометрических параметров алмаза может быть проведена прямым измерением или измерением их проекций на экране, при условии соответствия требованиям в отношении точности.

А3.5.2.8 Когда используется метод проекции на экран, контур проекции алмаза сравнивается с линиями на экране, который показывает пределы допустимых отклонений размеров. В этом случае измерение значений геометрических параметров не требуется. Достаточно указать, что параметры находятся в пределах допустимых отклонений.

А3.5.3 Верификация исполнения алмазных инденторов класса В:

А3.5.3.1 Влияние алмазного индентора на значение твердости обусловлено не только указанными ранее параметрами индентора, но и другими характеристиками, которые могут изменяться в результате производственных процедур. Для исследования этого влияния должно быть проверено исполнение каждого индентора класса В путем сравнения с исполнением индентора квалификационного класса А или эталонного индентора.

ТАБЛИЦА А3.4 Меры твердости, которые должны использоваться для верификации рабочих характеристик шарикового индентора с обычной или ограниченной шкалой и максимального допуска по рабочим характеристикам по отношению к стандартизированным эталонным мерам твердости

Размер шарика дюймы (мм)	Диапазоны требуемых мер твердости	Допустимые отклонения
1/16 (1,588) Шкала HR15TW	от 67 до 90 HR15TW	± 0,8 HR15TW
1/16 (1,588) Шкала HR30TW	от 30 до 77 HR30TW	± 0,8 HR30TW



РИС. А3.1 Схема поперечного сечения вершины сфероконического алмазного индентора

Таблица А3.5 Минимальная точность измерительного инструмента для проверки геометрических параметров инденторов класса В, класса А и эталонных алмазных инденторов

Геометрический параметр	Минимальная точность
Углы	0,1°
Радиус	0,001 мм
Прямолинейность образующей линии конуса (только для инденторов класса А и эталонных инденторов)	0,001 мм

А3.5.3.2 Алмазные инденторы могут быть проверены для использования с ограниченными шкалами Роквелла следующим образом: только обычные шкалы Роквелла; только шкалы поверхностной твердости по Роквеллу; или и обычные шкалы, и шкалы поверхностной твердости по Роквеллу. Специальные алмазные инденторы, предназначенные для использования единой или ограниченной шкалы и инденторы, такие как алмазные инденторы с боковой выемкой, которые из-за своего геометрического исполнения не могут выдержать более тяжелые нагрузки некоторых шкал Роквелла также допускаются. Во всех случаях в отчете об испытании должна быть определена шкала или шкалы, с которыми разрешено использовать индентор.

А3.5.3.3 Верификация исполнения завершается выполнением измерений твердости на мерах твердости, удовлетворяющих производственным требованиям А4.3.

А3.5.3.4 Перед верификацией исполнения удостоверьтесь, что испытательная установка работает легко, и что индентор, который будет проверяться, и наковальня правильно посажены. Выполните, как минимум, два измерения твердости на однородном испытательном образце, используя суммарное усилие в 150 кгс или самое большое испытательное усилие, которое может обеспечить индентор. Результаты этих измерений не нужно записывать. Эту процедуру нужно повторять каждый раз, когда заменяется индентор.

А3.5.3.5 Используя квалификационный индентор, выполните процедуры ежедневной верификации А1.5.3 для шкал и уровней твердости, которые будут использоваться при верификации исполнения индентора. Если либо измерения ошибки E , либо повторяемости R выпадают за указанные допустимые отклонения, считают, что испытательная установка не прошла верификацию, и что она не должна использоваться для стандартизации, пока не будет определена проблема и не будут выполнены корректировки. После выполнения корректировок процедура верификации может быть проведена повторно. Эта процедура верификации требуется только в начале верификации работы индентора.

А3.5.3.6 Следующие процедуры для верификации работы включают: проведение квалификационных испытаний на твердость на мерах твердости с помощью индентора класса А или эталонного индентора; затем выполнение верификационных испытаний на тех же мерах твердости с помощью инденторов класса В, которые должны проверяться.

А3.5.3.7 Используя квалификационный индентор, проведите одну серию, по меньшей мере, из трех квалификационных испытаний на каждой мере твердости из каждого диапазона, определенного в Таблице А3.6, для типа индентора, который должен проверяться. Специальные инденторы с особой или ограниченной шкалой (смотрите А3.5.3.2) должны быть признаны годными к использованию на стандартной или ограниченной шкалах с использованием мер твердости, определенных в Таблице А3.7. например, если предпочтительна только шкала HRA алмазного индентора, будут использоваться две меры твердости шкалы HRA, определенные в таблице. Если предпочтительно, чтобы использовался только индентор в шкалах 15N и 30N, тогда будут использоваться четыре меры измерения, 2 в шкале 15N и 2 в шкале 30N, как определено в таблице. Запишите результат каждого испытания и расположение вдавливания. Пусть \overline{H}_Q будет средним значением квалификационных измерений.

А3.5.3.8 Используя индентор класса В, который должен проверяться, выполните верификационные испытания на мерах твердости, предварительно испытанных с помощью индентора класса А или эталонного индентора. Одно верификационное испытание должно быть проведено в пределах 6 мм от каждого квалификационного вдавливания. Пусть \overline{H}_V будет средним значением поверочных измерений.

А3.5.3.9 Количество поверочных испытаний, которое может быть выполнено рядом с каждым квалификационным испытанием, ограничено требованиями - в пределах 6 мм от квалификационного вдавливания, в тоже время, придерживаясь при вдавливании требований к пространству для вдавливания, приведенных в 7.9. Для выполнения дополнительных поверочных испытаний, проведите дополнительные квалификационные испытания с помощью индентора класса А или эталонного индентора, и повторите вышеуказанную поверочную процедуру. Этот процесс может повторяться до тех пор, пока больше не останется места для вдавливания на мере твердости.

А3.5.3.10 Для приемлемости, разница между квалификационными и поверочными средними значениями, $\overline{H}_Q - \overline{H}_V$, должна быть в пределах допустимых отклонений для инденторов класса В, приведенных в Таблице А3.6 или А3.7 для проверяемого индентора с особой или ограниченной шкалой.

ТАБЛИЦА А3.6 Меры твердости, которые используются для верификаций исполнения алмазных инденторов класса В, и максимально допустимые отклонения исполнения относительно индентора класса А или эталонного индентора

Вид индентора	Диапазоны требуемых мер твердости	Допустимое отклонение для индентора класса В по сравнению с индентором класса А или эталонным индентором $\overline{H}_Q - \overline{H}_V$
Алмазный для обычных шкал твердости	от 22 до 28 HRC	± 0,8 HRC
	от 60 до 65 HRC	± 0,4 HRC

Алмазный для шкал поверхностной твердости	от 88 до 94 HR15N	± 0,5 HR15N
	от 60 до 69 HR30N	± 0,5 HR30N
	от 22 до 29 HR45N	± 0,8 HR45N
Алмазный, комбинация обычных шкал твердости и шкал поверхностной твердости	от 22 до 28 HRC	± 0,8 HRC
	от 60 до 65 HRC	± 0,5 HRC
	от 88 до 94 HR15N	± 0,5 HR15N
	от 60 до 69 HR30N	± 0,5 HR15N

ТАБЛИЦА А3.7 Меры твердости, которые используются для верификаций исполнения алмазных инденторов с особыми или ограниченными шкалами и максимально допустимые отклонения исполнения относительно индентора класса А или эталонного индентора

Вид индентора	Диапазоны требуемых мер твердости	Допустимое отклонение по сравнению с индентором класса А или эталонным индентором
		$\frac{H_Q - H_V}{H_Q - H_V}$
Шкала HRA	от 61 до 65 HRA	± 0,8 HRA
	от 81 до 84 HRA	± 0,5 HRA
Шкала HRD	от 41 до 46 HRD	± 0,8 HRA
	от 70 до 75 HRD	± 0,5 HRD
Шкала HR15N	от 70 до 74 HR15N	± 0,8 HR15N
	от 88 до 94 HR15N	± 0,5 HR15N
Шкала HR30N	от 43 до 49 HR30N	± 0,8 HR30N
	от 77 до 82 HR30N	± 0,5 HR30N

А3.6 Алмазные инденторы класса А

А3.6.1 Инденторы класса А предназначены для использования: при стандартизации инденторов класса В в соответствии с этим приложением; при стандартизации мер твердости, используемых для определения твердости по Роквеллу, как описано в Приложении А4; в качестве средства поиска и устранения неисправностей во время непрямо́й верификации испытательных установок для определения твердости по Роквеллу в соответствии с приложением А1. Они проверяются на правильность геометрии и исполнения в соответствии с расписанием, указанным в Таблице А3.2.

А3.6.1.1 Инструмент, используемый для проверки геометрических параметров, должен обладать точностью измерения, приведенной в Таблице А3.5.

А3.6.2 Алмазный индентор класса А должен отвечать всем требованиям по исполнению и геометрии для алмазных инденторов класса В, приведенным в А3.5.2, и следующим дополнительным требованиям. См. также Примечание А3.1.

А3.6.2.1 Отклонение от прямолинейности образующей линии алмазного конуса, прилегающей к месту сопряжения, не должно превышать 0,002 мм на минимальной длине 0,40 мм.

А3.6.2.2 Угол между осью индентора и осью перпендикулярной посадочной поверхности индентора не должен превышать 0,5°.

А3.6.3 Алмазные инденторы класса А имеют более жесткие допуски по исполнению, чем алмазные инденторы класса В. Исполнение каждого индентора класса А должно быть проверено путем сравнения с исполнением эталонного индентора.

А3.6.4 Выполните квалификационные и поверочные измерения, как описано в А3.5.3 для алмазного индентора класса В, за исключением того, что квалификационные измерения должны быть выполнены с использованием эталонного алмазного индентора на каждой мере твердости из каждого диапазона, определенного в Таблице А3.6, для вида индентора, который будет проверяться.

А3.6.4.1 Для приемлемости, разница между средним значением трех квалификационных измерений и средним значением трех поверочных измерений, $\frac{H_Q - H_V}{H_Q - H_V}$, должна быть в пределах допустимого отклонения, указанного для алмазных инденторов класса А в Таблице А3.6.

ТАБЛИЦА А3.8 Меры твердости, которые используются для верификаций исполнения алмазных инденторов класса А, и максимально допустимые отклонения исполнения относительно эталонного индентора

Вид индентора	Диапазоны требуемых мер твердости	Допустимое отклонение для индентора класса А по сравнению с эталонным индентором
		$\frac{H_Q - H_V}{H_Q - H_V}$
Алмазный для обычных шкал твердости	от 80 до 83 HRA	± 0,3 HRA
	от 22 до 28 HRC	± 0,4 HRC

	от 42 до 50 HRC	± 0,4 HRC
	от 60 до 65 HRC	± 0,3 HRC
Алмазный для шкал поверхностной твердости	от 88 до 94 HR15N	± 0,3 HR15N
	от 60 до 69 HR30N	± 0,3 HR30N
	от 42 до 50 HR30N	± 0,4 HR45N
	от 22 до 29 HR45N	± 0,4 HR45N
Алмазный, комбинация обычных шкал твердости и шкал поверхностной твердости	от 22 до 28 HRC	± 0,4 HRC
	от 60 до 65 HRC	± 0,3 HRC
	от 88 до 94 HR15N	± 0,3 HR15N
	от 60 до 69 HR30N	± 0,3 HR30N

A3.7 Эталонные алмазные инденторы

A3.7.1 Эталонные алмазные инденторы предназначены для стандартизации алмазных инденторов класса А. Эталонный индентор должен иметь более жесткие допуски по исполнению, чем инденторы класса А и класса В, и должен проверяться на исполнение путем сравнения с индентором, признанным в качестве национального эталонного индентора национальной лабораторией по стандартизации твердости по Роквеллу (см. Примечание А3.4).

Примечание А3.4 – В США национальной лабораторией по стандартизации твердости по Роквеллу является Национальный институт стандартов и технологии (NIST).

A3.7.2 Требования к геометрии эталонных алмазных инденторов:

A3.7.2.1 Верификация следующих геометрических параметров эталонного алмазного сфероконического индентора должна проводиться не менее чем в восьми примерно равноудаленных профилях поперечного сечения. Например, восемь профилей будут расположены примерно через 22,5° интервалы.

A3.7.3 Эталонный алмазный индентор должен удовлетворять всем требованиям по исполнению и геометрии для алмазных инденторов класса А, приведенным в А3.6.2. См. также Примечание А3.1.

A3.7.4 Верификация исполнения эталонных алмазных инденторов:

A3.7.4.1 Сравнение исполнения должно выполняться национальной лабораторией по стандартизации твердости по Роквеллу и должно находиться в пределах допусков Таблицы А3.9.

ТАБЛИЦА А3.9 Меры твердости, которые используются для верификаций исполнения эталонных инденторов, и максимально допустимые отклонения исполнения относительно национального эталонного индентора

Вид индентора	Диапазоны требуемых мер твердости	Допустимое отклонение для эталонного индентора по сравнению с национальным эталонным индентором
		$\overline{H_o} - \overline{H_v}$
Алмазный для обычных шкал твердости	от 22 до 28 HRC	± 0,3 HRC
	от 62 до 65 HRC	± 0,3 HRC
Алмазный для шкал поверхностной твердости	от 88 до 94 HR15N	± 0,3 HR15N
	от 40 до 48 HR45N	± 0,3 HR45N
Алмазный, комбинация обычных шкал твердости и шкал поверхностной твердости	от 20 до 28 HRC	± 0,3 HRC
	от 62 до 65 HRC	± 0,3 HRC
	от 88 до 94 HR15N	± 0,3 HR15N
	от 40 до 48 HR45N	± 0,3 HR45N

A3.7.4.2 Выполните квалификационные и поверочные измерения, как описано в А3.5.3 для алмазного индентора класса В, за исключением того, что должны быть выполнены, по меньшей мере, четыре квалификационных измерения с использованием национального эталонного индентора (см. А3.7.1) на каждой мере твердости из каждого диапазона, определенного в Таблице А3.7, для вида индентора, который будет проверяться.

A3.7.4.3 Для приемлемости, разница между средним значением пяти квалификационных измерений и средним значением пяти поверочных измерений, $\overline{H_o} - \overline{H_v}$, должна быть в пределах допустимого отклонения, указанного для эталонных инденторов в Таблице А3.9, для каждой меры твердости, используемой при верификации.

A3.8 Маркировка

A3.8.1 Все инденторы должны быть упорядочены. Если неудобно маркировать серийный номер на инденторе из-за размерных ограничений, серийный номер должен быть отмечен на контейнере.

A3.8.2 Алмазные инденторы должны быть промаркированы для обозначения шкал, для которых они предназначены. Например, алмазный индентор с регулярной шкалой может быть промаркирован буквой «N». Комбинированный индентор может быть промаркирован как буквой «С», так и «N».

A3.8.3 Инденторы с одной или ограниченной шкалой должны быть промаркированы для обозначения шкалы(шкал), для которых они предназначены. Если неудобно маркировать серийный номер на инденторе из-за размерных ограничений, серийный номер должен быть отмечен на контейнере.

A3.9 Свидетельство

A3.9.1 *Шариковые инденторы* – На каждый держатель шарикового индентора класса В и класса А должно иметься поверочное свидетельство со следующей информацией:

A3.9.1.1 Ссылка на этот метод испытаний ASTM.

A3.9.1.2 Серийный номер индентора.

A3.9.1.3 Дата стандартизации.

A3.9.1.4 Положение, в котором утверждается, что индентор удовлетворяет всем требованиям по твердости материала, выступу шарика и исполнению для конкретного класса шарикового индентора, предназначенного для испытаний на твердость по Роквеллу.

A3.9.1.5 Номер свидетельства сертификационной организации.

A3.9.1.6 Шкала(шкалы), для которых предназначен индентор.

A3.9.2 Шарика для инденторов класса В и класса А должны иметь отчет, применимый к одному или более шарикам, со следующей информацией:

A3.9.2.1 Ссылка на этот метод испытаний ASTM.

A3.9.2.2 Обозначение партии или серии.

A3.9.2.3 Положение, в котором утверждается, что шарик отвечает всем требованиям по геометрии, плотности, химическому составу и твердости для конкретного класса шарикового индентора, предназначенного для испытаний на твердость по Роквеллу.

A3.9.3 *Алмазные инденторы класса В* - Каждый алмазный индентор класса В должен иметь поверочное свидетельство со следующей информацией:

A3.9.3.1 Ссылка на этот метод испытаний ASTM.

A3.9.3.2 Серийный номер индентора.

A3.9.3.3 Дата стандартизации.

A3.9.3.4 Положение, в котором утверждается, что индентор удовлетворяет всем требованиям по геометрии и исполнению для индентора класса В.

A3.9.3.5 Номер свидетельства сертификационной организации.

A3.9.3.6 Шкала(шкалы), для которых предназначен индентор.

A3.9.4 *Алмазные инденторы класса А* - Каждый алмазный индентор класса А должен иметь поверочное свидетельство со следующей информацией:

A3.9.4.1 Ссылка на этот метод испытаний ASTM.

A3.9.4.2 Серийный номер индентора.

A3.9.4.3 Дата стандартизации.

A3.9.4.4 Результаты всех верификаций геометрии.

A3.9.4.5 Все квалификационные и поверочные измерения исполнения с уровнями твердости мер твердости, которые использовались.

A3.9.4.6 Различия в исполнении между эталонным стандартизирующим индентором и проверенным индентором класса А, $\overline{H_Q} - \overline{H_V}$, для каждой меры твердости, которая использовалась.

A3.9.4.7 Положение, в котором утверждается, что индентор удовлетворяет всем требованиям по геометрии и исполнению для индентора класса А.

A3.9.4.8 Номер свидетельства сертификационной организации.

A3.9.5 *Эталонные алмазные инденторы* - Каждый эталонный алмазный индентор должен иметь поверочное свидетельство или отчет со следующей информацией:

A3.9.5.1 Серийный номер индентора.

A3.9.5.2 Дата стандартизации.

A3.9.5.3 Результаты всех верификаций геометрии.

A3.9.5.4 Серийный номер эталонного индентора.

A3.9.5.5 Все квалификационные и поверочные измерения исполнения с уровнями твердости мер твердости, которые использовались.

A3.9.5.6 Различия в исполнении между эталонным индентором и проверенным эталонным индентором, $\overline{H_Q} - \overline{H_V}$, для каждой меры твердости, которая использовалась.

A4. СТАНДАРТИЗАЦИЯ МЕР ТВЕРДОСТИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТВЕРДОСТИ ПО РОКВЕЛЛУ

A4.1 Область действия

A4.1.1 Приложение А4 определяет требования и процедуры по стандартизации мер твердости, используемых для определения твердости по Роквеллу, которые относятся к отдельным стандартам по определению твердости по Роквеллу. Эти стандартизированные меры твердости используются для проверки работы испытательных установок, предназначенных для определения обычной и поверхностной прочности по Роквеллу, с помощью ежедневных и

непрямых верификаций, как описано в Приложении А1. Стандартизированные меры твердости также используются для контрольных верификаций образцовых установок для поверки твердости по Роквеллу, как описано в Приложении А2.

А4.1.2 Строгое соблюдение этого стандарта и приложения обеспечивает соответствие результатов национальным стандартам, за исключением случаев, когда оговорено иное.

А4.2 Сертификация

А4.2.1 Организация, выполняющая стандартизации мер твердости, должна быть аккредитована в соответствии с требованиями ISO 17025 (или его эквивалента) сертификационной организацией, признанной Международным обществом по сертификации лабораторий (ILAC), как работающая согласно требованиям ISO/IEC 17011. Организация, осуществляющая поверку, должна иметь свидетельство о сертификации, подтверждающее шкалы твердости по Роквеллу, которые охватываются сертификацией, и стандарты соответствия стандартизации мер твердости.

Примечание А4.1 – Сертификация является новым требованием, начиная с этой редакции стандарта.

А4.3 Производство

А4.3.1 Внимание производителя мер твердости обращено на необходимость использования материала и производственного процесса, который обеспечит необходимую однородность, стабильность структуры и равномерность поверхностной твердости. В целях контроля качества меры твердости должны быть исследованы на однородность и равномерность поверхностной твердости в соответствии со статистически приемлемой методикой выборочного исследования.

А4.3.2 Меры твердости, если они изготовлены из стали, должны быть размагничены в конце производственного процесса.

А4.3.3 Для гарантирования того, что материал не переносится с испытательной поверхности после стандартизации, должна быть сделана опознавательная метка на испытательной поверхности. Метка должна быть такой, чтобы ее невозможно было удалить любым другим методом, кроме удаления материала меры твердости.

А4.3.4 Стандартизированная мера твердости должна удовлетворять физическим требованиям Таблицы А4.1.

А4.4 Общие требования

А4.4.1 Окружающая среда поверочной лаборатории, образцовая поверочная установка и цикл испытаний при стандартизации должны удовлетворять требованиям Приложения А2.

А4.4.2 Весь инструмент, используемый для выполнения измерений, требуемых этим Приложением, должен быть проверен на пригодность для контроля соответствия национальным стандартам, за исключением случаев, когда указано иное.

А4.5 Процедура стандартизации

А4.5.1 Мера твердости стандартизируется путем калибровки среднего значения твердости испытательной поверхности к определенному стандарту твердости по Роквеллу. Если возможно, меры твердости должны пройти калибровку на соответствие национальным стандартам твердости по Роквеллу (см. Примечание А4.2). Стандарт твердости по Роквеллу, по которому прослеживаются меры твердости, должен быть зафиксирован в свидетельстве.

Примечание А4.2 - В США национальной лабораторией для поверки твердости по Роквеллу является Национальный институт стандартов и технологий (NIST), Gaithersburg, MD 20899.

Примечание А4.3 – Основные стандартизированные меры твердости доступны в качестве стандартного эталонного материала в NIST, Gaithersburg, MD 20899.

А4.5.2 Для стандартизации мер твердости должны использоваться шариковые инденторы класса А или эталонные алмазные инденторы, как описано в Приложении А3 (смотрите Примечание 3).

А4.5.3 Процедура стандартизации включает выполнение измерений твердости на поверхности меры твердости при использовании усилий и вида индентора, которые подходят для данной шкалы твердости.

А4.5.3.1 Выполните, как минимум, пять измерений, распределенных равномерно по испытательной поверхности.

А4.5.4 Определите интервал неоднородности H_R измерений по формуле:

$$H_R = H_{max} - H_{min} \quad (A4.1)$$

где:

H_{max} – самое высокое значение твердости,

H_{min} – самое низкое значение твердости.

ТАБЛИЦА А4.1 Физические требования к стандартизированным мерам твердости

Параметр меры твердости	Допуск
Толщина	$\geq 6,0$ мм (0,236 дюйма) $\leq 16,0$ мм (0,630 дюйма)
Площадь испытательной поверхности	≤ 2600 мм ² (4 кв. дюйма)
Отклонение от плоскостности поверхности (испытательная и нижняя поверхности)	$\leq 0,005$ мм (0,0002 дюйма)

Отклонение от параллельности поверхности (испытательная и нижняя поверхности)	$\leq 0,0002$ мм на мм (0,0002 дюйма на дюйм)
Средняя шероховатость поверхности (испытательная и нижняя поверхности)	$R_a \leq 0,003$ мм (12 микродюйм.) среднее значение по центральной линии

A4.5.4.1 Интервал неоднородности H_R стандартизирующих измерений обеспечивает индикацию неоднородности твердости меры твердости. Для приемлемости, интервал неоднородности H_R должен быть в пределах допустимых отклонений Таблицы A4.2.

A4.5.5 Стандартизированное значение меры твердости определяется, как среднее значение стандартизирующих измерений \bar{H} .

A4.5.6 В некоторых случаях может быть получено более точное стандартизированное значение для меры твердости путем корректирования измеренного среднего значения твердости с помощью величины коррекции работы для образцовой поверочной установки. Величина коррекции может быть основана на значениях ошибки E , измеренных во время последней не прямой верификации образцовой поверочной установки. Например, подходящая кривая величины коррекции для каждой образцовой поверочной установки может быть рассчитана для определенной шкалы Роквелла путем приложения прямой линии к значениям ошибки, измеренным во время не прямой верификации. Лаборатория должна быть предупреждена о том, что достоверность расчета корректировочной кривой таким способом зависит от линейности подгонки данных коррекции по всей шкале.

A4.6 Маркировка

A4.6.1 Маркировка, помещенная на боковой стороне меры твердости, должна быть вертикальной, когда испытательная поверхность находится сверху.

A4.6.2 На каждой стандартизированной мере твердости должны быть нанесены следующие данные:

A4.6.2.1 Стандартизированное значение твердости \bar{H} меры твердости, округленное не менее чем до одной десятой в соответствии с Методом E 29, например, 61,4 HRC.

A4.6.2.2 Соответствующее значение допустимого отклонения для ошибки E , приведенное в Таблице A1.3.

A4.6.2.3 Название или идентифицирующая метка поверочного агентства.

A4.6.2.4 Метка, идентифицирующая испытательную поверхность, которая будет стерта, если поверхность пройдет повторную шлифовку.

ТАБЛИЦА A4.2 Максимальная неоднородность для стандартизированных мер твердости

Номинальная твердость стандартизированной меры твердости		Максимальный интервал неоднородности, H_R (единицы твердости по Роквеллу)
HRA	≥ 20 и < 80	1,0
	≥ 80 и < 92	0,5
HRBW	≥ 0 и < 45	1,5
	≥ 45 и < 100	1,0
HRC	≥ 20 и < 60	1,0
	≥ 60 и < 70	0,5
HRD	≥ 40 и < 60	1,0
	≥ 60 и < 87	0,5
HREW, HRFW, HRGW, HRHW, HRKW, HRLW, HRMW, HRPW, HRRW, HRSW, HRVW		1,0
HR15N	≥ 69 и < 90	1,0
	≥ 90 и < 97	0,7
HR30N	≥ 41 и < 77	1,0
	≥ 77 и < 92	0,7
HR45N	≥ 19 и < 66	1,0
	≥ 66 и < 87	0,7
HR15TW, HR30TW, HR 45TW		1,0
HR15WW, HR30WW, H R45WW, HR15XW, HR30XW, HR 45XW, HR15YW, HR30YW, HR 45YW		1,0

A4.6.2.5 Уникальный серийный номер.

A4.6.2.6 Год стандартизации. Достаточно, чтобы год стандартизации был включен в серийный номер меры твердости.

A4.7 Свидетельство

A4.7.1 Каждая стандартизированная мера твердости должна поставляться со свидетельством от поверочной лаборатории, в котором содержится следующая информация о стандартизации:

A.4.7.1.1 Серийный номер меры твердости.

A4.7.1.2 Стандартизированное значение твердости \bar{H} меры твердости с обозначением шкалы, округленное не менее чем до одной десятой в соответствии с Методом E 29, например, 61,4 HRC.

A4.7.1.3 Величина погрешности стандартизированного значения с подробным пояснением того, как эта погрешность была подсчитана.

A4.7.1.4 Индивидуальные измерения стандартизированной твердости.

A4.7.1.5 Описание используемого цикла испытаний, включая время выдержек для предварительного усилия, суммарного усилия и упругого восстановления.

A4.7.1.6 Организация, которая определяет шкалу Роквелла, которой соответствует данная мера твердости. Например, национальная шкала Роквелла С хранится в NIST.

A4.7.1.7 Дата стандартизации.

A4.7.1.8 Дата истечения срока стандартизации (не превышает пять лет от даты стандартизации).

A4.7.1.9 Номер свидетельства сертификационной организации.

A5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ МИНИМАЛЬНОЙ ТОЛЩИНЫ ОБРАЗЦА ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ

ТАБЛИЦА A5.1 Руководство по минимальной толщине для выбора шкалы с помощью алмазного индентора (см. Рис. A5.1)

ПРИМЕЧАНИЕ 1 – Для любой данной толщины, указанная твердость по Роквеллу является минимальным значением, допустимым для контроля. Для данной твердости, материал любой большей толщины, чем та, которая соответствует данной твердости, может быть подвергнут испытанию по указанной шкале.

Минимальная толщина		Шкала Роквелла		
		А		С
дюймы	мм.	Показание твердости	Приблизительная твердость по шкале С ^A	Показание твердости
0,014	0,36	...	...	...
0,016	0,41	86	69	...
0,018	0,46	84	65	...
0,020	0,51	82	61.5	...
0,022	0,56	79	56	69
0,024	0,61	76	50	67
0,026	0,66	71	41	65
0,028	0,71	67	32	62
0,030	0,76	60	19	57
0,032	0,81	...	...	52
0,034	0,86	...	...	45
0,036	0,91	...	...	37
0,038	0,96	...	...	28
0,040	1,02	...	...	20

^A Данные показатели приблизительной твердости используются при выборе соответствующей шкалы и не должны быть использованы в качестве чисел для перевода чисел твердости из одной шкалы в другую. В случае, когда возникает необходимость преобразовать показания проведенных испытаний в другую шкалу, обращайтесь к Переводной таблице шкал твердости E 140 (Соотношение между твердостью по Бринелю, твердостью по Виккерсу, твердостью по Роквеллу, поверхностной твердостью по Роквеллу и твердостью по Кнупу).

ТАБЛИЦА A5.2 Руководство по минимальной толщине для выбора шкалы с помощью шарикового индентора диаметром 1/16 дюйма (1.588 мм.) (см. Рис. A5.2)

ПРИМЕЧАНИЕ 1 — Для любой данной толщины, указанная твердость по Роквеллу является минимальным значением, допустимым для контроля. Для данной твердости, материал любой большей толщины, чем та, которая соответствует данной твердости, может быть подвергнут испытанию по указанной шкале.

Минимальная толщина		Шкала Роквелла		
		F		B
дюймы	мм.	Показание твердости	Приблизительная твердость по шкале В ^A	Показание твердости
0.022	0.56	...	...	...
0.024	0.61	98	72	94
0.026	0.66	91	60	87
0.028	0.71	85	49	80
0.030	0.76	77	35	71
0.032	0.81	69	21	62
0.034	0.86	...	...	52
0.036	0.91	...	...	40
0.038	0.96	...	...	28
0.040	1.02	...	...	...

^A Данные показатели приблизительной твердости используются при выборе соответствующей шкалы, и они не должны быть использованы в качестве чисел для перевода чисел твердости из одной шкалы в другую. В случае, когда возникает необходимость преобразовать показания проведенных испытаний в другую шкалу, обращайтесь к Переводной таблице шкал твердости E 140 (Соотношение между твердостью по Бринелю, твердостью по Виккерсу, твердостью по Роквеллу, поверхностной твердостью по Роквеллу и твердостью по Кнупу).

ТАБЛИЦА A5.3 Руководство по минимальной толщине для выбора шкалы с помощью алмазного индентора (см. Рис. A5.1)

ПРИМЕЧАНИЕ 1 — Для любой данной толщины, указанная твердость по Роквеллу является минимальным значением, допустимым для контроля. Для данной твердости, материал любой большей толщины, чем та, которая соответствует данной твердости, может быть подвергнут испытанию по указанной шкале.

Минимальная толщина		Шкала поверхностной твердости по Роквеллу					
		15N		30N		45N	
дюймы	мм.	Показание твердости	Приблизительная твердость по шкале С ^A	Показание твердости	Приблизительная твердость по шкале С ^A	Показание твердости	Приблизительная твердость по шкале С ^A
0,006	0,15	92	65	...	...	...	...
0,008	0,20	90	60	...	...	...	...
0,010	0,25	88	55	...	...	...	...
0,012	0,30	83	45	82	65	77	69.5
0,014	0,36	76	32	78.5	61	74	67
0,016	0,41	68	18	74	56	72	65
0,018	0,46	...	...	66	47	68	61
0,020	0,51	...	...	57	37	63	57
0,022	0,56	...	...	47	26	58	52.5
0,024	0,61	...	...	...	...	51	47
0,026	0,66	...	...	...	...	37	35
0,028	0,71	...	...	...	...	20	20.5
0,030	0,76	...	...	...	...	...	...

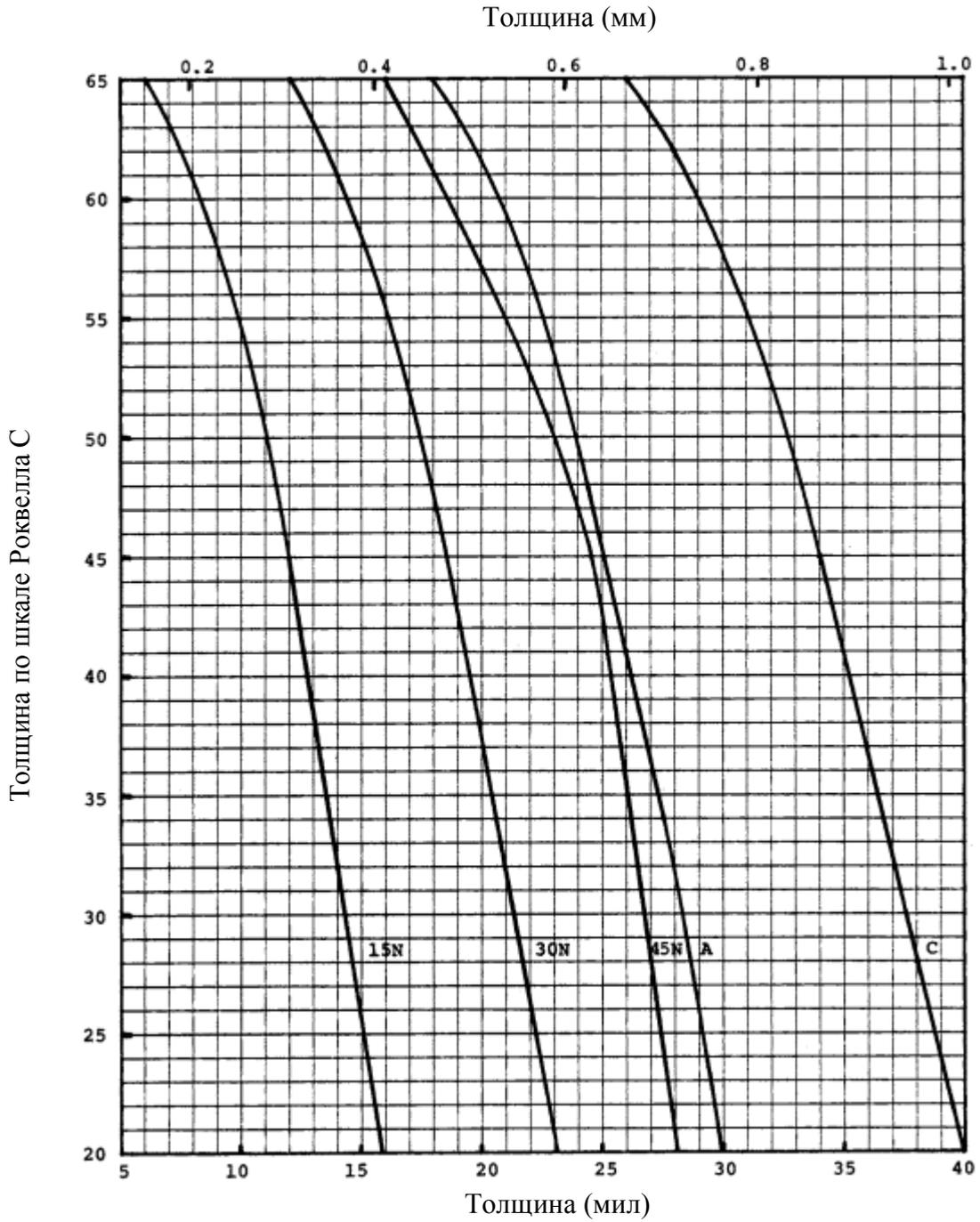
^A Данные показатели приблизительной твердости используются при выборе соответствующей шкалы, и они не должны быть использованы в качестве чисел для перевода чисел твердости из одной шкалы в другую. В случае, когда возникает необходимость преобразовать показания проведенных испытаний в другую шкалу, обращайтесь к Переводной таблице шкал твердости E 140 (Соотношение между твердостью по Бринелю, твердостью по Виккерсу, твердостью по Роквеллу, поверхностной твердостью по Роквеллу и твердостью по Кнупу).

ТАБЛИЦА A5.4 Руководство по минимальной толщине для выбора шкалы с помощью шарикового индентора диаметром 1/16 дюйма (1.588 мм.) (см. рис A5.2)

ПРИМЕЧАНИЕ — Для любой данной толщины, указанная твердость по Роквеллу является минимальным значением, допустимым для контроля. Для данной твердости, материал любой большей толщины, чем та, которая соответствует данной твердости, может быть подвергнут испытанию по указанной шкале.

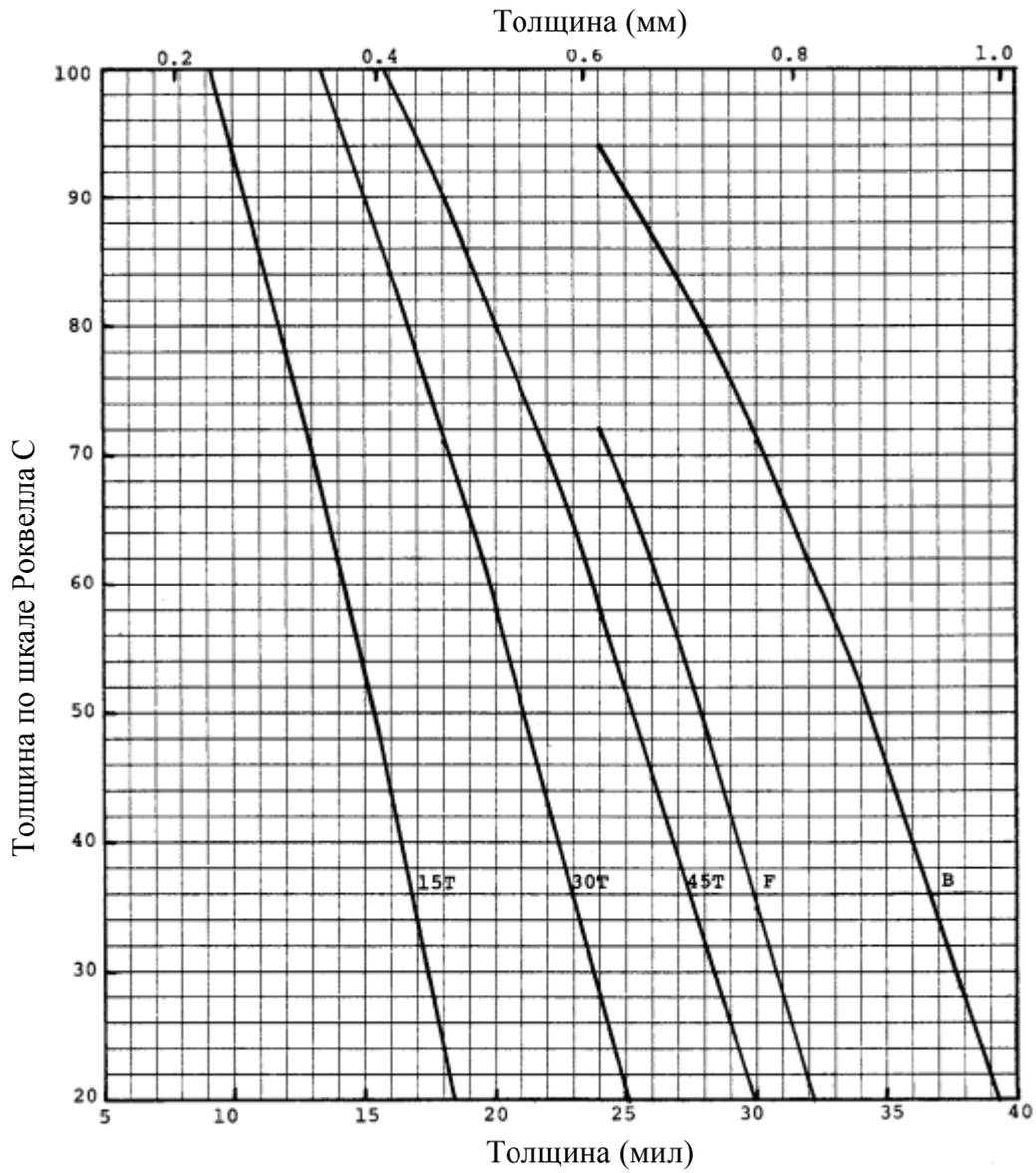
Минимальная толщина		Шкала поверхностной твердости по Роквеллу					
		15T		30T		45T	
дюймы	мм.	Показание твердости	Приблизительная твердость по шкале В ^A	Показание твердости	Приблизительная твердость по шкале В ^A	Показание твердости	Приблизительная твердость по шкале В ^A
0,010	0,25	91	93	...	...	...	...
0,012	0,30	86	78	...	...	...	...
0,014	0,36	81	62	80	96	...	...
0,016	0,41	75	44	72	84	71	99
0,018	0,46	68	24	64	71	62	90
0,020	0,51	...	...	55	58	53	80
0,022	0,56	...	...	45	43	43	70
0,024	0,61	...	...	34	28	31	58
0,026	0,66	...	...	...	...	18	45
0,028	0,71	...	...	...	...	4	32
0,030	0,76	...	...	...	...	...	...

^A Данные показатели приблизительной твердости используются при выборе соответствующей шкалы, и они не должны быть использованы в качестве чисел для перевода чисел твердости из одной шкалы в другую. В случае, когда возникает необходимость преобразовать показания проведенных испытаний в другую шкалу, обращайтесь к Переводной таблице шкал твердости E 140 (Соотношение между твердостью по Бринелю, твердостью по Виккерсу, твердостью по Роквеллу, поверхностной твердостью по Роквеллу и твердостью по Кнупу).



ПРИМЕЧАНИЕ 1 – Найдите точку, соответствующую сочетанию толщина-твердость, которое должно подвергнуться испытанию. Только шкалы, находящиеся слева от данной точки могут быть использованы для испытания данного сочетания толщины-твердости.

РИС. A5.1 Пределы толщины для испытания на твердость по Роквеллу с помощью алмазного индентора



Примечание 1 - Найдите точку, соответствующую сочетанию толщина-твердость, которое должно подвергнуться испытанию. Только шкалы, находящиеся слева от данной точки могут быть использованы для испытания данного сочетания толщины-твердости.

РИС. А5.2 Пределы толщины для испытания на твердость по Роквеллу с помощью шарикового индентора диаметром 1/16 дюйма (1.588 мм.)

А6. ПОПРАВКИ ВЕЛИЧИНЫ ТВЕРДОСТИ ПРИ ИСПЫТАНИИ ВЫПУКЛЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

ТАБЛИЦА А6.1 Поправки, которые необходимо добавлять к значениям твердости по шкале С, А и D, полученным при испытании выпуклых цилиндрических поверхностей различного диаметра^А

Показание по шкале	Диаметр выпуклых цилиндрических поверхностей									
	1/4 дюйма (6.4 мм)	3/8 дюйма (10 мм)	1/2 дюйма (13 мм)	5/8 дюйма (16 мм)	3/4 дюйма (19 мм)	7/8 дюйма (22 мм)	1 дюйм (25 мм)	1 1/4 дюйма (32 мм)	1 1/2 дюйма (38 мм)	
Поправки, которые необходимо добавлять к значениям твердости по шкале С, А и D ^В										
20	6.0	4.5	3.5	2.5	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0
25	5.5	4.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0
30	5.0	3.5	2.5	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5
35	4.0	3.0	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5
40	3.5	2.5	2.0	1.5	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5
45	3.0	2.0	1.5	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5
50	2.5	2.0	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
55	2.0	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0
60	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0
65	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0
70	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0
75	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0
80	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0	0
85	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0
90	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0

^А При проверке цилиндрических образцов, на точность проверки может оказать серьезное влияние размещение установочного винта, V-образной опоры, наконечников аппарата для испытания вдавливанием, чистота обработки поверхности, и прямизна цилиндра.

^В Данные поправки являются только приблизительными и представляют собой усредненные до 0.5 значения по отношению к ближайшему числу Роквелла, полученные в результате многочисленных фактических наблюдений.

ТАБЛИЦА А6.2 Поправки, которые необходимо добавлять к значениям твердости по шкале В, F и G, полученным при испытании выпуклых цилиндрических поверхностей различного диаметра^А

Показание твердости	Диаметр выпуклых цилиндрических поверхностей							
	1/4 дюйма (6.4 мм)	3/8 дюйма (10 мм)	1/2 дюйма (13 мм)	5/8 дюйма (16 мм)	3/4 дюйма (19 мм)	7/8 дюйма (22 мм)	1 дюйм (25 мм)	
Поправки, которые необходимо добавлять к значениям твердости по шкале В, F, и G. ^В								
0	12.5	8.5	6.5	5.5	4.5	3.5	3.0	
10	12.0	8.0	6.0	5.0	4.0	3.5	3.0	
20	11.0	7.5	5.5	4.5	4.0	3.5	3.0	
30	10.0	6.5	5.0	4.5	3.5	3.0	2.5	
40	9.0	6.0	4.5	4.0	3.0	2.5	2.5	
50	8.0	5.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	
60	7.0	5.0	3.5	3.0	2.5	2.0	2.0	
70	6.0	4.0	3.0	2.5	2.0	2.0	1.5	
80	5.0	3.5	2.5	2.0	1.5	1.5	1.5	
90	4.0	3.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.0	
100	3.5	2.5	1.5	1.5	1.0	1.0	0.5	

^А При проверке цилиндрических образцов, на точность проверки может оказать серьезное влияние размещение установочного винта, V-образной опоры, наконечников аппарата для испытания вдавливанием, чистота обработки поверхности, и прямизна цилиндра.

^В Данные поправки являются только приблизительными и представляют собой усредненные до 0.5 значения по отношению к ближайшему числу Роквелла, полученные в результате многочисленных фактических наблюдений.

ТАБЛИЦА А6.3 Поправки, которые необходимо добавлять к значениям поверхностной твердости по шкале 15N, 30N, и 45N, полученным при испытании выпуклых цилиндрических поверхностей различного диаметра^А

Показание твердости	Диаметр выпуклых цилиндрических поверхностей					
	1/8 дюйма (3,2 мм)	1/4 дюйма (6,4 мм)	3/8 дюйма (10 мм)	1/2 дюйма (13 мм)	3/4 дюйма (19 мм)	1 дюйм (25 мм)
	Поправки, которые необходимо добавлять к значениям поверхностной твердости по шкале Роквелла 15N, 30N, и 45N ^В					
20	6,0	3,0	2,0	1,5	1,5	1,5
25	5,5	3,0	2,0	1,5	1,5	1,0
30	5,5	3,0	2,0	1,5	1,0	1,0
35	5,0	2,5	2,0	1,5	1,0	1,0
40	4,5	2,5	1,5	1,5	1,0	1,0
45	4,0	2,0	1,5	1,0	1,0	1,0
50	3,5	2,0	1,5	1,0	1,0	0,5
55	3,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,5
60	3,0	1,5	1,0	1,0	0,5	0,5
65	2,5	1,5	1,0	0,5	0,5	0,5
70	2,0	1,0	1,0	0,5	0,5	0,5
75	1,5	1,0	0,5	0,5	0,5	0
80	1,0	0,5	0,5	0,5	0	0
85	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0
90	0	0	0	0	0	0

^А При проверке цилиндрических образцов, на точность проверки может оказать серьезное влияние размещение установочного винта, V-образной опоры, наконечников аппарата для испытания вдавливанием, чистота обработки поверхности, и прямизна цилиндра.

^В Данные поправки являются только приблизительными и представляют собой усредненные до 0.5 значения по отношению к ближайшему поверхностному числу Роквелла, полученные в результате многочисленных фактических наблюдений.

ТАБЛИЦА А6.4 Поправки, которые необходимо добавлять к значениям твердости по шкале В, F и G, полученным при испытании выпуклых цилиндрических поверхностей различного диаметра^А

Показание твердости	Диаметр выпуклых цилиндрических поверхностей						
	1/8 дюйма (3,2 мм)	1/4 дюйма (6,4 мм)	3/8 дюйма (10 мм)	1/2 дюйма (13 мм)	5/8 дюйма (16 мм)	3/4 дюйма (16 мм)	1 дюйм (25 мм)
	Поправки, которые необходимо добавлять к значениям поверхностной твердости по шкале Роквелла 15Т, 30Т, и 45Т ^В						
20	13,0	9,0	6,0	4,5	4,5	3,0	2,0
30	11,5	7,5	5,0	3,5	3,5	2,5	2,0
40	10,0	6,5	4,5	3,0	3,0	2,5	2,0
50	8,5	5,5	4,0	2,5	2,5	2,0	1,5
60	6,5	4,5	3,0	2,0	2,0	1,5	1,5
70	5,0	3,5	2,5	1,5	1,5	1,0	1,0
80	3,0	2,0	1,5	1,0	1,0	1,0	0,5
90	1,5	1,0	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5

^А При проверке цилиндрических образцов, на точность проверки может оказать серьезное влияние размещение установочного винта, V-образной опоры, наконечников аппарата для испытания вдавливанием, чистота обработки поверхности, и прямизна цилиндра.

^В Данные поправки являются только приблизительными и представляют собой усредненные до 0.5 значения по отношению к ближайшему поверхностному числу Роквелла, полученные в результате многочисленных фактических наблюдений.

ПРИЛОЖЕНИЯ

(Необязательная информация)

XI. СПИСОК СПЕЦИФИКАЦИЙ АМЕРИКАНСКОГО ОБЩЕСТВА ПО ИСПЫТАНИЯМ И МАТЕРИАЛАМ (ASTM), В КОТОРЫХ ПРИВЕДЕНЫ ВЕЛИЧИНЫ ТВЕРДОСТИ, СООТВЕТСТВУЮЩИЕ ПРЕДЕЛУ ПРОЧНОСТИ

XI.1 Следующие стандарты ASTM дают приблизительные значения твердости по шкале Роквелла или значения поверхностной твердости, соответствующие значениям пределов прочности, определенных для рассматриваемых материалов: Методики испытания и определения А 370, а также Спецификации В 19, В 36/В 36М, В 96/В 96М, В 103/В 103М, В 121/В 121М, В 122/В 122М, В 130, В 134/ В 134М, В 152/В 152М и В 370.

Х2. ПРИМЕРЫ ПРОЦЕДУР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ ПРОЧНОСТИ ПО РОКВЕЛЛУ

Х2.1 Сфера применения

Х2.1.1 Целью данного приложения является предоставление базового подхода для оценки погрешности значений, полученных при измерении твердости по шкале Роквелла, для того, чтобы упростить и унифицировать обработку погрешностей пользователями, определяющими твердость по шкале Роквелла.

Х2.1.2 Данное приложение предоставляет базовый подход для определения погрешностей следующих значений твердости:

Х2.1.2.1 «Ошибка» установки для определения твердости, обнаруженная как часть непрямо́й верификации (см. Х2.6) – В качестве части непрямо́й верификации было проведено некоторое число измерений твердости по шкале Роквелла для эталонной меры твердости. Среднее значение величин, полученных в ходе измерения, сравнивается с паспортным значением меры твердости для определения «ошибки» (см. 3.2.2) установки для определения твердости. Процедура, описанная в разделе Х2.6, предоставляет методику определения погрешности в данном измерении «ошибки» установки для определения твердости. Значение погрешности может быть опубликовано в свидетельстве о проверке и отчете.

Х2.1.2.2 Значение твердости по шкале Роквелла, полученное при проведении измерений пользователем (см. Х2.7) – Эта процедура предоставляет методику определения погрешности в значениях твердости, полученных пользователем при нормальной эксплуатации установки для определения твердости по шкале Роквелла. Пользователь может сообщить величину погрешности вместе с величиной измерения.

Х2.1.2.3 Паспортное значение меры твердости для проверки твердости по шкале Роквелла (см. Х2.8) -- Эта процедура предоставляет методику определения погрешности в паспортном значении твердости стандартизованных мер твердости. Агентство по стандартизации может сообщить величину погрешности в сертификате мер твердости.

ПРИМЕЧАНИЕ Х2.1 – При их вычислении величины погрешностей, о которых сообщает передвижная лаборатория по калибровке (см. Х2.6), не являются измерениями погрешностей установки для определения твердости в процессе работы, а лишь измерениями, сделанными во время проверки для определения «ошибки» установки.

ПРИМЕЧАНИЕ Х2.2 – Процедуры, изложенные в данном приложении для определения погрешностей, в основном основаны на измерениях, которые сделаны в качестве части процедур подтверждения и стандартизации данной методики испытаний. Это сделано для того, чтобы предоставить методику, которая основывается на знакомых процедурах и практике пользователей, измеряющих твердость по шкале Роквелла, а также организаций по стандартизации. Руководитель должен знать, что существуют другие методики, которым могут быть использованы для определения тех же погрешностей, и которые могут обеспечить более точные измерения величин погрешности.

ПРИМЕЧАНИЕ Х2.3 – Данный стандарт устанавливает допустимые отклонения или граничные значения допустимой повторяемости и ошибок установки для определения твердости по шкале Роквелла (Таблица А 1.3), а также неравномерность стандартных мер твердости (Таблица А4.2). Эти граничные значения были первоначально основаны, на базе опыта проверок многих пользователей испытания на твердость по Роквеллу, и вследствие этого, отражают нормальную работу исправно функционирующей установки для определения твердости по шкале Роквелла, включая нормально распределенные ошибки, связанные с методикой измерений и исправной работой установки. Вследствие того, что граничные значения основаны на опыте проверок, считается, что указанные граничные значения учитывают погрешности, которые являются типичными для действительных измерений твердости по Роквеллу. Следовательно, когда определяется соответствие с Таблицей А1.3 и Таблицей А4.2, погрешность в измерениях пользователя не должны вычитаться из значений пределов допустимого отклонения, данных в таблицах, как это обычно делается для других типов метрологических измерений. Рассчитанные величины повторяемости, ошибок или неравномерности мер твердости, должны напрямую сравниваться с пределами допустимого отклонения, приведенными в таблицах.

ПРИМЕЧАНИЕ Х2.4 – Большинство допусков для твердости по шкале Роквелла, обозначенных в спецификации на продукт, были установлены на основании опыта испытаний и применения данного метода. Значения допусков отражают нормальную работу исправно функционирующей установки для определения твердости по шкале Роквелла, включая нормальные, приемлемые ошибки, связанные с процессом измерения твердости. Для этих продуктов указанные пределы допустимого отклонения учитывают погрешности, которые являются типичными для действительных измерений твердости по Роквеллу. Следовательно, когда большинство продукции проходит приемочные испытания на твердость по Роквеллу, погрешность в измерениях пользователя не должна вычитаться от значений пределов допустимого отклонения, приведенных в спецификации. Рассчитанные величины твердости должны напрямую сравниваться с допустимыми отклонениями. Могут существовать особые обстоятельства, в которых твердость продукции должна находиться в определенном диапазоне величин для гарантирования высокого уровня надежности. В этих редких случаях, должно быть получено особое соглашение между заинтересованными сторонами, до того, как погрешность измерений твердости будет вычтена из значений пределов допустимого отклонения. До того, как такое соглашение будет достигнуто, рекомендуется, чтобы в конструкции изделия было учтено ожидаемое влияние коэффициента запаса прочности материала и металлургических факторов на варианты продукции, также как типичные значения погрешностей в индустрии при измерении твердости.

Х2.1.3 Это приложение не рассматривает погрешности на основном уровне создания стандартных образцов.

Х2.2 Уравнения

Х2.2.1 Средняя (AVG) твердость H , группы из n измерений твердости H_1, H_2, \dots, H_n вычисляется следующим образом:

$$AVG(H_1, H_2, \dots, H_n) = \bar{H} = \frac{H_1 + H_2 + \dots + H_n}{n} \quad (X2.1)$$

Х2.2.2 Стандартная погрешность ($STDEV$) группы из n измерений твердости H_1, H_2, \dots, H_n вычисляется следующим образом:

$$STDEV(H_1, H_2, \dots, H_n) = \sqrt{\frac{(H_1 - \bar{H})^2 + \dots + (H_n - \bar{H})^2}{n - 1}} \quad (X2.2)$$

где H является средней твердостью из группы из n измерений твердости H_1, H_2, \dots, H_n , как это определено в уравнении Х2.1.

X2.2.3 Абсолютной величиной (*ABS*) числа является значение величины вне зависимости от ее знака, например:

$$\begin{aligned} ABS(0.12) &= 0.12 \\ &\text{и} \\ ABS(-0.12) &= 0.12 \end{aligned}$$

X2.3 Общие требования

X2.3.1 Подход к определению погрешности, представленный в данном приложении, учитывает только те погрешности, которые связаны с общей характеристикой измерений, проведенных на установке для определения твердости по шкале Роквелла, в отношении к эталонным стандартам. Эти погрешности в работе отражают суммарное действие отдельных погрешностей, связанных с многочисленными отдельными компонентами установки, такими как система приложения силы и системы измерения глубины вдавливания. Вследствие этого, погрешности, связанные с отдельными компонентами установки не включаются в расчеты. Благодаря такому подходу, важным является то, чтобы отдельные компоненты установки действовали в пределах допустимых отклонений. Настоятельно рекомендуется, чтобы данная процедура применялась только после успешного прохождения прямой верификации.

X2.3.2 Процедуры, указанные в этом приложении, уместны только в случае, когда установка для определения твердости по шкале Роквелла прошла непрямую верификацию в соответствии с процедурами и графиком стандарта по данной методике испытаний.

X2.3.3 Процедуры для расчета погрешности значений измерений твердости по Роквеллу одинаковы и для образцовой установки для поверки или аттестации, и для установок для испытания. Главное различие существует в уровне иерархии эталонных мер твердости, которые обычно используются для не прямой верификации. Обычно, образцовые установки для поверки или аттестации верифицируются с помощью первичных стандартных эталонов, а установки для испытания калибруются при помощи вторичных стандартных эталонов.

X2.3.4 Для оценки общей погрешности значений измерений твердости по Роквеллу, должны быть определены содействующие элементы погрешности. Вследствие того, что многие погрешности могут варьироваться в зависимости от конкретной шкалы твердости и уровня твердости, отдельные погрешности измерения должны быть определены для каждой представляющей интерес шкалы и уровня твердости. Во многих случаях, одиночное значение погрешности может быть применено к ряду уровней твердости, на основании опыта лаборатории и знания принципов работы установки для определения твердости.

X2.3.5 Погрешность должна быть определена по отношению к самому высокому уровню эталонных стандартов страны или национального эталонного стандарта другой страны. В некоторых случаях, самым высоким уровнем эталонного стандарта может быть промышленный эталонный стандарт.

X2.4 Общая процедура

X2.4.1 Эта процедура вычисляет составную стандартную погрешность u_c складывая вносящие погрешность компоненты U_1, U_2, \dots, U_N следующим образом:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + \dots + u_n^2} \quad (X2.3)$$

X2.4.2 Измерение погрешности обычно выражено в виде расширенной погрешности U , которая вычисляется умножением составляющей стандартной погрешности u_c на цифровой коэффициент покрытия k , следующим образом:

$$U = k \times u_c \quad (X2.4)$$

X2.4.3 Выбирается коэффициент покрытия, который зависит от того, насколько хорошо была найдена стандартная погрешность (количество измерений), и от уровня погрешности, которая необходима. Для этого анализа должен быть использован коэффициент покрытия $k = 2$. Такой коэффициент покрытия дает уровень достоверности приблизительно в 95%.

X2.4.4 Систематическая ошибка оценки измерений B установки для определения твердости представляет собой разницу между ожидаемыми значениями измерения твердости, как они показаны установкой для определения твердости и «истинной» плотностью материала. В идеальном варианте, систематические ошибки измерений должны быть исправлены. В случаях, когда в системах для проведения испытаний не корректируются систематические ошибки измерений, как это часто происходит в испытании на твердость по Роквеллу, систематические ошибки в дальнейшем вносят вклад в общую погрешность измерений. Существует несколько возможных методик для внесения систематических ошибок в вычисление погрешности, каждая из которых имеет свои преимущества и недостатки. Простой и привычной методикой является объединение систематических ошибок с расчетом расширенной погрешности, следующим образом:

$$U = k u_c + ABS(B) \quad (X2.5)$$

где $ABS(B)$ является абсолютным значением систематических ошибок.

X2.4.5 Поскольку могут быть использованы несколько подходов для оценки и выражения погрешности измерений, краткое описание того, что представляют собой данные в отчете значения погрешности, должно быть включено вместе с данным в отчете значением погрешности.

X2.5 Источники погрешности

X2.5.1 Данный раздел описывает наиболее значительные источники погрешности в измерениях твердости по Роквеллу, и предоставляет процедуры и формулы для расчета общей погрешности в значении твердости. В последующих разделах будет показано, каким образом данные источники оказывают воздействие на общую погрешность в измерениях для трех случаев измерения, которые описаны в X2.1.2.

X2.5.2 Источники погрешности, которые будут рассмотрены, это (1) отсутствие повторяемости в установке для определения твердости, (2) неоднородность твердости материала, который подвергается испытанию, (3) отсутствие воспроизводимости результатов установки для определения твердости, (4) разрешающая способность измерительной панели установки для определения твердости, и (5) погрешность в паспортном значении стандартных мер твердости. Оценка систематических ошибок измерения и их включение в расширенное значение погрешности также будет рассмотрена.

X2.5.3 *Погрешность, возникающая вследствие отсутствия повторяемости результатов (u_{Repeat}), и случай, когда она совмещается с неоднородностью материала ($u_{Rep\& NU}$)* — Повторяемости установки для определения твердости является показателем того, насколько хорошо она может постоянно давать одно и то же значение твердости каждый раз, когда проводится измерение. Представьте себе, что существует материал, который совершенно единообразен в своей твердости вдоль всей своей поверхности. Также представьте себе, что многократно проводится измерение твердости этого единообразного материала, на протяжении короткого промежутка времени без изменения условий испытаний (включая оператора установки). Несмотря на то, что фактическая твердость в каждой точке измерения является одинаковой, будет обнаружено, что вследствие случайных погрешностей, значение каждого измерения будет отличаться от всех других значений измерения (при условии достаточной разрешающей способности измерительной системы). Поэтому отсутствие повторяемости результатов не позволяет установке для измерения твердости всегда получать истинную твердость материала, и вследствие этого, увеличивается погрешность в измерении.

X2.5.3.1 Влияние того, что установке для определения твердости не хватает повторяемости результатов, что приводит к погрешности, определяется различными способами, в зависимости от того, сообщается ли о результате одного измерения, либо о среднем значении многочисленных измерений. В дополнение к этому, в случаях, когда сообщенное среднее значение измерения предназначено для оценки средней твердости испытываемого материала, влияния на погрешность, возникающие вследствие отсутствия повторяемости результатов установки и неоднородности в твердости испытываемого материала трудно будет разделить, и они должны быть определены вместе. Влияния на погрешность в каждом из этих случаев может быть оценено следующим образом.

X2.5.3.2 *Одиночное измерение твердости* – Для будущего одиночного измерения твердости, стандартное влияние на погрешность u_{Repeat} , вследствие отсутствия повторяемости результатов, может быть рассчитано среднеквадратическим отклонением значений некоторого числа измерений твердости, проведенных на однородном образце для испытания, следующим образом:

$$u_{Repeat} = STDEV(H_1, H_2, \dots, H_n) \quad (X2.6)$$

где H_1, H_2, \dots, H_n являются n значениями твердости. В общем, определение повторяемости улучшается с увеличением числа измерений твердости. Обычно, значения твердости, полученные во время непрямо́й верификации, обеспечивают надлежащее определение u_{Repeat} : тем не менее, необходимо принимать во внимание предупреждение, содержащееся в Примечании X2.6. Может быть более уместным для пользователя, если он определит значение u_{Repeat} с помощью близкорасположенных измерений твердости (находящихся в пределах ограниченного места), проведенных на однородном материале, таком как мера твердости.

ПРИМЕЧАНИЕ X2.5 — Погрешность u_{Repeat} , возникающая вследствие отсутствия повторяемости, о которой говорилось выше, не следует путать с исторически определенной "повторяемостью", которая является требованием, которое должно выполняться как часть непрямо́й верификации (см. 3.2.3). Вычисления погрешности u_{Repeat} и исторически определенной повторяемости не дают один и тот же результат. Погрешность u_{Repeat} является одной из составляющих общей погрешности значения измерения твердости, которая возникает вследствие отсутствия повторяемости установки, в то время как исторически определенная повторяемость является диапазоном величин твердости, полученных во время непрямо́й верификации.

ПРИМЕЧАНИЕ X2.6 – Все материалы демонстрируют некоторую степень неоднородности твердости на проверяемой поверхности. Таким образом, данная выше оценка вносимой погрешности вследствие отсутствия повторяемости также будет включать в себя составляющую неоднородности твердости исследуемого материала. Когда оценивается повторяемость, как это было описано выше, любое влияние погрешности, которое возникает вследствие неоднородности твердости, должно быть уменьшено настолько, насколько это возможно. Необходимо предупредить лабораторию о том, что если измерения повторяемости основываются на испытаниях, проведенных на поверхности материала, тогда значение повторяемости, скорее всего, будет включать в себя значительное влияние на погрешность вследствие неоднородности материала. Повторяемость установки лучше всего оценивать, проводя измерения твердости в точках, расположенных поблизости друг от друга (в пределах ограниченного места).

X2.5.3.3 Среднее значение многочисленных измерений – В случае, когда необходимо сообщить усредненное значение показаний многочисленных испытаний на твердость, стандартное влияние на погрешность u_{Repeat} , вследствие отсутствия повторяемости результатов установки для определения твердости, может быть рассчитана путем деления стандартного влияния на погрешность u_{Repeat} (предварительно вычисленным из некоторого числа измерений твердости,

проведенных на образце для испытаний в однородных условиях, см. X2.5.3.1) на квадратный корень числа усредненных значений испытания на твердость, следующим образом:

$$u_{Repeat} = \frac{u_{Repeat}}{\sqrt{n_T}} \quad (X2.7)$$

где u_{Repeat} вычисляется по уравнению X2.6, а n_T является количеством отдельных усредненных значений испытаний на твердость.

X2.5.3.4 Вычисление твердости материала – Измерения твердости часто проводятся в нескольких местах, а полученные величины усредняются для того, чтобы вычислить среднюю твердость материала в целом. Например, это может быть сделано, при проведении измерений для проверки качества во время изготовления многих видов продукции; при определении "ошибки" установки в качестве части не прямой верификации; и когда калибруется мера твердости. Поскольку все материалы демонстрируют некоторую степень неоднородности твердости испытательной поверхности, степень неоднородности материала также добавляет погрешность в данное вычисление средней твердости материала. Когда среднее значение многих значений измерения твердости вычисляется как расчет средней твердости материала или продукции, может быть необходимым установить погрешность этой величины по отношению к истинной твердости этого материала. В этом случае, комбинация составляющих погрешности вследствие отсутствия повторяемости результатов в установке для измерения твердости и неоднородности испытываемого материала могут быть рассчитаны из "квадратичного отклонения от среднего значения" величин измерения твердости. Это вычисляется как квадратичное отклонение величин твердости, разделенных на квадратный корень числа измерений следующим образом:

$$u_{Rep\&NU} = \frac{STDEV(H_{T1}, H_{T2}, \dots, H_{Tn})}{\sqrt{n_T}} \quad (X2.8)$$

где $H_{T1}, H_{T2}, \dots, H_{Tn}$ являются n_T величинами измерений.

X2.5.4 Погрешность вследствие отсутствия воспроизводимости результатов (u_{Reprod}) – Повседневное изменение в работе установки для определения твердости, известно как её уровень воспроизводимости результатов. Изменения, такие как разные операторы установки, а также изменения в окружающей среде, где проходит испытания, часто оказывают влияние на работу установки для определения твердости. Уровень воспроизводимости результатов лучше всего определяется слежением за работой установки для определения твердости на протяжении длительного периода времени, когда установка для определения твердости использует крайние значения изменения параметров испытаний. Очень важным является то, чтобы установка для испытаний находилась под контролем на протяжении оценки повторяемости её результатов. В случае если возникает нужда в ремонтном обслуживании, либо если установку обслуживали неправильным образом, отсутствие воспроизводимости результатов будет переоценено.

X2.5.5 Оценка отсутствия воспроизводимости результатов установки для определения твердости должна базироваться на периодическом контроле измерений, проводимых установкой для определения твердости, таких как ежедневные контрольные измерения, проводимые на одной и той же мере твердости на протяжении некоторого времени. Вносимая погрешность может быть вычислена с помощью среднеквадратического отклонения от среднего значения каждой группы значений наблюдения, следующим образом:

$$u_{Reprod} = STDEV(M_1, M_2, \dots, M_n) \quad (X2.9)$$

где M_1, M_2, \dots, M_n являются индивидуальные средние значения n групп множественных контрольных величин измерений.

ПРИМЕЧАНИЕ X2.7 – Вносимая погрешность, возникающая вследствие отсутствия воспроизводимости результатов, вычисленная по уравнению X2.10, также включает в себя погрешность, вносимую вследствие отсутствия повторяемости результатов установки и неоднородности проверяемой меры твердости; тем не менее, это вносимые погрешности основаны на среднем значении многочисленных измерений и не должны значительным образом завышать значение погрешности воспроизводимости.

X2.5.6 Погрешность, возникающая из-за разрешающей способности индикатора измерения твердости (u_{Resol}) – Ограниченная разрешающая способность индикатора значений твердости не позволяет установке для определения твердости давать совершенно точное значение твердости. Тем не менее, влияние разрешающей способности индикатора на погрешность измерений обычно бывает значительной только когда разрешающая способность индикатора твердости меньше 0.5 единиц твердости по Роквеллу, так, как это, например, бывает на некоторых индикаторах с круговой шкалой. Составляющая погрешности u_{Resol} , возникающая в результате влияния разрешающей способности индикатора, может быть описана прямоугольным распределением и оценена следующим образом:

$$u_{Resol} = \frac{r/2}{\sqrt{3}} = \frac{r}{\sqrt{12}} \quad (X2.10)$$

где r является границей разрешающей способности для оценки значения твердости на измерительной панели, выраженной в единицах измерения твердости по Роквеллу.

X2.5.7 *Стандартная погрешность в среднем паспортном значении стандартной меры твердости (U_{RefBlk})* — Стандартные меры твердости предоставляют связь со стандартом твердости по Роквеллу, в отношении которого заявляется единство измерений. Сертификат, который приложен к мерам твердости, должен сообщать погрешность указанного паспортного значения, и должен сообщать к какому стандарту твердости по Роквеллу относятся значения стандартных мер твердости. Эта погрешность добавляется к величине погрешности установки для определения твердости, калиброванной или верифицированной с помощью стандартных мер твердости. Заметьте, что эта погрешность, которая дается в паспортах стандартных мер твердости, обычно указывается как расширенная погрешность. Как это указано в уравнении X2.4, расширенная погрешность вычисляется умножением стандартной погрешности на коэффициент покрытия (часто равный 2). Этот анализ использует стандартную погрешность, а не значение расширенной погрешности. Таким образом, значение погрешности, возникающей вследствие погрешности в паспортном значении эталонной меры твердости, обычно может быть вычислено таким образом:

$$u_{RefBlk} = \frac{U_{RefBlk}}{k_{RefBlk}} \quad (X2.11)$$

где U_{RefBlk} является данной расширенной погрешностью эталонного значения стандартной меры твердости, а k_{RefBlk} является коэффициентом погрешности, используемым при вычислении погрешности в паспортном значении эталонного стандарта (обычно равного 2).

X2.5.8 *Систематические ошибки оценки измерений (B)* – Систематическими ошибками оценки измерений является разница между значениями измерений твердости, как они показаны установкой для определения твердости и «истинной» твердостью материала. Систематические ошибки B могут быть рассчитаны по «ошибке», определенной в процессе не прямой верификации, следующим образом:

$$B = \bar{H} - \bar{H}_{RefBlk} \quad (X2.12)$$

где H является средним значением твердости, как она измерена установкой для определения твердости во время процесса не прямой верификации, а H_{RefBlk} является эталонным средним значением твердости стандартной меры твердости, использованной для не прямой верификации.

X2.6 Процедура для вычисления погрешности: не прямая верификация

X2.6.1 В качестве части не прямой верификации, «ошибка» установки для определения твердости определяется из среднего значения измерений, проведенных на стандартной мере твердости (см. 3.2.2). Эта величина дает показание того, насколько хорошо установка для определения твердости может измерить «истинную» твердость материала. Поскольку всегда существует погрешность в измерениях твердости, из этого следует то, что должна быть погрешность в определении среднего значения измерений, и таким образом, определение «ошибки» установки. Этот раздел предоставляет процедуру, которая может быть использована, например, передвижной лабораторией по калибровке, для оценки погрешности U_{Mach} в «ошибке» измерений установкой для определения твердости, определенной как разница между средними значениями измерений и паспортным значением меры твердости, использованной для верификации.

X2.6.2 Дополнительными величинами погрешности, вносимых в стандартную погрешность «ошибки» измерения, u_{Mach} являются (1) $u_{Rep \& NU}$ (*Мера твердости*), погрешность, возникающая вследствие отсутствия повторяемости результатов установки для определения твердости, в сочетании с погрешностью, возникающей вследствие неоднородности эталонной меры твердости (уравнение X2.9), которая определяется из измерений твердости, проведенных на эталонной мере твердости для определения «ошибки» установки для определения твердости, (2) u_{Resol} , погрешность, возникающая вследствие разрешающей способности измерительного индикатора установки для определения твердости (уравнение X2.11), и (3) u_{RefBlk} , стандартная погрешность в паспортном значении эталонной меры твердости (уравнение X2.12). Обозначение (*Мера тв-ти*) добавляется к термину $u_{Rep \& NU}$ для уточнения того, что погрешность определяется из измерений, проведенных на мере твердости для не прямой верификации.

X2.6.3 Общая стандартная погрешность u_{Mach} и расширенная погрешность U_{Mach} вычисляются с помощью объединения соответствующих составляющих погрешности, описанных выше, для каждого уровня твердости каждой шкалы твердости по Роквеллу, следующим образом:

$$u_{Mach} = \sqrt{u_{Rep \& NU}^2 (Ref. Block) + u_{Resol}^2 + u_{RefBlk}^2} \quad (X2.13)$$

и

$$U_{Mach} = k u_{Mach} \quad (X2.14)$$

X2.6.4 Для этого анализа должен быть использован коэффициент покрытия $k = 2$. Такой коэффициент покрытия дает уровень вероятности приблизительно в 95 %.

ПРИМЕЧАНИЕ X2.8 — Составляющая погрешности u_{Mach} , вычисленная по уравнению X2.14, не включает в себя погрешность, вносимую вследствие отсутствия повторяемости результатов установки. Это происходит вследствие того, что предполагается, что не прямая верификация проходит в то время, когда установка для определения твердости находится в работе в своем оптимальном режиме в наилучших, насколько это возможно, условиях эксплуатации.

ПРИМЕЧАНИЕ X2.9 – Расширенная погрешность U_{Mach} обычно будет более высокой, чем значение «ошибки» установки для определения твердости.

X2.6.5 *Отчет о погрешностях в измерениях* – Эта расширенная погрешность U_{Mach} может сообщаться сертифицирующим агентством своим клиентам в качестве показателя погрешности «ошибки» установки для определения твердости, как часть процесса не прямой верификации установки для определения твердости по шкале Роквелла. Величина U_{Mach} должна дополнять официальный отчет, определяющий то, к какой шкале твердости по Роквеллу и к какому уровню твердости относится эта погрешность, с поясняющим комментарием в виде: «Расширенная погрешность «ошибки» установки для определения твердости, сообщаемая как часть процесса не прямой верификации, для указанной шкалы (шкал) твердости по Роквеллу и уровню (уровням) твердости, соответствует эталонным стандартам определения твердости по Роквеллу, которые поддерживаются _____ (например, Национальным институтом стандартов и технологий (NIST)), и была вычислена в соответствии с Приложением X2 стандарта E 18 ASTM, с коэффициентом покрытия, равным 2, дающим уровень достоверности приблизительно 95 %».

X2.6.6 Стандартное значение погрешности u_{Mach} может быть использовано в качестве дополнительной погрешности при определении погрешности измерений будущих измерений, проводимых этой установкой для определения твердости (см. X2.7 и X2.8).

X2.6.7 *Пример X2.1* – Как часть процесса не прямой верификации установки для определения твердости по шкале Роквелла, сертифицирующее агентство должно будет сообщить оценку погрешности «ошибки» установки для определения твердости. Для этого примера, оценка будет сделана только для измерений, проведенных для нижних пределов шкалы твердости по Роквеллу. Установка для определения твердости имеет цифровой индикатор с разрешающей способностью в 0.1 по шкале твердости Роквелла. Агентство выполняет пять проверочных измерений в низком диапазоне меры твердости для испытания твердости по Роквеллу. Сообщаемое эталонное значение стандартной меры твердости равняется 25.7 твердости по шкале Роквелла, с расширенной погрешностью $U_{RefBlk} = 0.45$ твердости по шкале Роквелла. Значения пяти проверочных измерений: 25.4, 25.3, 25.5, 25.3, и 25.7 по шкале твердости Роквелла, приводящие к среднему значению 25.44 по шкале твердости Роквелла, значение (диапазона) повторяемости результатов 0.4 по шкале твердости Роквелла, и «ошибкой» в -0.26 по шкале твердости Роквелла. Следовательно:

$$u_{Rep\&NU} (Мера\ m\&-mu) = \frac{STDEV(25.4, 25.3, 25.5, 25.3, 25.7)}{\sqrt{5}}$$

$$\text{ог } u_{Rep\&NU} (Мера\ m\&-mu) = 0.075\ HRC$$

$$u_{Resol} = \frac{0.1}{\sqrt{12}} = 0.029\ HRC, u$$

$$u_{RefBlk} = \frac{0.45}{2} = 0.225\ HRC$$

Таким образом,

$$u_{Mach} = \sqrt{0.075^2 + 0.029^2 + 0.225^2} = 0.239\ HRC, u$$

$$U_{Mach} = (2 \times 0.239) = 0.48\ HRC$$

Вследствие погрешности в -0.26 по шкале твердости Роквелла, «ошибка» установки для определения твердости равна 0.48 по шкале твердости Роквелла. Хотя эта оценка была сделана на материале, имеющим твердость приблизительно 25 по шкале твердости Роквелла, погрешность может быть применена для всего диапазона шкалы твердости по Роквеллу. Это вычисление должно быть проведено для среднего и верхнего диапазонов шкалы твердости по Роквеллу, также как и для диапазонов других шкал твердости по Роквеллу, которые подтверждены.

ПРИМЕЧАНИЕ X2.10 – Читатель должен знать, что при вычислении конечного значения погрешности во всех примерах данного приложения, между этапами не должно быть проведено никакого округления результатов. Следовательно, в случае, если отдельные уравнения решаются с использованием округленных результатов, которые даны на каждом этапе данного примера, некоторые результаты вычислений с помощью компьютера, могут отличаться в своих значениях последнего десятичного знака, от тех результатов, которые указаны.

X2.7 Процедуры для расчета погрешности: значения измерений твердости по Роквеллу

X2.7.1 Погрешность U_{Meas} в значении твердости, измеренной пользователем, может считаться показателем того, насколько хорошо соотносится измеренное значение с "истинным" значением твердости материала.

X2.7.2 *Значение одиночного измерения* – Когда должна быть определена погрешность измерения для одиночного значения измерения твердости, дополнительными к стандартной погрешности u_{Meas} являются (1) u_{Repeat} погрешность, возникающая вследствие отсутствия повторяемости результатов установки (Уравнение X2.6), (2) u_{Reprod} , дополнительная погрешность вследствие отсутствия воспроизводимости результатов (Уравнение X2.10), (3) u_{Resol} погрешность вследствие разрешающей способности измерительного индикатора установки для определения твердости (Уравнение X2.11), и (4) u_{Mach} , погрешность в определении «ошибки» установки для определения твердости (Уравнение X2.14). Общая стандартная погрешность u_{Meas} рассчитывается с помощью объединения соответствующих составляющих погрешности, описанных выше для каждого уровня твердости и шкалы твердости по Роквеллу, следующим образом:

$$u_{Meas} = \sqrt{u_{Repeat}^2 + u_{Reprod}^2 + u_{Resol}^2 + u_{Mach}^2} \quad (X2.15)$$

X2.7.3 *Среднее значение измерения* – В случае, когда погрешность измерения должна быть определена для среднего значения многочисленных измерений твердости, проведенных либо на одном образце для испытаний, либо на многих образцах, дополнительными к стандартной погрешности u_{Meas} являются (1) u_{Repeat} , погрешность, возникающая вследствие

отсутствия повторяемости результатов установки, основанной на усредненном значении многочисленных измерений (Уравнение X2.8), (2) u_{Reprod} , дополнительной погрешности вследствие отсутствия воспроизводимости результатов (Уравнение X2.10), (3) u_{Resol} , погрешность из-за разрешающей способности измерительного индикатора установки для определения твердости (Уравнение X2.11), и (4) u_{Mach} , погрешность в определении «ошибки» установки для определения твердости (Уравнение X2.14). Общая стандартная погрешность u_{Meas} рассчитывается с помощью объединения соответствующих составляющих погрешности, описанных выше для соответствующего уровня твердости и шкалы твердости по Роквеллу, следующим образом:

$$u_{Meas} = \sqrt{u_{Repeat}^2 + u_{Reprod}^2 + u_{Resol}^2 + u_{Mach}^2} \quad (X2.16)$$

X2.7.4 Измерение погрешности, которое обсуждалось выше для одиночного и среднего значений твердости отображает только погрешности измерительного процесса, и не зависит от любых неоднородностей материала для испытаний.

X2.7.5 *Среднее значение измерений в качестве оценки средней твердости материала* – Измерительные лаборатории и промышленные предприятия часто измеряют твердость по шкале Роквелла образца для испытания или продукта с целью оценки средней твердости материала для испытания. Обычно, многочисленные измерения твердости проводятся по поверхности образца для испытаний, а затем сообщается среднее значение величин твердости, в качестве оценки средней твердости материала. В случае если необходимо сообщить погрешность в качестве показателя того, насколько хорошо среднее значение измерений представляет истинную усредненную твердость материала, тогда дополнительной к стандартной погрешности u_{Meas} является (1) $u_{Rep\& NU}$ (*Material*), погрешность, возникающая вследствие отсутствия повторяемости результатов установки в сочетании с погрешностью из-за неоднородности материала (Уравнение X2.9), которая определяется из измерений твердости, проведенных на материале для испытания, (2) u_{Reprod} , дополнительная погрешность, вследствие отсутствия воспроизводимости результатов (Уравнение X2.10), (3) u_{Resol} , погрешность разрешающей способности измерительного индикатора установки для определения твердости (Уравнение X2.11), и (4) u_{Mach} , погрешность в определении «ошибки» установки для определения твердости (Уравнение X2.14). Обозначение (*Material*) добавляется к термину $u_{Rep\& NU}$ для уточнения того, что погрешность определяется из измерений, проведенных на материале, проходящем испытание. Общая стандартная погрешность u_{Meas} рассчитывается с помощью объединения соответствующих составляющих погрешности, описанных выше для соответствующего уровня твердости и шкалы твердости по Роквеллу, следующим образом:

$$u_{Meas} = \sqrt{u_{Rep\& NU}^2 (Material) + u_{Reprod}^2 + u_{Resol}^2 + u_{Mach}^2} \quad (X2.17)$$

X2.7.6 Когда сообщается погрешность в качестве показания того, насколько хорошо среднее значение измерения представляет истинную среднюю твердость материала, важно удостовериться, что достаточное число измерений было проведено на соответствующих местах для исследования, для получения соответствующих образцов любых различий твердости материала.

X2.7.7 Расширенная погрешность U_{Meas} вычисляется для трех случаев, которые обсуждались выше, следующим образом:

$$U_{Meas} = k u_{Meas} + ABS(B) \quad (X2.18)$$

Для этого анализа должен быть использован коэффициент покрытия $k = 2$. Такой коэффициент покрытия дает уровень достоверности приблизительно в 95 %.

X2.7.8 Сообщение о погрешности измерений:

X2.7.8.1 *Одиночные или средние значения измерений* – В случае, когда сообщаемое значение измерения необходимо для одиночного испытания на твердость, или для усредненного значения многочисленных испытаний на твердость, тогда значение U_{Meas} должно быть дополнено поясняющим комментарием, в виде: "Расширенная погрешность измерений сообщаемого значения твердости (либо среднее значение твердости) соответствует эталонным стандартам определения твердости по Роквеллу, которые поддерживаются _____ (например, Национальным институтом стандартов и технологий (NIST)), и была вычислена в соответствии с Приложением X2 стандарта E 18 ASTM, с коэффициентом покрытия, равным 2, дающим уровень достоверности приблизительно 95 %"

X2.7.8.2 *Среднее значение измерения в качестве оценки средней твердости материала* -- В случае, если необходимо сообщить погрешность в качестве показателя того, насколько хорошо среднее значение измерений представляет истинную усредненную твердость материала, тогда значение U_{Meas} должно быть дополнено поясняющим комментарием, в виде: «Расширенная погрешность данной средней твердости материала, прошедшего испытание, основана на дополнительных погрешностях измерительного процесса и неоднородности в твердости материала. Погрешность соответствует эталонным стандартам определения твердости по Роквеллу, которые поддерживаются _____ (например, Национальным институтом стандартов и технологий (NIST)), и была вычислена в соответствии с Приложением X2 стандарта E 18 ASTM, с коэффициентом покрытия, равным 2, дающим уровень достоверности приблизительно 95 %». Если в отчете об испытаниях не указывается количество измерений, из которых было получено усредненное значение и места, в которых данные измерения проводились, эта информация должна быть включена в краткое объяснение того, каким образом была вычислена эта погрешность.

X2.7.8.3 *Пример X2.2* – Для данного примера, компания проводит испытание своего продукта с помощью шести измерений твердости по шкале Роквелла на поверхности материала для оценки твердости продукта. Установка для определения твердости имеет индикатор с круговой шкалой, который оценивается как имеющий разрешающую способность в 0.5 шкалы твердости по Роквеллу. Значения проверочных измерений продукта: 33, 31.5, 31.5, 32, 31, 32.5 по шкале твердости Роквелла, приводящие к среднему значению 31.92 по шкале твердости Роквелла. Испытательный центр хотел бы определить погрешность измерений в среднем значении твердости. Твердость в 31.92 по шкале твердости Роквелла близка к нижнему диапазону шкалы (см. Таблицу A 1.3). Последняя непрямая верификация нижнего диапазона шкалы твердости по Роквеллу дала $U_{Mach} = 0.8$ по шкале твердости Роквелла, и «ошибку» в -0.3 по шкале твердости по Роквеллу. Следовательно:

$$u_{Rep\&NU}(\text{материал}) = \frac{STDEV(33, 31.5, 31.5, 32, 31, 32.5)}{\sqrt{6}}$$

ИЛИ

$$u_{Rep\&NU}(\text{материал}) = 0.300 \text{ HRC}$$

Для данного примера, предположим, что установка для определения твердости находится под контролем в течение продолжительного периода времени, и из уравнения X2.9 было определено, что $u_{Reprod} = 0.21$ по шкале твердости Роквелла для нижнего диапазона шкалы. Другие дополнительные погрешности вычисляются следующим образом:

$$u_{Resol} = \frac{0.5}{\sqrt{12}} = 0.144 \text{ HRC}$$

$$u_{Mach} = \frac{0.8}{2} = 0.4 \text{ HRC, следовательно}$$

$$u_{Meas} = \sqrt{0.300^2 + 0.21^2 + 0.144^2 + 0.4^2} = 0.561 \text{ HRC}$$

и, поскольку $B = -0.3$ по шкале твердости Роквелла, $U_{Meas} = (2 \times 0.561) + ABS(-0.3)$, или $U_{Meas} = 1.42$ по шкале твердости Роквелла для среднего значения измерений твердости, проведенных на отдельном экземпляре изделия.

X2.8 Процедура для вычисления погрешности: Паспортное значение калиброванных мер твердости

X2.8.1 Метрологические учреждения, участвующие в калибровке эталонных мер твердости, должны определить погрешность в сообщаемом паспортном значении. Эта погрешность U_{cert} дает показание того, насколько хорошо паспортное значение согласуется с «истинной» средней твердостью меры твердости.

X2.8.2 Меры твердости сертифицируются как имеющие среднее значение твердости, основанное на калибровочных измерениях, проводимых на поверхности меры твердости. Этот анализ, в своей основе, похож на анализ, данный в 5.3.1 для измерения средней твердости продукта. В этом случае продуктом является калиброванная эталонная мера твердости. Дополнительными к стандартной погрешности u_{Cert} эталонного среднего значения меры твердости, являются (1) $u_{Rep\&NU}$ (Мера твердости), погрешность, возникающая вследствие отсутствия повторяемости результатов калибровочной установки для определения твердости в сочетании с погрешностью, возникающей вследствие неоднородности эталонной меры (Уравнение X2.9), которая определяется из калибровочных измерений, проведенных на мере твердости, (2) u_{Reprod} , дополнительная погрешность вследствие отсутствия воспроизводимости результатов (Уравнение X2.10), (3) u_{Resol} , погрешность вследствие разрешающей способности измерительного индикатора установки для определения

твердости (Уравнение X2.11), и (4) u_{Mach} , погрешность в определении «ошибки» образцовой установки для проверки и аттестации (Уравнение X2.14).

Обозначение (*Мера твердости*) добавляется к термину $u_{Rep\& NU}$ для уточнения того, что погрешность определяется на основании калибровочных измерений, проведенных на мере твердости.

X2.8.3 Общая стандартная погрешность u_{Cert} и расширенная погрешность U_{Cert} вычисляются с помощью объединения соответствующих составляющих погрешности, описанных выше, для каждого уровня твердости каждой шкалы твердости по Роквеллу, следующим образом:

$$u_{Cert} = \sqrt{u_{Rep\& NU}^2(\text{Мера тв-тв}) + u_{Reprod}^2 + u_{Resol}^2 + u_{Mach}^2} \quad (\text{X2.19})$$

И

$$U_{Cert} = k u_{Cert} + ABS(B) \quad (\text{X2.20})$$

X2.8.4 Для этого анализа должен быть использован коэффициент покрытия $k = 2$. Такой коэффициент покрытия дает уровень достоверности приблизительно в 95.

X2.8.5 *Сообщение о погрешности измерений* — Величина U_{Cert} является оценкой погрешности в сообщенном среднем значении твердости меры твердости. Сообщаемое значение должно быть дополнено пояснением, определяющим к какой шкале твердости по Роквеллу и уровню твердости, относится эта погрешность, и сопровождаться поясняющим комментарием в виде: «Расширенная погрешность паспортного значения меры твердости соответствует эталонным стандартам определения твердости по Роквеллу, которые поддерживаются _____ (например, Национальным институтом стандартов и технологий (NIST)), и была вычислена в соответствии с Приложением X2 стандарта E 18 ASTM, с коэффициентом покрытия, равным 2, дающим уровень достоверности приблизительно 95 %».

X2.8.6 *Пример X2.3* – Метрологическое учреждение по калибровке мер твердости вторичного уровня закончило калибровку мера твердости в диапазоне твердости в 40 по шкале твердости Роквелла. Значения калибровочных измерений меры: 40.61, 40.72, 40.65, 40.61 и 40.55 по шкале твердости Роквелла, приводящие к среднему значению в 40.63 по шкале твердости Роквелла и диапазону повторяемости результатов по стандарту E18 в 0.17 по шкале твердости Роквелла. Лаборатория должна определить погрешность в эталонном среднем значении твердости меры твердости. Твердость в 40 по шкале твердости Роквелла считается находящейся в среднем диапазоне шкалы твердости по Роквеллу (см. Таблицу A 1.3). Последняя непрямая верификация среднего диапазона шкалы твердости по Роквеллу дала значения $U_{Mach} = 0.16$ по шкале твердости Роквелла и «ошибку» в +0.11. Образцовая установка для поверки или аттестации имеет цифровой индикатор с разрешающей способностью в 0.01 по шкале твердости Роквелла. Следовательно:

$$u_{Rep\& NU}(\text{Мера тв-тв}) = \frac{STDEV(40.61, 40.72, 40.65, 40.61, 40.55)}{\sqrt{5}}$$

ИЛИ

$$u_{Rep\& NU}(\text{Мера тв-тв}) = 0.028 \text{ HRC}$$

Для данного примера, давайте предположим, что образцовая установка для поверки или аттестации находится под контролем в течение продолжительного периода времени, и из уравнения X2.10 было определено, что $u_{Reprod} = 0.125$ по шкале твердости Роквелла для среднего диапазона шкалы. Другие дополнительные погрешности вычисляются следующим образом:

$$u_{Resol} = \frac{0.01}{\sqrt{12}} = 0.003 \text{ HRC и}$$

$$u_{Mach} = \frac{0.16}{2} = 0.08 \text{ HRC поэтому,}$$

$$u_{Cert} = \sqrt{0.028^2 + 0.125^2 + 0.003^2 + 0.08^2} = 0.151 \text{ HRC}$$

и, поскольку $B = +0.11$ по шкале Роквелла, $U_{Cert} = (2 \times 0.151) + ABS(+0.11)$, или $U_{Cert} = 0.41$ для эталонного значения твердости одиночной калиброванной меры твердости.

СПИСОК ИЗМЕНЕНИЙ

Комитет E28 определил расположение выборочных изменений в данном стандарте со времени последнего издания (E18-12), которые могут повлиять на использование данного стандарта. (Утверждено 1 января 2014 г.).

- (1) Пересмотрен п. A3.4.5.1
- (2) Пересмотрен п. A3.4.5.4
- (3) Пересмотрен п. A3.5.3.2
- (4) Пересмотрен п. A3.5.3.7
- (5) Добавлен п. A3.8.2
- (6) Добавлен п. A3.8.3

- (7) Добавлен п. A3.9.1.6
- (8) Добавлен п. A3.9.3.6
- (9) Добавлена новая Таблица A3.4
- (10) Добавлена новая Таблица A3.7

Комитет E28 определил расположение выборочных изменений в данном стандарте со времени последнего издания (E18-11), которые могут повлиять на использование данного стандарта. (Утверждено 1 декабря 2012 г.).

- (1) Пересмотрена Таблица A1.3
- (2) Пересмотрен п. A1.4.7.2
- (3) Пересмотрен п. A1.4.9.1

Комитет E28 определил расположение выборочных изменений в данном стандарте со времени последнего издания (E18-08b), которые могут повлиять на использование данного стандарта. (Утверждено 1 ноября 2011 г.).

- (1) Пересмотрен п. A1.5.3.4
- (2) Пересмотрен п. A1.5.3.5
- (3) Пересмотрен п. A1.5.3.6

Американское Общество по испытаниям и материалам не занимает какую-либо позицию в отношении законности любого из патентных прав, утвержденного в отношении любого пункта, указанного в данном стандарте. Пользователи данного стандарта четко уведомлены, что определение законности любых таких патентных прав и риск нарушения таких прав полностью находятся под их ответственностью.

Данный стандарт может подлежать пересмотру в любой момент ответственным техническим комитетом и должен пересматриваться каждые пять лет, а в случае отсутствия пересмотра, повторно утверждается, либо аннулируется. Ваши замечания касательно пересмотра данного стандарта либо дополнительных стандартов приветствуются и должны направляться в Центральное управление ASTM. Ваши комментарии будут тщательно рассмотрены на собрании ответственного технического комитета, которое Вы можете посетить. Если Вы считаете, что Ваши комментарии не были выслушаны внимательно, Вы должны сообщить свое мнение Комитету по стандартам ASTM по указанному ниже адресу.

Этот стандарт защищен законом об Авторских правах для ASTM International, 100 Van Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Отдельные копии (единственные или дополнительные экземпляры) данного стандарта могут быть получены Вами, если вы свяжитесь с ASTM по вышеуказанному адресу, либо по телефону 610-832-9585, факсу 610-832-9555 или электронной почте; либо через веб-страницу ASTM (www.astm.org).