



Обозначение: E 23 - 12c

Учетный № _____

Американский национальный стандарт

Стандартные методы испытания металлических материалов на ударную вязкость на образце с надрезом¹

Данный стандарт издается под фиксированным обозначением E 23; число непосредственно после обозначения указывает на год утверждения оригинала, или, в случае редактирования, на год последней редакции. Число в скобках указывает на год последнего пересмотра. Верхний индекс «эпсилон» (ε) указывает на редакционные изменения с момента последней редакции или пересмотра.

Данный стандарт был одобрен для использования ведомствами Министерства обороны.

1. Область действия

1.1 Данные методы испытаний описывают испытание металлических материалов на ударную вязкость по Шарпи (с простой балкой на двух опорах) и по Изоду (с консольной балкой) на образце с надрезом. В них изложены требования к образцам для испытаний, методикам испытаний, протоколам испытаний, испытательным машинам (смотрите Приложение A1) для проверки машин для испытания на ударную вязкость по Шарпи (смотрите Приложение A2), дополнительным конфигурациям испытательных образцов (смотрите Приложение A3), обозначениям ориентации испытательного образца (смотрите Терминологию E1823), и определение процента вязкого излома на поверхности разорванных образцов (смотрите Приложение A4). Кроме того, предоставлена информация о значимости испытания образцов с надрезом на ударную вязкость (смотрите Приложение X1), способах определения центра удара (смотрите Приложение X2).

1.2 Данные методы испытаний не затрагивают проблемы, связанные с испытаниями на ударную вязкость при температурах ниже -196 °C (-320 °F, 77 K).

1.3 Значения, приведенные в единицах СИ, следует считать стандартными. В данном стандарте отсутствуют какие-либо другие единицы измерения.

1.3.1 Исключение – Раздел 8 и Приложение A4 для информации представляют единицы в системе дюйм-фунт.

1.4 Целью данного стандарта не является учет всех вопросов безопасности, связанных с его использованием, если таковые имеются. Ответственность за соблюдение соответствующих правил безопасности и охраны здоровья, а также определение применимости законных ограничений перед использованием стандарта несёт пользователь данного стандарта. Специальные положения по мерам безопасности приведены в Разделе 5.

2. Справочно-нормативные документы

2.1 Стандарты ASTM:²

В 925 Методика для производства и подготовки испытательных образцов для порошковой металлургии (П/М)

E 177 Правила использования терминов «точность» и «отклонение» в Методах испытаний ASTM

E 604 Метод динамического испытания металлических материалов на разрыв

¹ Данные методы испытаний находятся в ведении Комитета ASTM E28 по механическим испытаниям и под непосредственной ответственностью Подкомитета E28.07 по испытаниям на ударную вязкость. Текущее издание утверждено 15 ноября 2012г. Опубликовано в январе 2013г. Первоначально утверждено в 1933г. Последнее предыдущее издание утверждено в 2012г, как E 23 - 12b. DOI: 10.1520/E0023-12C.

² Для ознакомления со стандартами ASTM, на которые ссылается настоящий стандарт, посетите вебсайт ASTM, www.astm.org, или свяжитесь со Службой обслуживания покупателей ASTM на service@astm.org. Для получения информации по содержанию томов *Ежегодник Стандартов ASTM*, обратитесь на страницу Итоговый Документ стандартов на вебсайте ASTM.

Е 691 Правила проведения межлабораторных исследований для определения точности метода испытания
Е 1823 Терминология, связанная с испытанием на усталостное разрушение и излом Е 2298 Метод испытаний металлических материалов на ударную вязкость с помощью измерительных приборов.
Е2298 Метод испытаний на удар металлических материалов с измерительным оборудованием.

3. Краткое изложение методов испытаний

3.1 Важнейшими характеристиками испытания на ударную вязкость являются: соответствующий образец (подходят образцы нескольких различных типов), комплект наковален и опоры образца, на которых размещается последний, чтобы получить удар движущейся массы, движущаяся масса, которая обладает достаточной энергией, чтобы разбить образец, размещенный на ее пути, и устройство для измерения энергии, поглощенной разрушенным образцом.

4. Значение и использование

4.1 Данные методы испытания на ударную вязкость относятся в частности к изменению характеристик металла, когда он подвергается единичному воздействию силы, в результате чего возникают многоосные напряжения, связанные с надрезом, в соединении с большими величинами нагрузки и, в некоторых случаях, с высокими или низкими температурами. Обнаружено, что для некоторых материалов и температур результаты испытания на ударную вязкость на образцах с надрезом при сопоставлении с эксплуатационным опытом точно прогнозируют вероятность хрупкого излома. Более подробная информация о значимости предоставлена в Приложении X1.

5. Меры предосторожности при работе машины

5.1 Следует предпринять меры предосторожности для защиты персонала от качающегося маятника, разлетающихся разломанных образцов и угроз, связанных с нагревающимися и охлаждающимися веществами.

6. Оборудование

6.1 Общие требования:

6.1.1 Испытательная машина должна быть жесткой конструкцией маятникового типа.

6.1.2 Испытательная машина должна быть сконструирована и построена в соответствии с требованиями, приведенными в Приложении A1.

6.2 Инспекция и проверка:

6.2.1 Процедуры инспекции для непосредственной проверки машин для испытания на ударную вязкость представлены в A2.2 и A2.3. Позиции, перечисленные в A2.2, должны инспектироваться ежегодно.

6.2.2 Процедуры косвенной проверки машин для испытания образцов с V-образным надрезом на ударную вязкость по Шарпи с помощью проверочных образцов приведены в A2.4. Машины для испытания на ударную вязкость по Шарпи должны проверяться ежегодно.

7. Образцы для испытаний

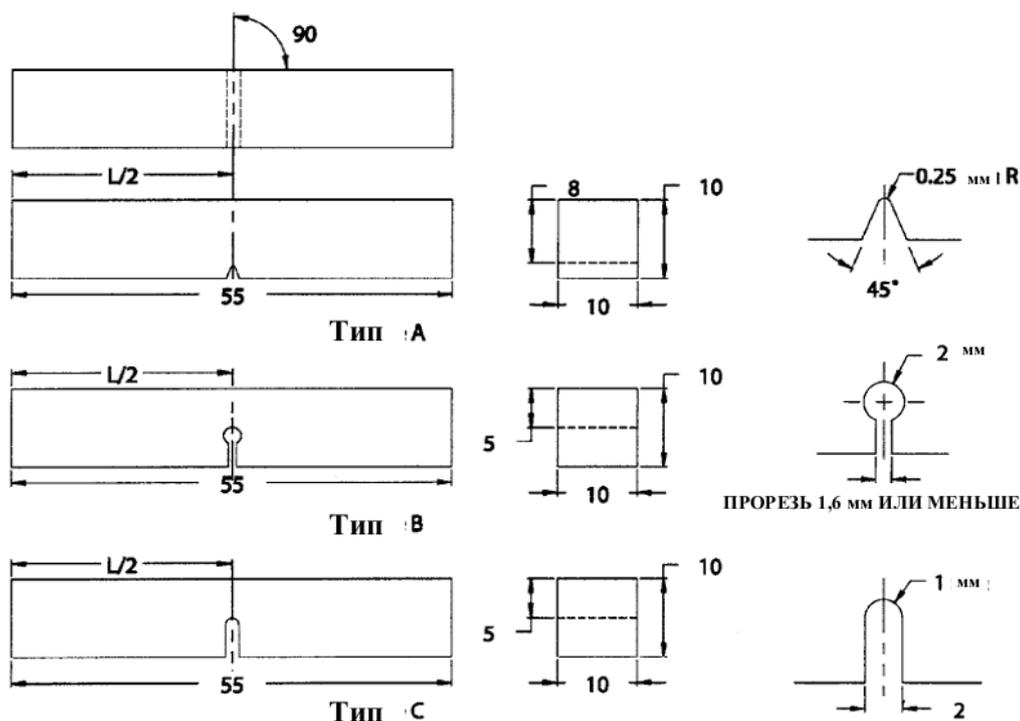
7.1 Конфигурация и ориентация:

7.1.1 Образцы должны отбираться из материала в соответствии с требованиями применяемой спецификации.

7.1.2 Тип выбранного образца во многом зависит от характеристик испытываемого материала. Данный образец не может одинаково подходить для мягких цветных металлов и закаленных сталей; поэтому одобряется использование многих типов образцов. Как правило, более острые и глубокие надрезы требуются для распознавания различий в очень пластичных материалах или при использовании низких скоростей испытания.

7.1.3 Образцы, представленные на Рис.1 и 2, являются наиболее распространенными и наиболее общепринятыми образцами. Они особенно подходят для черных металлов, за исключением чугуна³.

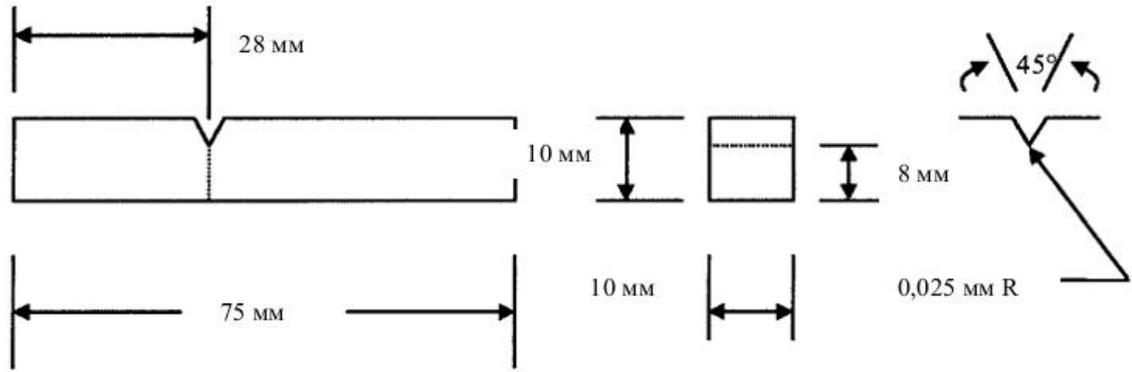
7.1.4 Образцы, в большинстве случаев признанные подходящими для порошковых металлических заготовок (П/М), показаны на рис. 3 и 4. Образцы порошковых металлических заготовок для испытаний на ударную вязкость должны производиться в соответствии с методом, указанным в Методике В 925. Ориентация образца влияет на результаты испытаний данных материалов на ударную вязкость. Поэтому, если не оговорено иное, положение образца в машине должно быть таким, чтобы маятник ударял по поверхности, которая параллельна направлению сжатия. Для порошковых металлических заготовок результаты испытаний на ударную вязкость фиксируются как поглощенная энергия удара не надрезанного образца.



Перпендикулярность надреза	оси	$\pm 2^\circ$
Смежные (90°) стороны должны быть		± 10 мин.
Размеры поперечного сечения		$\pm 0,075$ мм
Длина образца (L)		+ 0, - 2,5 мм
Центрирование надреза (L/2)		± 1 мм
Угол надреза		$\pm 1^\circ$
Радиус надреза		$\pm 0,025$ мм
Длина связки		$\pm 0,025$ мм
Образец типа А		$\pm 0,025$ мм
Образцы типов В и С		$\pm 0,075$ мм
Требования к отделке		$R_a \leq 2$ μ м на надрезанной поверхности и противоположном торце; $R_a \leq 4$ μ м на двух других поверхностях

РИС. 1 Образцы для испытания на ударную вязкость по Шарпи (с простой балкой), Типы А,В и С

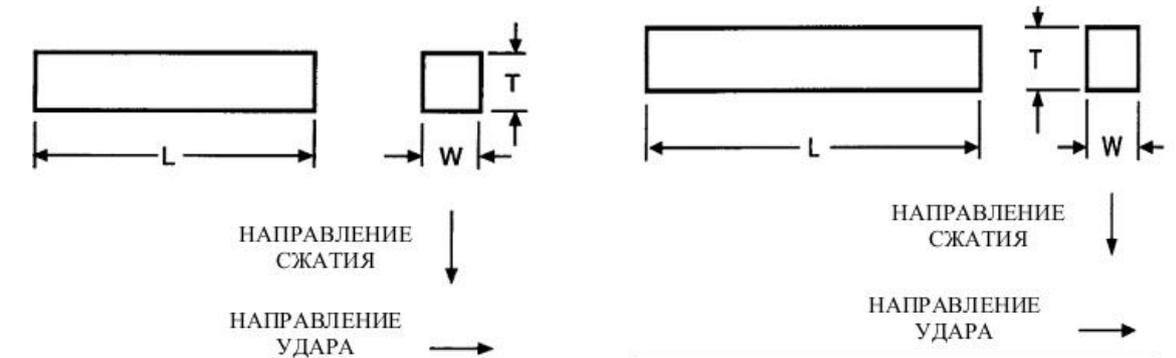
³ Отчет подкомитета XV по испытанию на ударную вязкость Комитета А3 по чугуну, процедурам, ASTM, том 33, часть 1, 1933.



ПРИМЕЧАНИЕ 1 – Допустимые отклонения следующие:

Перпендикулярность надреза	оси	$\pm 2^\circ$
Размеры поперечного сечения		$\pm 0,025$ мм
Длина образца (L)		+ 0, - 2,5 мм
Угол надреза		$\pm 1^\circ$
Радиус надреза		$\pm 0,025$ мм
Длина связки		$\pm 0,025$ мм
Смежные (90°) стороны должны быть		± 10 мин.
Требования к отделке		$R_a \leq 2$ мкм на надрезанной поверхности и противоположном торце; $R_a \leq 4$ мкм на двух других поверхностях

РИС. 2 Образцы для испытания на ударную вязкость по Изоду (с консольной балкой), Тип D



	Размеры мм
L – Общая длина	$55,0 \pm 1,0$
W – Ширина	$10,00 \pm 0,13$
T – Толщина	$10,00 \pm 0,13$

Примечание 1 – Смежные стороны должны быть $90^\circ \pm 10$ мин.

РИС. 3 Ненадрезанный образец для испытания на ударную вязкость по Шарпи (простая балка) для строительных материалов из металлического порошка

	Размеры мм
L – Общая длина	$55,0 \pm 1,0$
W – Ширина	$10,00 \pm 0,13$
T – Толщина	$10,00 \pm 0,13$

Примечание 1 – Смежные стороны должны быть $90^\circ \pm 10$ мин.

РИС. 4 Ненадрезанный образец для испытания на ударную вязкость по Шарпи (консольная балка) для порошковых металлических заготовок

7.1.5 Рекомендации по малогабаритным и дополнительным образцам приведены в Приложении A3.

7.2 Механическая обработка образца:

7.2.1 Когда оцениваются термообработанные материалы, образец должен быть обработан на станке, включая выполнение надреза, после окончательной термообработки, если нельзя продемонстрировать, что свойства ударной вязкости образцов, прошедших механическую обработку перед термообработкой, являются идентичными свойствам образцов, обработанных механически после термообработки.

7.2.2 Надрезы должны быть гладко обработаны, но полировка необязательна. Однако, поскольку отклонения в размерах надреза могут сильно повлиять на результаты испытаний, необходимо придерживаться допусков, приведенных на Рис. 1 (Приложение X1.2 иллюстрирует воздействие изменения размеров надреза на образцы типа А). В образцах с узким отверстием круглое отверстие должно быть аккуратно просверлено с медленной скоростью подачи. Паз может быть вырезан любым возможным способом, но при вырезании паза необходимо предотвратить повреждения поверхности отверстия, высверленного напротив паза.

7.2.3 Идентификационные метки должны располагаться на образцах только в следующих местах: на любом из 10-миллиметровых квадратных концов; на стороне образца, которая обращена вверх, когда образец размещается в наковальне (смотрите Примечание 1), или на стороне образца, противоположной надрезу. Ни на какой стороне образца не должно быть никаких меток на расстоянии 10 мм от центральной линии надреза. Для обозначения можно использовать несмываемые маркеры, лазерное гравирование, разметочные инструменты, электростатические карандаши, а также другие методы маркировки. Однако, некоторые методы маркировки могут вызвать повреждение образцов, если они не используются надлежащим образом. Например, вследствие перегрева от электростатических карандашей или деформации образца из-за штамповки могут измениться механические свойства образца. Поэтому всегда необходимо соблюдать осторожность во избежание повреждения образца. Штамповку и другие процессы маркировки, которые приводят к деформации образца, следует использовать по краям образцов перед выполнением надреза.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 - Следует тщательно обдумать размещение идентификационных меток на стороне образца, которая будет направлена вверх при размещении образца в наковальне. Если оператор испытания не проявит осмотрительность, образец может быть установлен в установке так, что идентификационные метки будут выходить за пределы опор образца (то есть лицевой стороной вниз). При таких обстоятельствах полученное значение поглощенной энергии может быть неточным.

8. Методика

8.1 Подготовка оборудования:

8.1.1 Выполняйте обычную процедуру для проверки установок для испытания на ударную вязкость в начале каждого дня, каждой смены или непосредственно перед испытаниями на установке, используемой периодически. Рекомендуется, чтобы результаты этих плановых проверок заносились в книгу регистрации для установки. После того, как проверка установки покажет соответствие с Приложением A1 и Приложением A2, проведите плановую проверку следующим образом:

8.1.1.1 Визуально проверьте ударную пластину и наковальню на предмет наличия явных повреждений и износа.

8.1.1.2 Проверьте нулевое положение установки посредством следующей процедуры: поднимите маятник в фиксируемое положение, подвиньте стрелку ближе к максимальной мощности используемого диапазона, отпустите маятник и измерьте указанное значение. Стрелка должна показывать нуль в установках, считывающих непосредственно показания энергии. В установках, считывающих в градусах, показание должно соответствовать нулю на переводной таблице, прилагаемой производителем установки.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 - В установках, которые не компенсируют потери на сопротивление воздуха и трение, стрелка не будет показывать нуль. В этом случае при переводе в энергию указанные значения должны корректироваться на потери на трение, которые предположительно должны быть пропорциональными амплитуде.

8.1.1.3 Величина потерь на трение и вентиляционных потерь не должна превышать 0,4% от испытываемого диапазона измерений, а также не должна изменяться на более чем 10% от процентного значения результатов измерений потери на трение и вентиляционных потерь, зафиксированных на установке. Если процент потери на трение и вентиляционных потерь все же превышает 0,4% или значительно отличается от результатов предыдущих измерений, проверьте индикаторный механизм, высоту защелки и подшипники на предмет износа или повреждения. Однако, если установка в последнее время не использовалась, необходимо, чтобы маятник сделал 50-100 колебаний, после чего нужно повторно провести испытание на определение процента потерь на трение и вентиляционных потерь перед выполнением ремонта установки.

Для обеспечения того, чтобы вентиляционные потери и потери на трение находились в допустимых пределах, используйте один из следующих методов оценки:

- (1) Для установок, оснащенных аналоговой шкалой:
Поднимите маятник в фиксируемое положение;
Переместите стрелку на максимальное числовое значение используемой шкалы; Отпустите маятник (при этом образца в установке не должно быть); Дайте маятнику сделать пять колебаний (колебание вперед и назад вместе считаются одним колебанием);
Перед шестым колебанием установите стрелку между показаниями 5 и 10% максимального числового значения используемой шкалы;
После шестого колебания вперед зарегистрируйте значение, указанное стрелкой, (переведите показания в единицы энергии, если необходимо); Разделите значение энергии на 10;
Разделите на максимальное числовое значение используемой шкалы и Умножьте на 100, чтобы получить процентный показатель потери на трение и вентиляционных потерь.
- (2) Для установок, оснащенных цифровым индикатором:
Определите процентный показатель потери на трение и вентиляционных потерь в соответствии с методикой производителя.
- (3) Для установок, оснащенных и аналоговой шкалой, и цифровым индикатором:
Определите величину потери на трение и вентиляционных потерь с помощью такого же индикаторного прибора, который использовался для фиксирования поглощенной энергии (10.2.4 и A2.4).

Примечание 3 - До выпуска версии 2012 года процентное значение потери на трение и вентиляционных потерь основывалось на 11 (полу-) колебаниях, а стрелка не двигалась при первом колебании. Сейчас стрелка движется при первом колебании. Разница заключается в том, что потери на трение, вентиляционные потери и потери на перемещение стрелки, связанные с первым колебанием уже предположительно не равны нулю. При первом колебании стрелка должна переместиться на 0,00, следовательно какое-либо трение, которое будет зафиксировано, всего лишь укажет на следующие 10 (полу-) колебаний.

8.2 Расчет температуры испытания:

8.2.1 Температура испытания оказывает влияние на свойства ударной вязкости большинства материалов. Для материалов с объемно-центрированной кубической структурой переход в характере излома происходит в диапазоне температур, который зависит от химического состава и микроструктуры материала. Температуры испытаний можно выбирать, чтобы охарактеризовать свойства материала при фиксированных значениях, или выше диапазона температур, чтобы охарактеризовать область перехода, или поведение при температуре ниже или выше порога хладноломкости, или все эти факторы. Выбор температуры испытания является обязанностью того, кто использует этот метод испытаний, и будет зависеть от конкретной области применения. Для испытания, производимого при комнатной температуре, рекомендуется температура $20 \pm 5^\circ\text{C}$.

8.2.2 Температура образца может существенно изменяться за промежуток времени, когда он изымается из среды с соответствующими температурными условиями, переносится в установку для испытания

на ударную вязкость, и подвергается излому (смотрите Примечание 6). При использовании нагревающей или охлаждающей среды температурой, близкой к температуре кипения, используйте данные из ссылок в Примечании 6 или данные калибровки термометрами для подтверждения того, что образец находится в пределах установленных температурных допусков, когда ударная пластина соприкасается с образцом. Если ожидается избыточный адиабатический нагрев, проконтролируйте температуру образца рядом с надрезом во время излома.

8.2.3 Проводите поверку оборудования для измерения температуры по крайней мере каждые шесть месяцев. Если применяются стеклянные термометры, заполненные жидкостью, достаточно будет первоначальной поверки, однако, прибор необходимо проверять на наличие проблем, таких как потери жидкости, по крайней мере, дважды в год.

8.2.4 Выдержите образец при желаемой температуре в пределах $\pm 1^\circ\text{C}$ ($\pm 2^\circ\text{F}$) в соответствующей температурной среде. Может использоваться любой способ подогрева или охлаждения или переноса образца на наковальню при условии, что температура образца непосредственно перед изломом является практически такой же, что и температура выдержки (смотрите Примечание 6). Максимальное изменение температуры образца, допускаемое на период между обработкой в температурной среде и ударом, здесь не оговаривается, потому что оно зависит от испытываемого материала и области применения. Пользователь, применяющий нетрадиционную или редко применяемую температурную среду и методы переноса (или размеры образцов), должен показать, что изменение температуры образца перед ударом сравнимо или меньше, чем изменение температуры для образца стандартного размера из того же материала, который был доведен до требуемых температурных условий в обычно применяемой среде (масло, воздух, азот, ацетон, метанол), и переносился для удара в течение 5 секунд (смотрите Примечание 6). В прошлом использовались три метода доведения до требуемых температурных условий и переноса: доведение до требуемого термического состояния в ванне с жидкостью и перенос на опоры образца с помощью центрирующих щипцов; доведение до требуемого термического состояния в печи и роботизированный перенос на опоры образца; размещение образца на опорах, за которым следует нагрев и охлаждение на месте.

8.2.4.1 Для охлаждения или нагрева в ванне с жидкостью используйте подходящую емкость, которая имеет решетку или иной тип приспособления для размещения образца. Покройте погруженные образцы, по крайней мере, 25 мм (1 дюймом) жидкости, и расположите так, чтобы область надреза была не ближе 25 мм (1 дюйма) к боковым сторонам или дну контейнера; никакая часть образца не должна соприкасаться с контейнером. Поместите прибор, используемый для измерения температуры ванны, в центр группы образцов. Перемешайте жидкость в ванне и удерживайте при желаемой температуре в пределах $\pm 1^\circ\text{C}$ ($\pm 2^\circ\text{F}$). Доведите образец до требуемого теплового состояния в течение, по меньшей мере, 5 минут перед испытанием, если не было показано с помощью измерений термометрами более короткое время, достаточное для тепловой подготовки. Оставьте механизм (щипцы, например), используемый для манипуляций с образцами, в ванне, по меньшей мере, на 5 минут перед испытанием, и снова помещайте механизм в ванну между испытаниями.

8.2.4.2 При использовании газовой среды разместите образцы таким образом, чтобы газ циркулировал вокруг них, и выдерживайте газ при желаемой температуре в пределах $\pm 1^\circ\text{C}$ ($\pm 2^\circ\text{F}$) по крайней мере 30 минут. Оставьте механизм для изъятия образцов в среде, за исключением времени манипулирования образцами.

ПРИМЕЧАНИЕ 4 - Температуры до $+ 260^\circ\text{C}$ могут быть получены с помощью некоторых масел, но необходимо внимательно следить за «температурами воспламенения».

ПРИМЕЧАНИЕ 5 - Для испытаний при температурах до $- 196^\circ\text{C}$ (77°K), стандартные методики испытаний были признаны подходящими для большинства металлов.

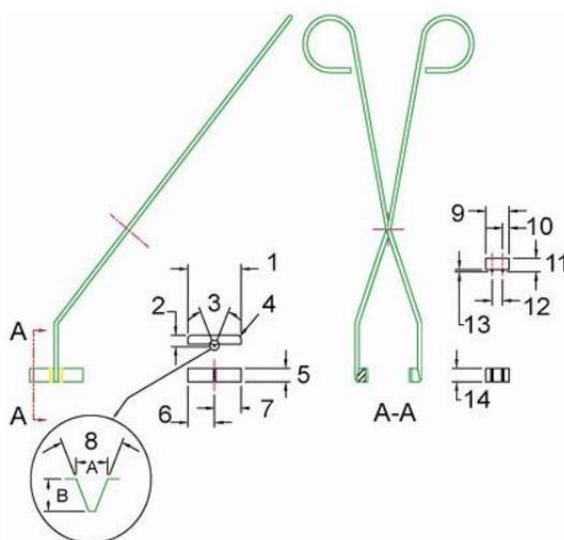
ПРИМЕЧАНИЕ 6 - Исследование показало, что образец, нагретый до 100°C в воде, может охладиться на 10°C за 5 сек., что позволяет осуществить перенос на опоры образца (1)⁴. Другие исследования, использующие охлаждающие среды, точка кипения которых находится ниже комнатной температуры, также показали большие изменения в температуре образца во время переноса образцов на наковальню машины. Кроме того, некоторые материалы существенно изменяли температуру во время испытания на ударную вязкость при криогенных температурах из-за адиабатического нагрева (2).

⁴ Цифры, указанные в скобках жирным шрифтом, относятся к перечню ссылок в конце текста.

8.3 Методика испытания по Шарпи:

8.3.1 Методику испытания по Шарпи можно обобщить следующим образом: образец для испытания доводится до требуемого термического состояния и размещается на опорах напротив наковальни; маятник отпускается без колебания, а по образцу наносится удар ударной пластиной. Информация поступает от установки и от разломанного образца.

8.3.2 Чтобы разместить испытательный образец в установке, рекомендуется использование самоцентрирующихся щипцов, подобных тем, которые изображены на Рис. 5 (смотрите A1.10.1). Щипцы, изображенные на Рис. 5, предназначены для центрирования образцов с V-образным надрезом. Если используются образцы с узким отверстием, может потребоваться изменение конструкции щипцов. Если используется приспособление с торцевой центровкой, следует принять меры для того, чтобы низкоэнергетические высокопрочные образцы не отскочили от этого прибора в сторону маятника и не привели к регистрации ошибочно высоких значений. Многие из таких приборов являются постоянными устройствами установок, и если зазор между концом образца в положении для испытания и центрирующим прибором не составляет приблизительно 13 мм, разломленные образцы могут отскочить в сторону маятника.



Маркировка	Определение	Обозначение	Размеры, мм	Маркировка	Определение	Обозначение	Размеры, мм
1	Длина опоры (со стороны надреза)		39,93 + 0 - 0,051	8B	Глубина 10 мм образца	от 1,52 до 1,65	
					Глубина 5 мм образца	от 0,69 до 0,81	
					Глубина 3 мм образца	от 0,36 до 0,48	
2	Высота опоры (со стороны надреза)		7,94 ± 1	9	Ширина ламели	17,46 ± 1	
3	Угол вставки		44,5 ± 0,5°	10	Удлинение ламели	4,76 ± 1	
4	Радиус опоры		9,53 ± 1	11	Высота ламели	9,53 ± 1	
5	Ширина опоры		19,96 ± 1	12	Стержень	7,94 ± 1	
6	Центр надреза		19,96	13		1,588 ± 1	
7	Центр надреза		19,96	14	Высота опоры (задняя сторона)	9,53 ± 1	
8A	Глубина образца	10 мм	от 1,60 до 1,70				
	Глубина образца	5 мм	от 0,74 до 0,80				
	Глубина образца	3 мм	от 0,45 до 0,51				

РИС. 5 Центрирующие щипцы для образцов с V-образным надрезом по Шарпи

8.3.3 Для проведения испытания подготовьте установку, подняв маятник в застопоренное положение, установите указатель энергии на максимальное значение шкалы или включите цифровой дисплей, или и то и другое, поместите образец на наковальню и отпустите маятник. Если для доведения до требуемого термического состояния используется ванна с жидкостью или газовая среда, выполните следующую последовательность менее, чем за 5 сек. (для стандартных образцов 10 x 10 x 55 мм, (0.394 x 0.394 x 2.165 дюйма) смотрите 8.2.4). Извлеките образец из охлаждающей (или нагревающей) среды центрирующими щипцами, которые были доведены до требуемого теплового состояния с образцом, поместите образец в положение испытания и плавно отпустите маятник. Если испытательный образец извлечен из ванны с установленной температурой и нет уверенности, что испытание будет проведено в 5-секундном временном интервале, перед испытанием верните образец в ванну на время, требуемое в 8.2.

8.3.3.1 Если разорванный образец для испытания на ударную вязкость не разломается на две части, зарегистрируйте его как неразломленный (инструкции по отделению смотрите в 9.2.2.). Неразломленные образцы с поглощенной энергией менее 80% мощности установки могут усредняться со значениями от разломленных образцов. Если отдельные значения не перечисляются, сообщите процент неразломленных образцов со средним значением. Если поглощенная энергия превышает 80% мощности установки, и образец полностью проходит между наковальнями, сообщите значение, как приблизительное (смотрите 10.1), не усредняйте его с другими значениями. Если неразломленный образец не проходит между наковальнями установки, (например, он останавливает маятник), результат следует сообщать, как превышающий мощность установки. Образец никогда нельзя ударять более одного раза.

8.3.3.2 Если образец застрекает в машине, аннулируйте результаты и тщательно проверьте установку на наличие повреждений или смещений, которые могут повлиять на калибровку.

8.3.3.3 Во избежание регистрации ошибочного значения, вызванного сотрясением индикатора при защелкивании маятника в его верхнем положении («положение готовности»), снимайте значение для каждого испытания с индикатора до защелкивания маятника для следующего испытания.

8.4 Методика испытания по Изоду:

8.4.1 Методику испытания по Изоду можно обобщить следующим образом: образец для испытания помещается в устройство для закрепления образца, и маятник отпускается без колебания. Информацию получают от установки и от разломленного образца. Подробности описываются следующим образом:

8.4.2 Проводить испытание при температурах, отличных от комнатной, проблематично, поскольку устройство для закрепления образца для образцов с надрезом для испытания по Изоду часто является частью основания установки и не может быть быстро охлаждено (или нагрето). Следовательно, испытание по Изоду не рекомендуется проводить при температурах, отличных от комнатных.

8.4.3 Надежно зажмите образец в опорных тисках так, чтобы центральная линия надреза находилась в плоскости верхней части тисков в пределах 0,125 мм (0,005 дюйма). Установите индикатор энергии на максимальное показание шкалы и плавно отпустите маятник. Разделы 8.3.3.1-8.3.3.3 включительно также распространяются на испытания образцов по Изоду.

9. Информация, получаемая из испытаний на ударную вязкость

9.1 За *поглощенную энергию* принимается разность между энергией в ударяющей детали в момент удара по образцу и энергия, оставшаяся после разлома образца. Это значение определяется по показанию шкалы машины, которое корректируется на вентиляционные потери и потери на трение.

ПРИМЕЧАНИЕ 7 - Альтернативные средства для измерения энергии приемлемы при условии, что точность таких методов можно продемонстрировать. Методы, использовавшиеся в прошлом, включают оптические кодирующие устройства и ударники с датчиками деформаций.

9.2 При использовании методов *измерения расширения в поперечном направлении* необходимо принимать во внимание тот факт, что траектория разрушения редко пересекает точку максимального расши-

рения с обеих сторон образца. Одна половинка разломанного образца может включать максимальное расширение для обеих сторон, для одной стороны или ни для одной из сторон. Поэтому расширение с каждой стороны каждой половинки образца должно измеряться относительно плоскости, определенной недеформированным участком сбоку образца, как показано на Рис. 6. Например, если A_1 больше, чем A_2 , и A_3 меньше, чем A_4 , тогда поперечное расширение является суммой $A_1 + A_4$.

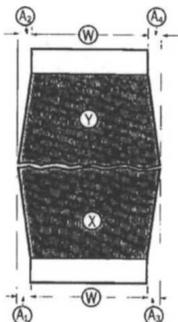


РИС. 6 Половинки разломанного образца с V-образным надрезом для испытания по Шарпи, иллюстрирующие измерение расширения в поперечном направлении, размеры A_1 , A_2 , A_3 , A_4 и первоначальную ширину, размер W

9.2.1 Перед тем, как производить какие-либо измерения поперечного расширения, необходимо, чтобы две половинки образца были исследованы визуально на наличие заусенцев, которые могли образоваться во время испытания на ударную вязкость; если заусенцы будут влиять на измерения поперечного расширения, их нужно удалить (шлифовкой наждачным полотном или каким-либо иным подходящим способом), убедившись, что во время удаления заусенца не стерлись выступы, которые следует измерять. Затем осмотрите каждую поверхность излома, чтобы убедиться, что выступы не повреждены соприкосновением с наковальней, посадочной поверхностью машины и т.п. Поперечное расширение не следует измерять на образце с таким типом повреждения.

9.2.2 Расширение в поперечном направлении регистрируется следующим образом. Расширение в поперечном направлении неразломленного образца может регистрироваться, как разломленного, если образец можно разделить, один раз сжав качающиеся половинки образца, а затем потянув их в стороны без дальнейшего усталостного нагружения образца, и если поперечное расширение, измеренное для неразбитого образца (до изгиба) равно или больше, чем расширение, измеренное для отделенных половинок. В том случае, когда образец невозможно разделить на две половинки, поперечное расширение может измеряться и регистрироваться, как для неразбитого, пока «губ среза» можно достичь без помех со стороны качательно-сочлененного соединения, которое было деформировано во время испытания. Образец будет регистрироваться как неразломленный.

9.2.3 Расширение в поперечном направлении можно легко измерить с помощью измерительного прибора, такого как изображенный на Рис. 7 (узел и детали показаны на Рис. 8). С помощью этого типа измерительного прибора измерение выполняется по следующей методике: расположите половинки образца так, чтобы сжимаемые стороны были обращены друг к другу, возьмите одну половинку разломанного образца и придавите ее к наковальне и штоку измерительного прибора и снимите показание; проделайте подобное измерение на другой половинке (с той же стороны) разломанного образца и аннулируйте более низкое из двух значений; сделайте то же самое для другой стороны разломленного образца, укажите сумму максимального расширения для двух сторон как расширение в поперечном направлении для образца.

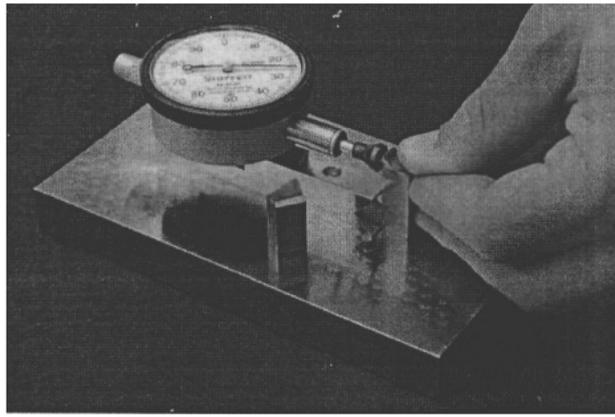
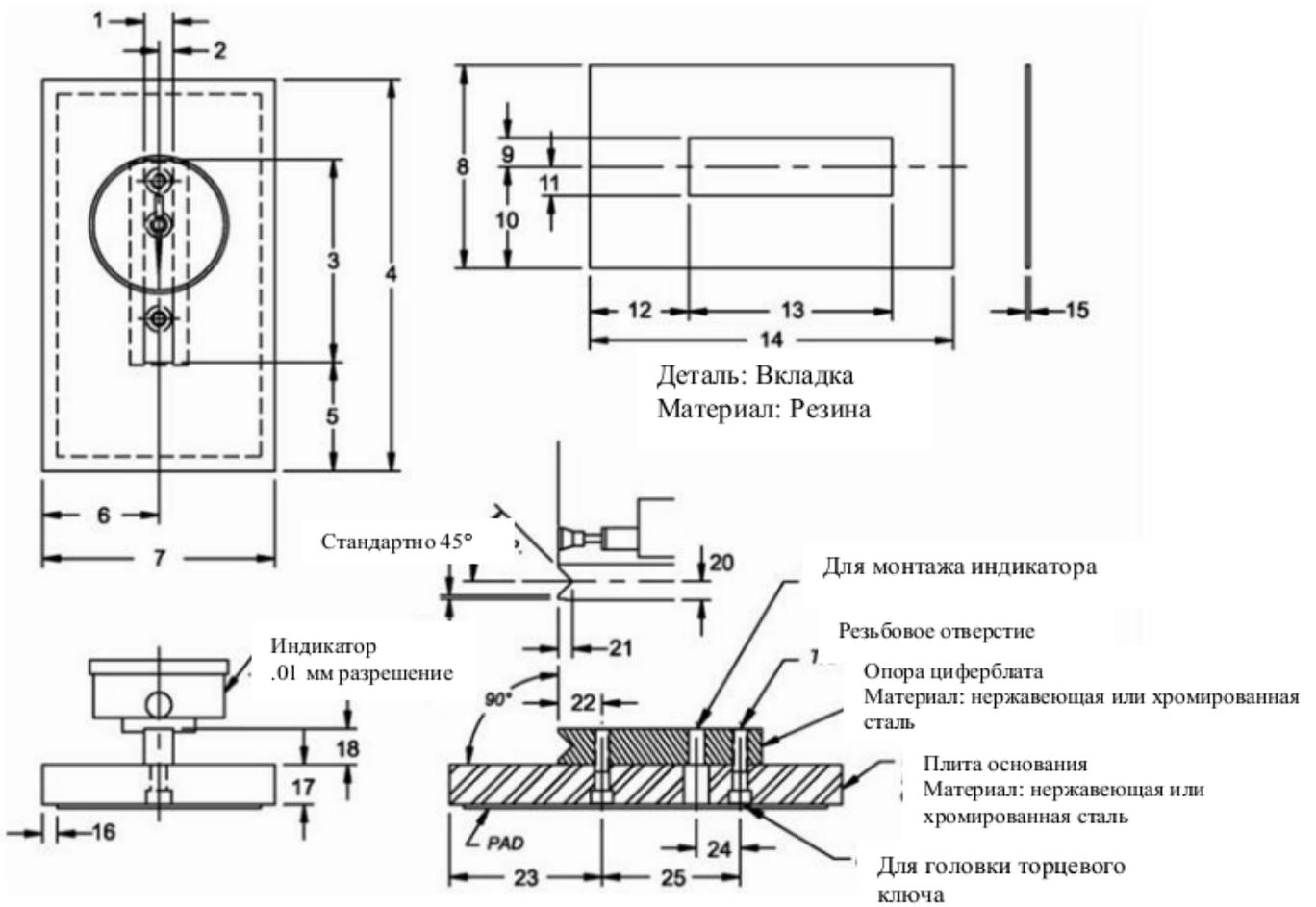


РИС. 7 Прибор для измерения расширения в поперечном направлении образцов для испытания на ударную вязкость по Шарпи



Номер обозначения	Размеры, мм	Номер обозначения	Размеры, мм
1	12,7	15	1,59
2	6,4	16	6,4
3	88,9	17	17,5
4	171,5	18	15,9
5	47,6	19	1,7
6	50,8	20	0,5
7	101,6	21	8,3
8	88,9	22	3,2
9	12,7	23	6,1
10	44,5	24	19,1
11	12,7	25	66,7
12	43,2	26	19,1
13	88,9	27	60,3
14	158,8		

РИС. 8 Узел и детали прибора для измерения расширения в поперечном направлении

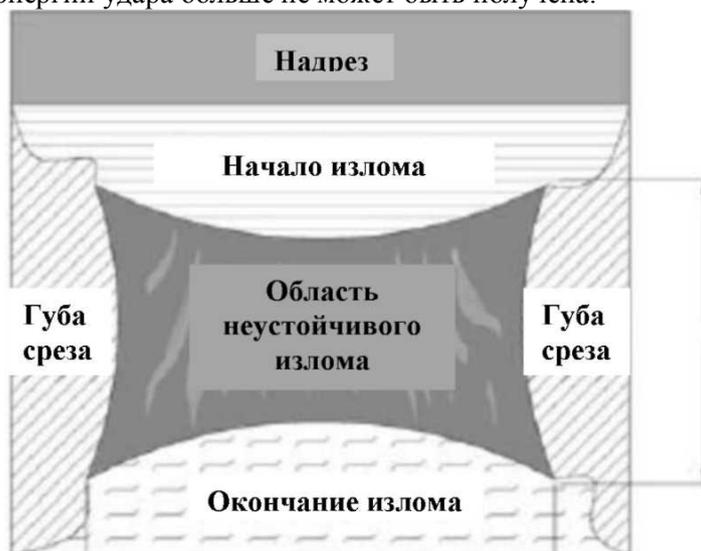
9.3 *Процент вязкого излома* на поверхностях излома образцов для испытания на ударную вязкость может определяться с помощью ряда методов. Приемлемые методы описаны в Приложении А4. Для каждого метода пользователь должен различать области, образованные механизмами устойчивого распространения трещин, и области, образованные быстрым хрупким распространением трещин (механизмы неустойчивого распространения трещин). В контексте данного метода испытаний «площадь среза» состоит из тех частей поверхности излома, которые были образованы вследствие устойчивого распространения трещины (участок начала излома, «губы среза» и участок конца излома), как показано на Рис. 9.

Процент площади сдвига на поверхности излома образцов для испытания по Шарпи обычно подсчитывается, как разница между общей площадью излома (участок начала излома, «губы среза», участок неустойчивого излома и участок конца излома) и площадью области неустойчивого излома, разделенной на общую площадь излома, умноженной на 100. С помощью методов измерения, описанных в Приложении 4, оценивается площадь участка неустойчивого излома (прямо или косвенно), но не учитываются детали относительно типа излома для этого неустойчивого участка. Участок неустойчивого излома может быть 100-процентным сколом, смешением структур хрупкого и вязко-ямочного излома, структур межзеренного и вязко-ямочного излома или сочетанием иных структур излома.

ПРИМЕЧАНИЕ 8 - Углеродистые стали зачастую демонстрируют участок классического раскола, который определяет область неустойчивого излома с четко выраженным участком блестящего излома, который легко распознается и измеряется. Другие виды стали, такие как SAE 4320 после закалки и отпуска, сплавы имеют неустойчивый излом, который состоит из смеси фасеток сколов и вязких впадин (видимых только при большом увеличении). Кроме того, на некоторых видах сталей, которые становятся хрупкими, может проявиться частично межзеренной излом. В таких случаях площадь неустойчивого излома не так уж просто определить.

10. Отчет

10.1 *Значения поглощенной энергии выше 80%* диапазона шкалы являются неточными и должны регистрироваться как приблизительные. В идеале испытание на ударную вязкость следовало бы проводить при постоянной скорости удара. В испытаниях маятникового типа скорость уменьшается по мере развития излома. Для образцов, которые имеют энергии удара, приближающиеся к 80% мощности маятника, скорость маятника уменьшается (примерно до 45% начальной скорости) во время излома до такой степени, что точная величина энергии удара больше не может быть получена.



ПРИМЕЧАНИЕ 1 - Измерьте средние размеры А и В с точностью до 0,5 мм. Определите процент вязкого излома с помощью Таблиц А4.1 и А4.2.

РИС. 9 Схематическое изображение поверхности излома образца с V-образным надрезом для испытания на ударную вязкость по Шарпи, на котором показаны различные участки излома

10.2 Для промышленных приемочных испытаний сообщайте следующую информацию (для каждого испытанного образца):

- 10.2.1 Тип образца,
- 10.2.2 Размер образца (если образец не является полноразмерным),
- 10.2.3 Температуру испытания,
- 10.2.4 Поглощенную энергию и
- 10.2.5 Любые иные требования контракта.

10.3 Для непромышленных испытаний часто сообщается следующая информация в дополнение к информации п.10.2:

- 10.3.1 Расширение в поперечном направлении,
- 10.3.2 Неразломленные образцы,
- 10.3.3 Внешний вид излома (% сдвига, смотрите Примечание A4.1),
- 10.3.4 Ориентация образца и
- 10.3.5 Местоположение образца.

ПРИМЕЧАНИЕ 9 - Даже когда температура испытаний указана как комнатная температура, сообщайте фактическую температуру.

11. Точность и отклонение

11.1 В межлабораторных исследованиях использовали образцы с V-образным надрезом для испытания на ударную вязкость по Шарпи с низкой и высокой энергией, чтобы найти источники колебаний энергии, поглощенной образцами с V-образными надрезами для испытаний по Шарпи. Были включены данные 29 лабораторий, причем каждая лаборатория испытывала один комплект из пяти образцов каждого энергетического уровня. За исключением случаев ограничения только двумя энергетическими уровнями (при наличии эталонных образцов), были соблюдены положения Методики E691 для разработки и анализа данных; детали представлены в Протоколе исследования ASTM № RR: E28-1014⁵.

11.2 Точность - Представленная ниже информация о точности дана для средней величины энергии, поглощенной образцами с V-образным надрезом для испытания на ударную вязкость по Шарпи, по пяти испытаниям в каждой лаборатории для каждого материала.

Материал	Низкая энергия, Дж	Высокая энергия, Дж
Поглощенная энергия	15,9	96,2
Предел повторяемости 95%	2,4	8,3
Предел воспроизводимости 95%	2,7	9,2

Термины «предел повторяемости» и «предел воспроизводимости» используются, как определено в Методике E177. Соответствующие стандартные отклонения среди результатов испытаний могут быть получены делением вышеуказанных пределов на 2,8.

11.3 Отклонение - Отклонение не может быть определено для энергии, поглощенной образцами с V-образным надрезом для испытания на ударную вязкость по Шарпи. Физическая простота конструкции маятника усложняется сложными механизмами потери энергии в установке и образце. Поэтому не существует абсолютного стандарта, с которым можно сравнить измеренные значения.

12. Ключевые слова

12.1 испытание по Шарпи; внешний вид излома; испытание по Изоду; испытание на ударную вязкость; образцы с надрезом; маятниковая установка

⁵ Подтверждающие данные были предоставлены в Главное управление ASTM International и могут быть получены через запрос Протокола испытаний E28-1014.

ПРИЛОЖЕНИЯ

(Обязательная информация)

A1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К УСТАНОВКАМ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ НА УДАРНУЮ ВЯЗКОСТЬ

A1.1 *Каркас установки* должен быть оборудован пузырьковым уровнем или обработанной поверхностью, пригодной для выставления уровня осей подшипников маятника или, в качестве альтернативы, выравнивание осей вращения маятника может измеряться непосредственно. Установка должна быть смонтирована горизонтально в пределах 3:1000 и надежно прикреплена болтами к бетонному полу толщиной не менее 150 мм (6 дюймов) или, если это невозможно, установка должна быть прикреплена болтами к фундаменту, имеющему массу не менее чем в 40 раз больше массы маятника. Болты должны быть затянуты согласно указаниям производителя установки.

A1.2 С установкой должна поставляться *шкала или цифровой дисплей*, градуированные в градусах или единицах энергии, на которых можно определять показания с шагом в 0,25% диапазона энергии или меньше.

A1.2.1 Шкалы или цифровые дисплеи могут быть скорректированы с учётом вентиляционных потерь и потерь на трение маятника. Погрешность показаний шкалы в любой точке не должна превышать 0,2% диапазона или 0,4% показания, в зависимости от того, что больше. (Смотрите A2.3.8.)

A1.3 Общие *потери установки на трение и вентиляционные потери* во время колебания в направлении удара не должны превышать 0,75% допустимого диапазона шкалы, а потери энергии маятником на трение в индикаторном механизме не должны превышать 0,25% допустимого диапазона шкалы. Смотрите A2.3.8 для расчетов вентиляционных потерь и потерь на трение.

A1.4 *Положение маятника*, в спокойном состоянии, должно быть таким, чтобы ударник находился в пределах 2,5 мм от испытательного образца. Когда индикатор выставлен для указания нулевой энергии в свободном колебании, он должен давать показание в пределах 0,2% диапазона шкалы, когда ударник маятника удерживается напротив испытательного образца. Плоскость колебания маятника должна быть перпендикулярна поперечной оси наковальни образца для испытания по Шарпи или тискам для испытания по Изоду в пределах 3:1000.

A1.5 *Поперечный зазор маятника* возле ударника не должен превышать 0,75 мм при поперечном усилии в 4% от фактического веса маятника, приложенном в центре удара. Радиальный зазор подшипников маятника не должен превышать 0,75 мм.

A1.6 *Скорость удара* (скорость по касательной) маятника в центре удара не должна быть меньше, чем 3, и больше, чем 6 м/сек.

A1.7 *Высота центра удара* в защелкнутом положении, выше свободно подвешенного положения, должна быть в пределах 0,4% допустимого диапазона, деленного на опорную силу, измеренную, как описано в A2.3.5.1. Если вентиляционные потери и потери на трение компенсируются увеличением высоты падения, то высота падения может быть увеличена не более чем на 1%.

A1.8 *Механизм отпуска маятника* из его начального положения должен работать беспрепятственно и позволять отпускать маятник без начального толчка, задержки или боковой вибрации. Если тот же рычаг, используемый для отпуска маятника, используется также для включения тормоза, должны быть предусмотрены меры для предотвращения случайного включения тормоза.

A1.9 *Зазор образца* необходим, чтобы гарантировать удовлетворительные результаты при испытании материалов различной прочности и состава. Испытательный образец должен выходить из установки с минимальным столкновением. Основные конструкции маятников, используемых в установках для испытаний ударной вязкости по Шарпи, бывают трех видов, как показано на Рис. A1.1.

A1.9.1 При использовании маятника типа С или составного маятника, разломленный образец не будет отскакивать в маятник и замедлять его, если зазор в конце образца будет составлять по крайней мере 13

мм или если образец отклоняется от установки такими приспособлениями, которые показаны на Рис. А1.1.

А1.9.2 При использовании маятника типа U следует обеспечить средства для предотвращения отскокивания разломленного образца от маятника (смотрите Рис. А1.1), В большинстве установок с маятником типа U должны быть спроектированы и установлены стальные заслонки, соответствующие следующим требованиям: (a) толщиной приблизительно 1,5 мм, (b) с минимальной твердостью в 45 HRC (твёрдость по шкале С Роквелла), (c) радиусом меньше 1,5 мм в нижних углах и (d) расположенные так, чтобы зазор между ними и выступом маятника (как сверху, так и по бокам) не превышал 1,5 мм.

ПРИМЕЧАНИЕ А1.1 - К установкам, где проходное пространство маятника допускает зазор между концами образца (лежащими на опорах наковальни) и заслонками, и этот зазор составляет по меньшей мере 13 мм, требования (a) и (d) не применяются.

А1.10 Оборудование для испытаний по Шарпи:

А1.10.1 Должны быть предусмотрены средства (смотрите Рис. А1.2) для размещения и поддержки образцов напротив двух упоров наковальни в таком положении, чтобы центр надреза можно было расположить в пределах 0.25 мм от средней точки между наковальнями (смотрите 8.3.2).

А1.10.2 Опоры и ударник должны иметь форму и размеры, показанные на Рис. А1.2. Другие размеры маятника и опор должны быть такими, чтобы уменьшить столкновение между маятником и разбитыми образцами.

А1.10.3 Центральная ось ударника должна проходить в плоскости, которая расположена в пределах 0,40 мм от средней точки между поддерживающими краями наковален. Ударник должен быть расположен перпендикулярно продольной оси образца в пределах 5:1000. Ударник должен быть расположен параллельно в пределах 1:1000 торцу идеально квадратного испытательного образца, удерживаемого напротив наковальни.

А1.11 Оборудование для испытаний по Изоду:

А1.11.1 Должны быть предусмотрены средства (смотрите Рис. А1.3) для зажимания образца в таком положении, чтобы лицевая сторона образца была параллельна ударнику в пределах 1:1000. Губы зажимающих поверхностей должны иметь зубцы под углом $90 \pm 1^\circ$ с радиусами меньше 0,40 мм. Зажимающие поверхности должны быть гладкими с шероховатостью 2 цм (R_a) или выше, и должны прочно зажимать образец у надреза с усилием зажима, прилагаемым в направлении удара. Для прямоугольных образцов зажимающие поверхности должны быть плоскими в диапазоне 0,025 мм. Для цилиндрических образцов зажимающие поверхности должны иметь контур, подходящий к образцу, и каждая поверхность должна соприкасаться минимально с $\pi/2$ рад. (90°) окружности образца.

А1.11.2 Размеры ударника и его положение относительно зажимов образца должно быть таким, как показано на Рис. А1.3.

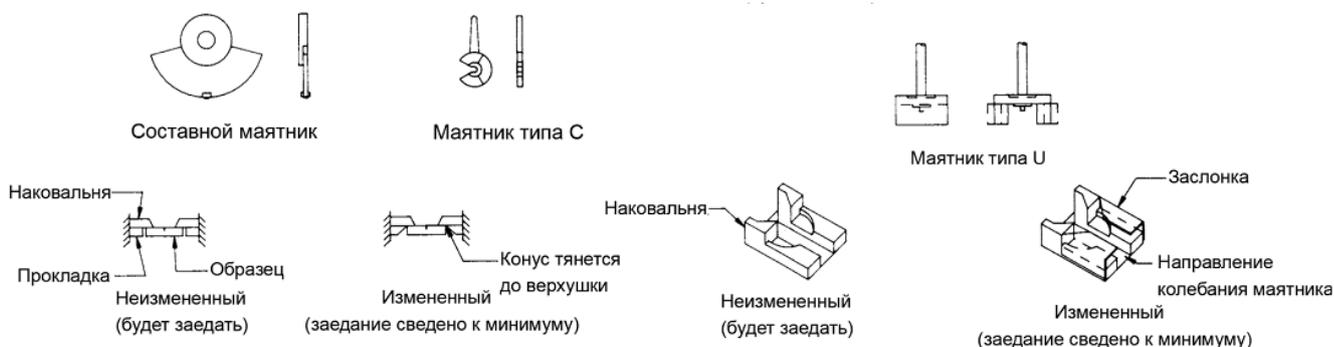
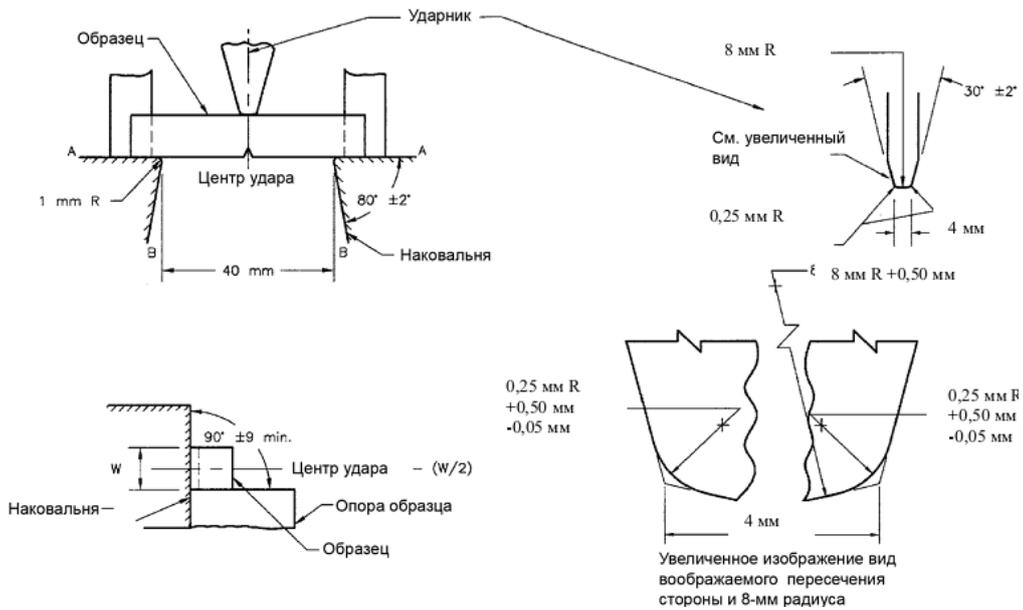


РИС. А1.1 Стандартные маятники и наковальни для установок для испытания ударной вязкости по Шарпи, изображенные с изменениями для уменьшения заедания

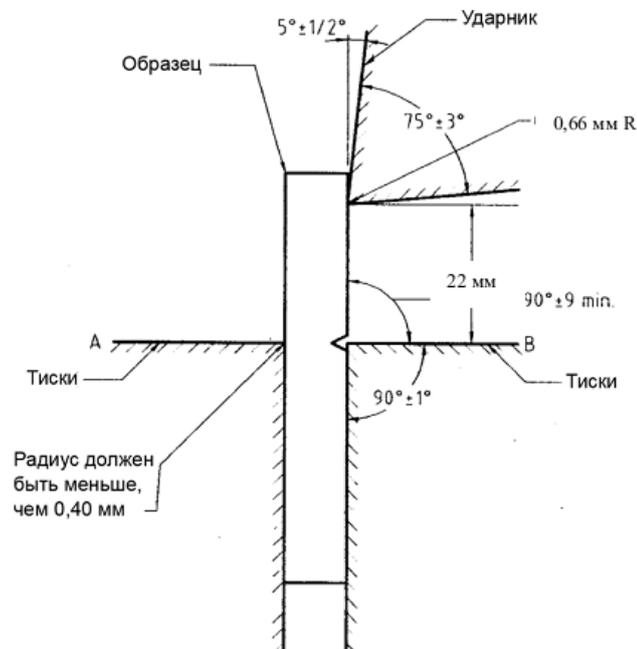


ПРИМЕЧАНИЕ 1 - Наковальни должны быть изготовлены с шероховатостью поверхности 0,1 цм или более на поверхностях А и В выше опор наковальни в сборке на установке.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 - Ударник должен быть изготовлен с шероховатостью поверхности 0,1 цм или более по переднему радиусу и по обеим сторонам.

ПРИМЕЧАНИЕ 3 - Все допуски на размеры должны быть ± 0,05 мм, если не оговорено иное.

РИС. А1.2 Ударник Шарпи



ПРИМЕЧАНИЕ 1 - Все допуски на размеры должны быть ± 0,05 мм, если не оговорено иное.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 - Зажимающие поверхности А и В должны быть плоскими и параллельными в пределах 0,025 мм.

ПРИМЕЧАНИЕ 3 - Шероховатость поверхности ударника и тисков должна быть 2 мкм (Ra).

ПРИМЕЧАНИЕ 4 - Ширина ударника должна быть больше, чем ширина испытываемого образца.

РИС. А1.3 Испытание на ударную вязкость по Изоду (с консольной балкой)

A2 ПОВЕРКА МАЯТНИКОВЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ НА УДАРНУЮ ВЯЗКОСТЬ

A2.1 *Поверка маятниковых установок для испытаний на ударную вязкость состоит из двух частей:* прямая поверка, которая состоит из инспекции установки, для гарантирования того, что выполняются требования этого приложения и приложения 1, а также косвенная поверка, которая подразумевает испытание поверочных образцов.

A2.1.1 Установки для испытаний по Изоду поверяются ежегодно только посредством прямой поверки.

A2.1.2 Установки для испытаний ударной вязкости по Шарпи должны проверяться ежегодно прямым и косвенным методом. Данные действительны, только если они получены в течение 365 дней после даты самых последних успешных поверочных испытаний. Установки для испытаний ударной вязкости по Шарпи должны также проверяться непосредственно после замены частей, которые могут повлиять на измеряемую энергию, после ремонтов или регулировки, после того, как они перемещались или при наличии любой причины для сомнений в точности результатов, независимо от промежутка времени. Эти ограничения включают случаи, когда части, которые могут повлиять на измеряемую энергию, вынимаются из машины, а затем снова устанавливаются без изменения (за исключением случаев, когда ударник или наковальни вынимаются, чтобы позволить использование другого ударника или комплекта наковален, а затем устанавливаются снова, смотрите A.2.1.3). Не предполагается, что детали, не подвергающиеся износу (такие как маятник и линейность шкалы), должны проверяться прямым методом каждый год, если нет явной проблемы. Только позиции, перечисленные в A2.2, требуют ежегодной проверки. Другие части установки должны проверяться прямым методом как минимум один раз, при вводе новой установки в эксплуатацию или замене запчастей.

A2.1.3 Установки для испытания ударной вязкости по Шарпи не требуют немедленной косвенной проверки после изъятия и замены ударника или наковальни, или и того и другого, которые были смонтированы на установке, когда она проверялась, при условии, что применяются следующие меры безопасности: (1) разработана и выполняется организационная процедура по замене, (2) высокопрочные образцы для контроля качества с низкой энергией, (смотрите A2.4.1.1 для руководства по диапазону энергии разрыва для этих образцов) испытываются до изъятия и сразу же после установки предварительно проверенного ударника и наковальни, или и того и другого, в течение 365 дней промежутка между поверками, (3) результаты образцов для контроля качества до и после испытаний находятся в пределах 1,4 джоуля друг от друга, (4) результаты сравнений заносятся в журнал регистрации и (5) перед прикреплением ударника и наковальни осуществляется визуальный контроль на износ и проверка размеров, для гарантии соответствия требованиям к допускам Рис. A1.2. Использование сертифицированных образцов для испытания на ударную вязкость не требуется, и допускаются внутризаводские образцы для контроля качества.

A2.2 Прямая поверка частей, требующих ежегодной инспекции:

A2.2.1 Проверьте опоры образца, наковальни и ударник и замените любые из этих частей, на которых появились признаки износа. Для распознавания разницы между отработанными и неотработанными участками этих деталей можно использовать поверочную линейку или радиусный шаблон, чтобы помочь установить изношенное состояние (смотрите Примечание A2.1).

ПРИМЕЧАНИЕ A2.1 - Для измерения радиусов наковальни или ударника рекомендуется сделать шаблон (отливку) интересующей области и измерить поперечное сечение шаблона. Это можно выполнить, когда наковальня и ударник находятся в установке или извлечены из нее. Сделайте перегородку из картона и приклейте липкой лентой вокруг интересующей области, затем залейте состав с низкой усадкой в перегородку (хорошо подходят составы из кремнийорганического каучука). Дайте отливке затвердеть, снимите перегородку и лезвием срежьте тонкое сечение с интересующей области. Используйте эти сечения для измерения радиусов на оптических компараторах или других приборах.

A2.2.2 Убедитесь, что болты, которыми наковальни и ударник крепятся к установке, затянуты согласно спецификациям производителя.

A2.2.3 Проверьте, чтобы заслонки, если они применяются, были установлены должным образом (смотрите A1.9.2).

A2.2.4 Механизм отпускания маятника, который отпускает маятник из его начального положения, соответствует A1.8.

A2.2.5 Проверьте уровень машины в обоих направлениях (смотрите A1.1).

A2.2.6 Проверьте, чтобы болты основания были затянуты согласно спецификациям производителя.

ПРИМЕЧАНИЕ A2.2 - Для основания следует использовать расширительные болты и крепежные детали со вставленными вкладышами. Эти крепежные детали будут развинчиваться и/или затягиваться по отношению к нижней части установки, указывая ложное высокое значение крутящего момента, когда болты затянуты.

A2.2.7 Проверьте указатель нуля и потери установки на трение, как описано в 8.1.

A2.3 Прямая проверка частей, которые должны проверяться по крайней мере один раз:

A2.3.1 Наковальни и опоры испытаний по Шарпи или тиски для испытаний по Изоду должны соответствовать размерам, показанным на Рис. A1.2 или Рис. A1.3.

ПРИМЕЧАНИЕ A2.3 - Установка для испытаний на ударную вязкость будет неточной постольку, поскольку некоторая часть энергии используется в деформации или перемещении ее составных частей или установки целиком; эта энергия будет регистрироваться, как использованная на разлом образца.

A2.3.2 Ударник должен соответствовать размерам, показанным на Рис A1.2 или Рис. A1.3. Установочные поверхности должны быть чистыми и без дефектов, которые могут помешать хорошему прилеганию. Проверьте, чтобы ударник соответствовал A1.10.3 (для испытаний по Шарпи) или A1.11.1 (для испытаний по Изоду).

A2.3.3 Центрирование маятника должно соответствовать A1.4 и A1.5. Если боковой люфт в маятнике или радиальный люфт в подшипниках превышает указанные пределы, отрегулируйте или замените подшипники.

A2.3.4 *Определение центра удара* - Для установок для испытаний по Шарпи центр удара маятника определяется с помощью образца половинной ширины (10x5x55 мм) в положении испытания. Когда ударник касается образца, линия, проведенная вдоль верхнего края образца на ударнике, укажет центр удара. Для установок для испытаний по Изоду центром удара может считаться линия соприкосновения, когда маятник приводится в соприкосновение с образцом в нормальном положении испытания.

A2.3.5 *Определение потенциальной энергии* - Когда центр удара маятника совпадает с радиальной линией от оси подшипников маятника (в данном документе называется осью вращения) к центру тяжести (смотрите Приложение X2), применяется следующая процедура. Если центр удара находится на расстоянии более чем 1,0 мм от этой линии, следует произвести соответствующую корректировку в A2.3.8.1 и A2.3.9 в высотной отметке центра удара так, чтобы установленные или измеренные высотные отметки соответствовали тем, какими они были бы, если бы центр удара был на этой линии. Потенциальная энергия системы равняется высоте, с которой падает маятник, как определено в A2.3.5.2, умноженной на реакцию опоры, как определено в A2.3.5.1.

A2.3.5.1 Чтобы измерить опорное усилие, поддержите маятник в горизонтальном положении в пределах 15:1000 с помощью двух опор, одна на подшипниках (или центре вращения), а другая в центре удара на ударнике (смотрите Рис. A2.1). Затем расположите опору у ударника, чтобы воздействовать на какой-нибудь подходящий прибор для измерения веса, такой как платформенные весы или балансир, и определите вес до 0,4%. Позаботьтесь о том, чтобы уменьшить трение в каждой точке опоры. Установите контакт с ударником посредством круглого стержня, пересекающего центр удара. Опорное усилие является показанием шкалы минус вес опорного стержня и любой прокладки, которая может быть использована для поддержания маятника в горизонтальном положении.

A2.3.5.2 Определите высоту падения маятника на соответствие требованиям A1.7. В установках для испытаний по Шарпи определите высоту от верхнего края образца половинной ширины (или центра об-

разца полной ширины) до поднятого положения центра удара с точностью до 0,1%. В установках по Изоду определите высоту от расстояния 22,66 мм над тисками до положения отпускания центра удара с точностью до 0,1%. Высоту можно определить прямым измерением отметки высоты центра удара или расчетом по изменению угла маятника с помощью следующих формул (смотрите Рис. A2.1):

$$h = S(1 - \cos \beta) \quad (A2.1)$$

$$h = S(1 - \cos(\alpha)) \quad (A2.2)$$

где:

h = начальный подъем ударника, м,

S = длина расстояния маятника до центра удара, м,

β = угол падения,

h_1 = высота подъема, м и

α = угол подъема.

A2.3.6 Определите скорость ударной нагрузки, v , установки, пренебрегая трением, с помощью следующего уравнения:

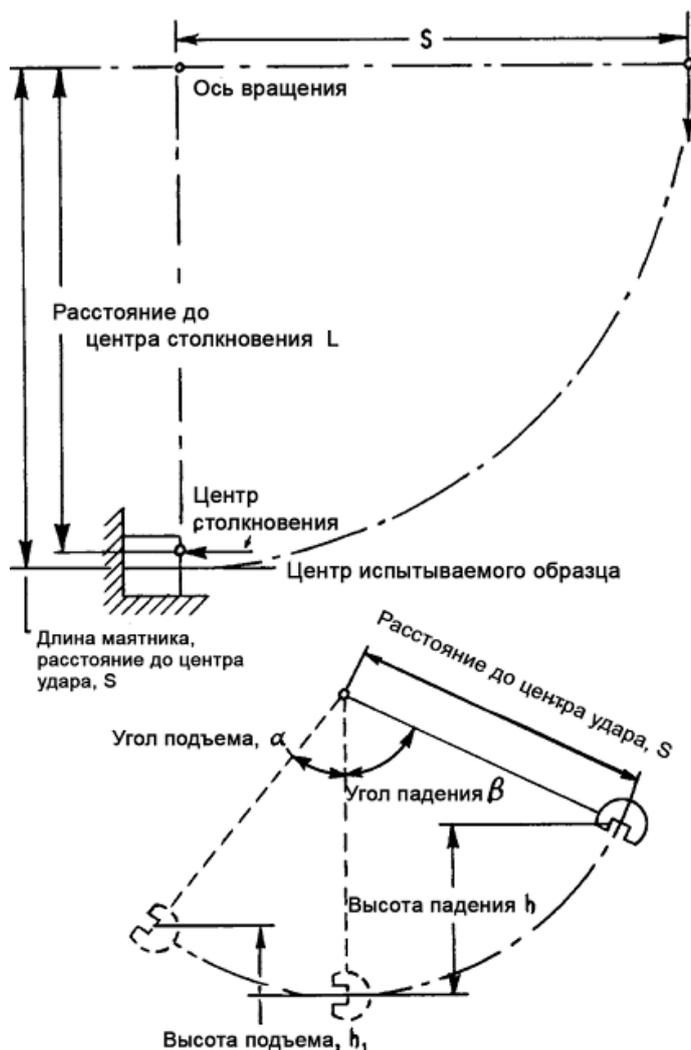


РИС. A2.1 Размеры для вычислений

$$v = \sqrt{2gh} \quad (\text{A2.3})$$

где:

v = скорость, м/с,

g = ускорение свободного падения, 9,81 м/с² и

h = начальный подъем ударника, м.

A2.3.7 Центр столкновения должен быть в точке в пределах 1% расстояния от осей вращения до центра удара в образце для обеспечения передачи минимального усилия к точке вращения. Определите положение центра столкновения следующим образом:

A2.3.7.1 С помощью секундомера или какого-либо иного подходящего прибора для измерения времени, способного измерять время до 0,2 сек., качните маятник на весь угол не более 15° и зафиксируйте время за 100 полных колебаний (туда и обратно). Тогда время движения маятника будет временем, затраченным на 100 колебаний, деленным на 100.

A2.3.7.2 Определите центр столкновения с помощью следующего уравнения:

$$L = \frac{gp^2}{4\pi^2} \quad (\text{A2.4})$$

где:

L = расстояние от оси до центра столкновения, м,

g = местное ускорение свободного падения (точность до одной тысячной), м/с², $g = 9,81416$ и

p = время полного колебания (туда и обратно), с.

A2.3.8 *Определение потерь на трение* - Потери энергии маятника на трение и сопротивление воздуха в записывающем устройстве, если они не откорректированы, будут включены в потери энергии, относящиеся к разлому образца и могут привести к чрезвычайно высоким измерениям поглощенной энергии. Для установок, регистрирующих показания в градусах, потери на трение обычно не компенсируются производителем установки, в то время, как в установках, регистрирующих показания непосредственно в единицах энергии, они обычно компенсированы увеличением стартовой высоты маятника. Определите потери энергии при трении следующим образом:

A2.3.8.1 При отсутствии образца в установке и с индикатором, выставленным на максимальное показание энергии отпустите маятник из стартового положения и зафиксируйте указанное значение энергии. Это значение должно показывать нулевую энергию, если потери на трение скорректированы производителем. Теперь медленно поднимите маятник как раз до его соприкосновения с указателем на значении, полученном при свободном качании. Закрепите маятник на этой высоте и определите вертикальное расстояние от центра удара до верхушки образца половинной ширины, помещенного на опоры образца в пределах 0,1 % (смотрите A2.3.5). Определите величину опорного усилия, как в A2.3.5.1, и умножьте на это вертикальное расстояние. Разница этого значения и начальной потенциальной энергии будет полной энергией потерь в маятнике и индикаторе вместе.

Не устанавливая индикатор в исходное положение, повторно отпустите маятник из его начального положения, пока стрелка не покажет, что нет дальнейшего движения. Потери энергии, определенные конечным положением стрелки происходят только из-за маятника. Потери энергии на трение только в указателе в этом случае являются разностью суммы потерь указателя и маятника и потерь только в маятнике.

A2.3.9 Следует проверить точность показывающего измерительного механизма, чтобы убедиться, что он дает показания во всем диапазоне (смотрите A1.2.1). Проверьте его по делениям шкалы, соответствующим приблизительно, 0, 10, 20, 30, 50 и 70% каждого диапазона. С ударником, помеченным для

указания центра удара, поднимите маятник и установите его в положение, где указатель показывает, например, 13 Дж. Закрепите маятник на этой высоте и определите вертикальное расстояние от центра удара до верхушки образца половинной ширины, помещенного на опоры образца в пределах 0,1 % (смотрите A2.3.5). Определите остаточную энергию, умножая высоту центра удара на силу реакции опоры, как описано в A2.3.5.1. Увеличьте это значение на полные потери от трения и вентиляционные потери для свободного колебания (смотрите A2.3.8.1), умноженные на отношение угла колебания маятника от защелки до определяемого значения энергии к углу колебания маятника от защелки до нулевого показания энергии. Вычтите сумму остаточной энергии и пропорциональных потерь на трение и сопротивление воздуха из потенциальной энергии в защелкнутом положении (смотрите A2.3.5). Указатель должен соответствовать энергии, рассчитанной в пределах A1.2.1. Сделайте подобные расчеты в других точках шкалы. Индикаторный измерительный механизм не должен проскакивать или возвращаться назад с маятником. Проведите пробные колебания с различных высот, чтобы визуально проверить работу стрелки на нескольких участках шкалы.

ПРИМЕЧАНИЕ A 2.4 - Измерительные приборы, которые показывают величины в градусах, следует проверять с помощью вышеуказанной методики. Показания шкалы в градусах должны переводиться в показания в энергии с помощью формулы перевода или таблицы, используемой обычно в испытаниях. Таким образом, формулу или таблицу также можно проверить на предмет корректировки на трение и вентиляционные потери.

A2.4 Косвенная проверка:

A2.4.1 Косвенная проверка требует испытания образцов с подтвержденными значениями, чтобы проверить точность установок для испытаний на ударную вязкость по Шарпи.

A2.4.1.1 Проверка образцов с подтвержденными значениями производится на низких (от 13 до 20 Дж), высоких (от 88 до 136 Дж) и сверхвысоких (от 176 до 244 Дж) уровнях энергии. Для соответствия этим проверочным требованиям, среднее значение, определенное для комплекта проверочных образцов на каждом проверенном энергетическом уровне, должно соответствовать подтвержденным значениям проверочных образцов в пределах 1,4 Дж (1,0 фунт-сила-фут) или 5,0 %, в зависимости от того, что больше.

A2.4.1.2 Исходные значения для проверочных образцов должно быть установлено на трех эталонных установках, которые принадлежат, обслуживаются и управляются Национальным институтом стандартов и технологий США в Боулдер, Колорадо.

A2.4.2 Проверенный диапазон установок для испытаний на ударную вязкость по Шарпи описан в отношении испытанных на установке образцов с самой низкой и самой высокой энергией. Эти значения определены из испытаний на комплекте проверочных образцов на двух или более уровнях поглощенной энергии, за исключением случая, когда установка Шарпи имеет максимальную мощность, которая слишком мала для испытания двух уровней энергии. В этом случае, для косвенной проверки может использоваться один уровень поглощенной энергии.

A2.4.3 Определите используемый диапазон установки для испытаний на ударную вязкость перед испытанием проверочных образцов. Используемый диапазон установки для испытаний на ударную вязкость зависит от разрешающей способности шкалы или считывающего устройства на нижнем конце и мощности установки на верхнем конце.

A2.4.3.1 Разрешающая способность шкалы или считывающего устройства устанавливает нижний предел используемого диапазона для установки. Нижний предел равняется 25-кратной разрешающей способности шкалы или считывающего устройства при 15 Дж.

ПРИМЕЧАНИЕ A2.5 - На аналоговых шкалах разрешающая способность является наименьшим изменением энергии, которое можно различить на шкале. Это обычно от $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{5}$ разности между двумя смежными делениями на шкале при уровне энергии 15 Дж.

ПРИМЕЧАНИЕ A2.6 - Цифровые показания обычно связаны с такими приборами, как цифровые кодирующие устройства с фиксированным угловым разрешением. Разрешающая способность такого типа считывающих устройств - это наименьшая разница в энергии, которая может постоянно измеряться в области энергии 15 Дж. Разрешающая способность такого типа устройств, как правило, не является изменением последней цифры, изображенной на дисплее, потому что разрешение - это функция углового положения маятника и изменений на протяжении

всего колебания. Для приборов, которые включают проверочный режим, в котором имеется реальное показание поглощенной энергии, маятник можно медленно передвигать в области 15 Дж, чтобы увидеть наименьшее изменение в считывающем устройстве (разрешение).

A2.4.3.2 Верхний предел используемого диапазона установки равняется 80% ее мощности.

A2.4.4 Следует испытывать только поверочные образцы, которые находятся в эффективном диапазоне установки для испытаний на ударную вязкость. Для проверки установки в ее полном эффективном диапазоне испытайте самый низкий и самый высокий уровни энергии серийно выпускаемых поверочных образцов, которые находятся в используемом диапазоне машин. Если отношение самого высокого и самого низкого подтвержденного испытанного значения больше, чем четыре, требуется испытание третьего комплекта образцов с промежуточной энергией (если образцы доступны для приобретения).

ПРИМЕЧАНИЕ A2.7 - Используйте верхнюю границу диапазона энергии, данную для поверочных образцов низкого, высокого и сверхвысокого уровня (20, 136 и 244 Дж соответственно), чтобы определить самый высокий энергетический уровень поверочных образцов, который может быть испытан. Поочередно используйте нижний предел диапазона энергии, предусмотренный для поверочных образцов с целью определения минимального уровня энергии для испытания.

A2.4.4.1 Если поверочные образцы с низкой энергией не были испытаны (испытаны только с высокой и сверхвысокой), нижним пределом поверенного диапазона будет половинное значение энергии испытанного поверочного комплекта с самой низкой энергией.

ПРИМЕЧАНИЕ A2.8 - Например, если подтвержденное значение испытанных образцов с высокой энергией было 100 Дж, нижний предел будет составлять 50 Дж.

A2.4.4.2 Если поверочные образцы самой с высокой энергией, имеющиеся в наличии для данной мощности установки для испытаний по Шарпи, не были испытаны, то верхнее значение поверенного диапазона будет равно 1,5-кратному подтвержденному значению испытанных образцов с самой высокой энергией.

ПРИМЕЧАНИЕ A2.9 - Например, если испытываемая установка имеет максимальную мощность 325 Дж и были испытаны только образцы с низкой и высокой энергией, верхняя граница поверенного диапазона будет 150 Дж (100 Дж * 1,5 = 150 Дж), допуская, что испытанные образцы с высокой энергией имели подтвержденное значение 100 Дж. Для поверки этой установки по всему диапазону следовало бы испытать образцы с низкой, высокой и сверхвысокой энергией, потому что поверочные образцы со сверхвысокой энергией могут испытываться на установке мощностью 325 Дж (80% от 325 Дж составляют 260 Дж, а подтвержденное значение образцов со сверхвысокой энергией никогда не превышает 260 Дж). Смотрите Таблицу A2.1.

ТАБЛИЦА A2.1 Поверенные диапазоны для различной мощности установок и испытанных поверочных образцов^A

Мощность установки, Дж	Разрешение, Дж	Эффективный диапазон, Дж	Испытанные поверочные образцы			Поверенный диапазон, Дж
			С низкой энергией	С высокой энергией	Со сверх-высокой энергией	
80	0,10	от 2,5 до 64	X	от 2,5 до 64
160	0,20	от 5,0 до 128	X	X	...	от 5,0 до 128
325	0,25	от 6,25 до 260	X	X	X	от 6,25 до 260
400	0,30	от 7,5 до 320	...	X	X	от 50 до 320
400	0,15	от 3,75 до 320	X	X	...	от 3,75 до 150
400	0,15	от 3,75 до 320	X	X	X	от 3,75 до 320

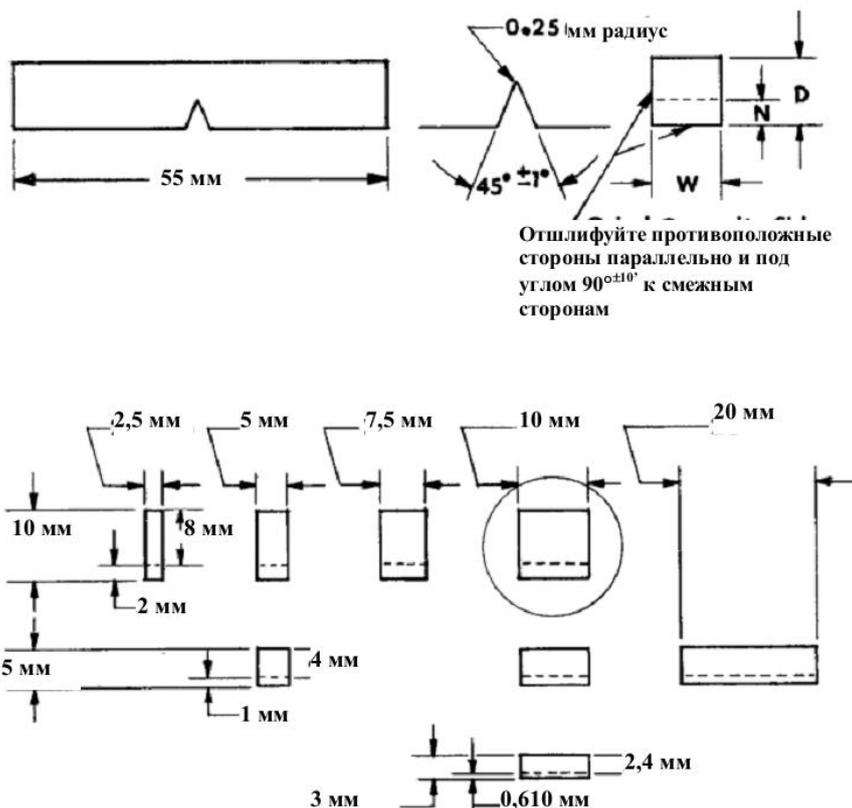
^AВ этих примерах предполагается, что поверочные образцы с высокой энергией имеют подтвержденное значение 100 Дж.

А3. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ КОНФИГУРАЦИИ ОБРАЗЦОВ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ НА УДАРНУЮ ВЯЗКОСТЬ

А3.1 Малогабаритные образцы - Когда количество имеющегося материала не позволяет изготовить стандартные образцы для испытания на ударную вязкость, изображенные на Рис. 1 и 2, можно использовать меньшие образцы, но результаты, полученные на образцах различных размеров, нельзя сравнивать напрямую (Х1.3). Когда необходимы или оговорены образцы по Шарпи, отличные от стандартных, рекомендуется выбирать их из числа тех, которые изображены на Рис. А3.1.

А3.2 Дополнительные образцы - Для экономии в подготовке испытательных образцов, для испытания с консольной балкой иногда используются специальные образцы круглого или прямоугольного сечения. Они изображены на Рис. А3.2 и А3.3 как Образцы X, Y и Z. Образец Z иногда называют образцом Филпота по имени изобретателя. Для твердых материалов обработка плоской поверхности, по которой ударяет маятник, иногда опускается. Типы Y и Z требуют иных тисков, чем показанные на Рис. А1.3, каждая половинка которых имеет полуцилиндрическое углубление, тесно прилегающая к зажатой части образца. Как отмечалось ранее, результаты не могут достоверно сравниваться с теми, которые получены с использованием образцов других размеров или форм.

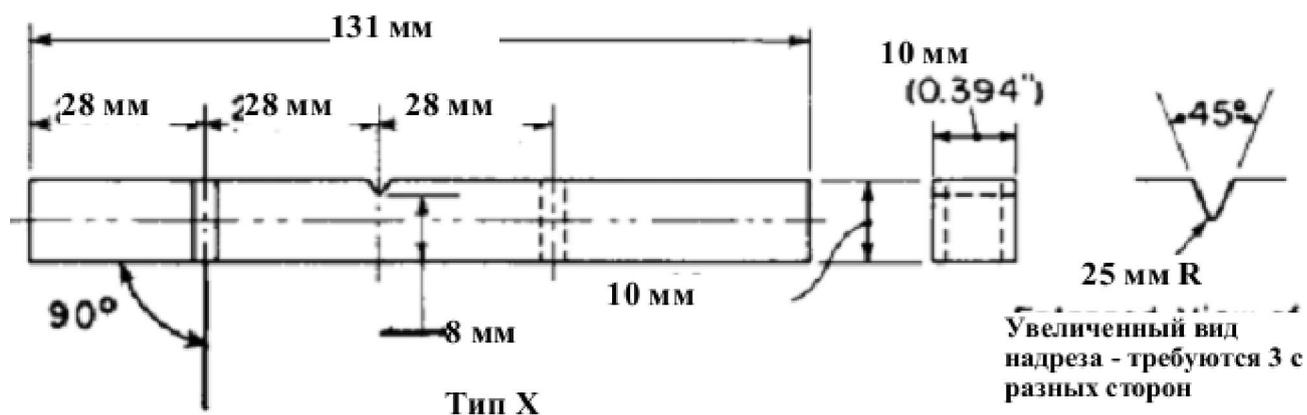
На малогабаритных образцах длина, угол надреза и радиус надреза являются постоянными величинами (смотрите Рис. 1); глубина (D), глубина надреза (N) и ширина (W) изменяются, как показано ниже.



ПРИМЕЧАНИЕ 1 - Обведенный кругом образец является стандартным (смотрите Рис. 1). ПРИМЕЧАНИЕ 2 - Допустимые отклонения следующие:

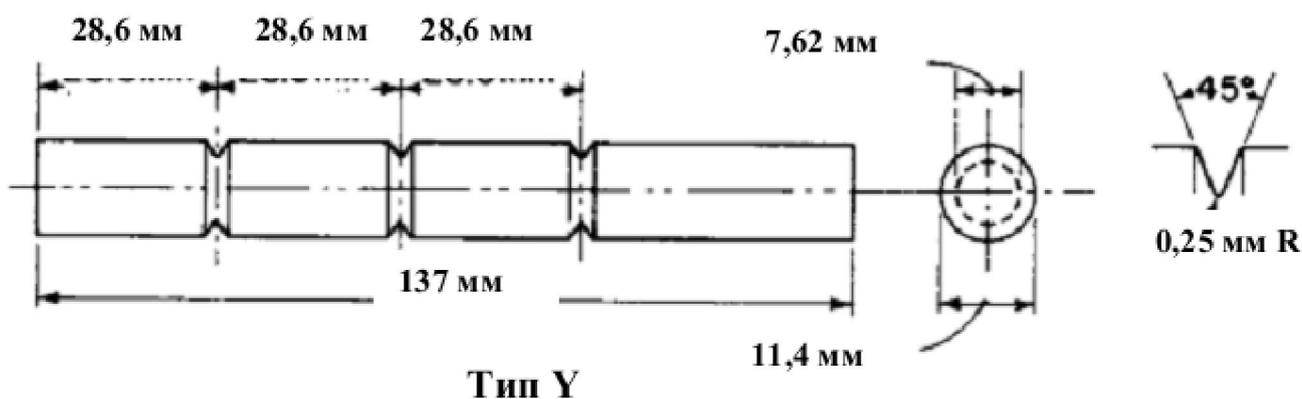
Размеры поперечного сечения	± 1% или ± 0,075 мм, в зависимости от того, что меньше
Радиус надреза	± 0,025 мм
Глубина надреза	± 0,025 мм
Требования к отделке	2 мкм на надрезанной поверхности и противоположном торце; 4 мкм на двух других поверхностях

РИС. А3.1 Нестандартные (Тип А) образцы для испытания на ударную вязкость по Шарпи (простая балка)



ПРИМЕЧАНИЕ 1 - Допустимые отклонения для образцов типа X:

Перпендикулярность оси надреза	$\pm 2^\circ$
Смежные (90°) стороны должны быть	± 10 мин.
Длина соединения	$\pm 0,025$ мм

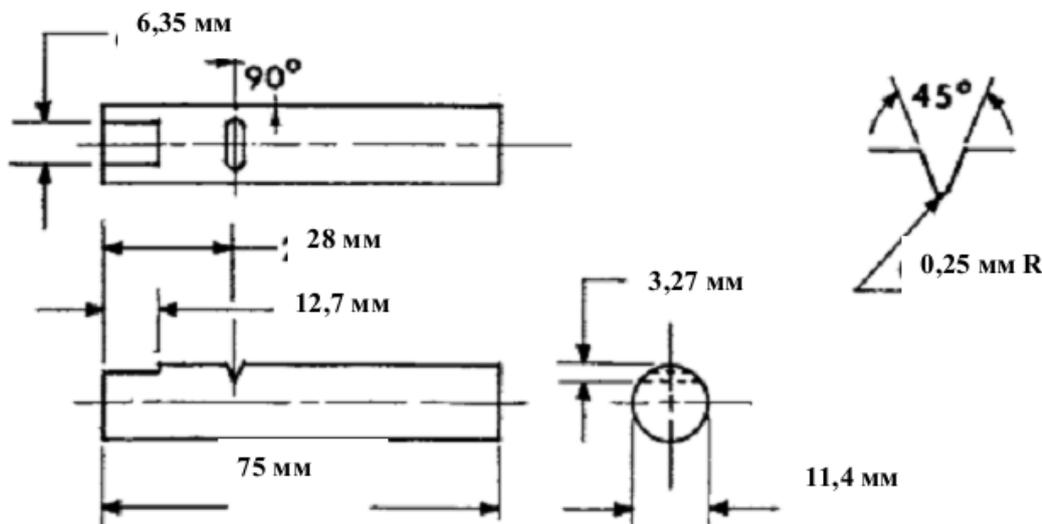


ПРИМЕЧАНИЕ 2 – Допустимые отклонения для обоих образцов:

Размеры поперечного сечения	$\pm 0,025$ мм
Продольные размеры	$\pm 0, -2,5$ мм
Угол надреза	$\pm 1^\circ$
Радиус надреза	$\pm 0,025$ мм
Диаметр надреза образца типа Y	$\pm 0,025$ мм

РИС. А3.2 Образцы для испытания на ударную вязкость по Изоду (консольная балка), Типы X и Y

Плоская поверхность должна быть параллельна продольной оси образца и должна быть параллельна основанию надреза в пределах 2:1000.



Тип Z

ПРИМЕЧАНИЕ 1 - Допустимые отклонения должны быть следующими:

Перпендикулярность между длиной надреза и продольной осевой линией	$90 \pm 2^\circ$
Размеры поперечного сечения	$\pm 0,025$ мм
Длина образца	$\pm 0, -2,5$ мм
Угол надреза	$\pm 1^\circ$
Радиус надреза	$\pm 0,025$ мм
Глубина надреза	$\pm 0,025$ мм

РИС. А3.3 Образцы для испытания (Филпот) на ударную вязкость по Изоду (консольная балка), Тип Z

А4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОПОРЦИИ ПОВЕРХНОСТИ ВЯЗКОГО ИЗЛОМА

А4.1 Эти методы оценки внешнего вида излома основаны на той концепции, что 100% вязкого (устойчивого) излома происходит выше диапазона переходной температуры, а хрупкий неустойчивый излом имеет место ниже этого диапазона, как показывают данные измерительных приборов для определения ударной вязкости по Шарпи на Рис. А4.1 (см. также Метод испытаний E2298). Данный процесс измерения сдвига был разработан для углеродистых сталей, которые подвергаются переходу от пластического к хрупкому разрушению, результатом чего на поверхности образца появляется четко выраженный участок хрупкого излома (неустойчивого).

В диапазоне переходной температуры излом начинается у основания надреза путем разрыва волокон. На небольшом расстоянии от надреза неустойчивый рост трещины (F_{bf}) происходит по мере того, как механизм излома меняется на механизм смешанного изменения или скола, или другой тип излома с низкой энергией, что часто приводит к появлению четких радиальных следов в центральной части образца (указывающих на быстрый неустойчивый излом). Через несколько микросекунд неустойчивый рост трещины приостанавливается (F_a). Окончательный излом происходит на оставшемся соединении и по бокам образца устойчивым способом. Когда по бокам образуются образцы губы среза, на оставшемся соединении происходит разлом. В идеальном случае, «рамка» волокнистого «вязкого» (устойчивого) излома окружает сравнительно плоскую область хрупкого разрушения.

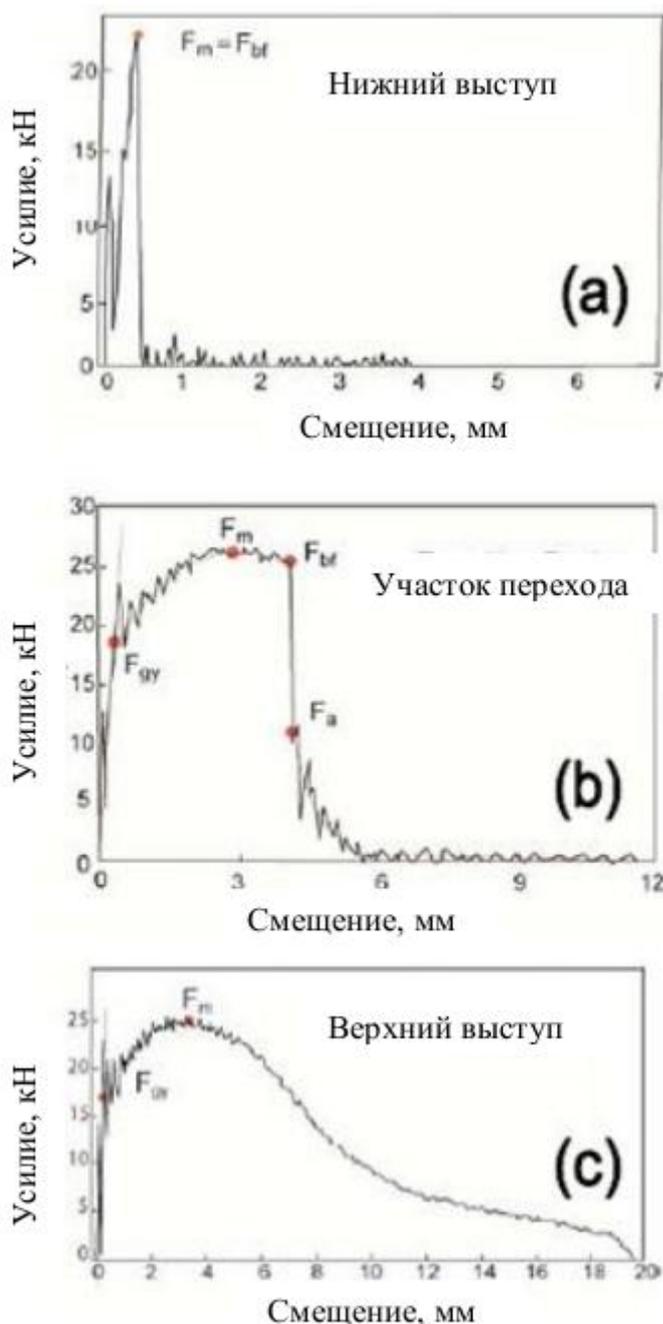


РИС. А4.1 Данные, полученные с приборов для испытания ударной вязкости по Шарпи, показывающие поведение стали на участках (а) нижнего выступа, (b) перехода и (с) верхнего выступа.

Обозначения определяются следующим образом: (1) F_{gy} , общее выходное усилие, (2) F_m , максимальное усилие, (3) F_{bf} , усилие в начале распространения неустойчивой трещины, и (4) F_a , усилие в конце распространения неустойчивой трещины (задерживающее усилие).

Пять методов, использованных ниже, могут применяться для определения процентного отношения устойчивого излома на поверхности образца для испытания на ударную вязкость. Рекомендуется, чтобы пользователь количественно охарактеризовал тип излома плоской области излома и предоставил описание того, как проводились измерения сдвига. Методы сгруппированы в порядке возрастания точности. Если образец не разделяется на две половинки во время испытания на ударную вязкость и разрушение

происходит без признаков неустойчивого роста трещины, то вязкий излом может рассматриваться как 100%-ный и образец следует считать неразломленным.

ПРИМЕЧАНИЕ А4.1 - Оценки (пять американских компаний, 1990г.) циклических данных относительно процента сдвига для пяти видов стали 8219 после закалки и отпуска и четырех микролегированных видов стали 1040 показали следующее: (1) результаты с использованием метода А4.1.1 систематически недооценивали процентное смещение (по сравнению с методом А4.1.4), (2) погрешность при использовании метода А4.1.2 была случайной и (3) стандартное отклонение в независимых измерениях с помощью метода А4.1.4 было порядка от 5 до 10% для микролегированных видов стали 1040.

А4.1.1 Измерьте длину и ширину участка неустойчивого разрушения поверхности излома, как показано на Рис. 9, и определите процент сдвига либо по Таблице А4.1, либо А4.2 в зависимости от единиц измерения.

А4.1.2 Сравните внешний вид излома образца с картой внешнего вида излома, такой, как показана на Рис. А4.2.

А4.1.3 Увеличьте поверхность излома и сравните ее с предварительно калиброванной прозрачной палеткой или измерьте процент сдвига с помощью планиметра.

А4.1.4 Сфотографируйте поверхность излома при соответствующем увеличении и измерьте процент вязкого излома с помощью планиметра.

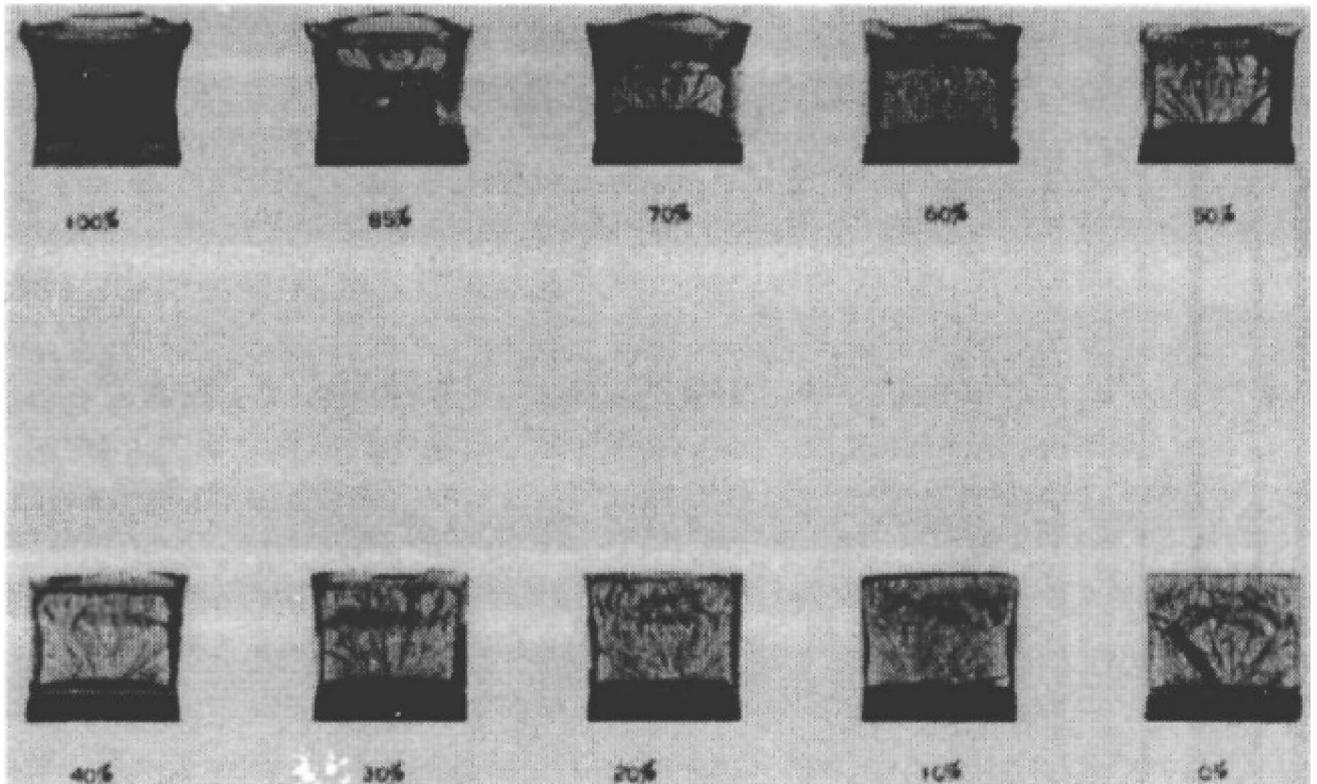
А4.1.5 Запишите цифровое изображение поверхности излома и измерьте процент вязкого излома с помощью программы анализа изображения.

ТАБЛИЦА А4.1 Процент сдвига для измерений, выполненных в миллиметрах

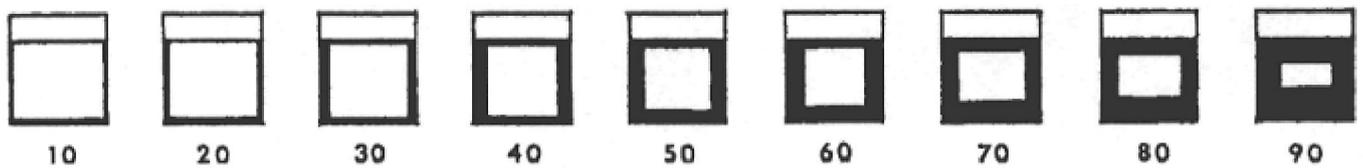
Размер В, мм	Размер А, мм																			
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10	
1.0	99	98	98	97	96	96	95	94	94	93	92	92	91	91	90	89	89	88	88	
1.5	98	97	96	95	94	93	92	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	
2.0	98	96	95	94	92	91	90	89	88	86	85	84	82	81	80	79	77	76	75	
2.5	97	95	94	92	91	89	88	86	84	83	81	80	78	77	75	73	72	70	69	
3.0	96	94	92	91	89	87	85	83	81	79	77	76	74	72	70	68	66	64	62	
3.5	96	93	91	89	87	85	82	80	78	76	74	72	69	67	65	63	61	58	56	
4.0	95	92	90	88	85	82	80	77	75	72	70	67	65	62	60	57	55	52	50	
4.5	94	92	89	86	83	80	77	75	72	69	66	63	61	58	55	52	49	46	44	
5.0	94	91	88	85	81	78	75	72	69	66	62	59	56	53	50	47	44	41	37	
5.5	93	90	86	83	79	76	72	69	66	62	59	55	52	48	45	42	38	35	31	
6.0	92	89	85	81	77	74	70	66	62	59	55	51	47	44	40	36	33	29	25	
6.5	92	88	84	80	76	72	67	63	59	55	51	47	43	39	35	31	27	23	19	
7.0	91	87	82	78	74	69	65	61	56	52	47	43	39	34	30	26	21	17	12	
7.5	91	86	81	77	72	67	62	58	53	48	44	39	34	30	25	20	16	11	6	
8.0	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0	

ТАБЛИЦА А4.2 Процент сдвига для измерений, выполненных в дюймах

Размер В, дюйм	Размер А, дюйм																	
	0.05	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38	0.40	
0.05	98	96	95	94	94	93	92	91	90	90	89	88	87	86	85	85	84	
0.10	96	92	90	89	87	85	84	82	81	79	77	76	74	73	71	69	68	
0.12	95	90	88	86	85	83	81	79	77	75	73	71	69	67	65	63	61	
0.14	94	89	86	84	82	80	77	75	73	71	68	66	64	62	59	57	55	
0.16	94	87	85	82	79	77	74	72	69	67	64	61	59	56	53	51	48	
0.18	93	85	83	80	77	74	72	68	65	62	59	56	54	51	48	45	42	
0.20	92	84	81	77	74	72	68	65	61	58	55	52	48	45	42	39	36	
0.22	91	82	79	75	72	68	65	61	57	54	50	47	43	40	36	33	29	
0.24	90	81	77	73	69	65	61	57	54	50	46	42	38	34	30	27	23	
0.26	90	79	75	71	67	62	58	54	50	46	41	37	33	29	25	20	16	
0.28	89	77	73	68	64	59	55	50	46	41	37	32	28	23	18	14	10	
0.30	88	76	71	66	61	56	52	47	42	37	32	27	23	18	13	9	3	
0.31	88	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	18	10	5	0	



(a) Карты внешнего вида излома и компаратор процента вязкого излома



(b) Руководство по оценке внешнего вида излома

РИС. А4.2 Внешний вид излома

ПРИЛОЖЕНИЯ

(Необязательная информация)

X1. КОММЕНТАРИИ О ЗНАЧИМОСТИ ИСПЫТАНИЯ ОБРАЗЦОВ С НАДРЕЗОМ НА УДАР-НУЮ ВЯЗКОСТЬ

X1.1 *Характер изменения надреза:*

X1.1.1 Более трех десятилетий образцы с V-образным надрезом для испытаний на ударную вязкость по Шарпи широко использовались в механических испытаниях стальной продукции, в исследованиях и в спецификациях на поставку. Если имеется взаимосвязь с параметрами механики излома, можно задавать значения ударной вязкости образцов с V-образным надрезом для испытаний на ударную вязкость по Шарпи, которая обеспечивала бы вязкопластический или пластический характер изменений для излома образцов с усталостной трещиной, подвергаемых минимальным рабочим температурам и максимальным скоростям нагрузки при эксплуатации.

X1.1.2 О характере изменения надреза металлов и сплавов с гранецентрированной кубической структурой большой группы материалов и аустенитных сталей можно судить по их общей способности к растяжению. Если они хрупкие при растяжении, то они будут хрупкими при надрезе, тогда как если они пластичны при растяжении, то они будут пластичными при надрезе, за исключением необычно острых или глубоких надрезов (гораздо более глубоких, чем на стандартных образцах для испытания по Шарпи или Изоду). Даже низкие температуры не изменяют данную характеристику этих материалов. Напротив, характер изменений ферритных сталей в условиях надреза невозможно предсказать по их свойствам, как обнаружилось из испытания на растяжение. Для исследования этих материалов очень полезными являются, соответственно, испытания по Шарпи и Изоду. Некоторые металлы, которые демонстрируют нормальную пластичность при испытании на растяжение, могут, тем не менее, разломаться из-за хрупкости при испытании или использовании в надрезанном состоянии. Условия надреза включают ограничения деформации в направлениях, перпендикулярных основному напряжению, или многоосным напряжениям, и концентрациям напряжений. Именно в этой области испытания по Шарпи и Изоду оказываются полезными для определения чувствительности стали к изменению характеристик хрупкости, вызванному надрезом, хотя они не могут использоваться непосредственно для оценки эксплуатационной пригодности структуры.

X1.2 *Влияние надреза:*

X1.2.1 Надрез приводит к соединению многоосного напряжения, связанного с ограничениями деформации в направлениях, перпендикулярных основному напряжению, и концентрации напряжения у основания надреза. Условие резкого надреза обычно нежелательно, особенно в случаях, когда оно дает начало внезапному и полному разрушению хрупкого типа.

Некоторые металлы могут деформироваться пластичным способом даже при низких температурах, тогда как другие могут треснуть. Это различие в характеристиках можно лучше понять, рассматривая силу сцепления материала (или свойство, которое удерживает его вместе) и ее отношение к пределу текучести. В случаях хрупкого излома сила сцепления превышает до того, как происходит существенная пластическая деформация, и излом является кристаллическим. В случаях пластичного или вязкого типа излома значительная деформация предшествует окончательному излому, и разорванная поверхность является волокнистой, а не кристаллической. В промежуточных случаях излом происходит после небольшого количества деформации и по виду является частично кристаллическим и частично волокнистым.

X1.2.2 Когда образец с надрезом нагружается, возникает нормальное напряжение в основании надреза, которое стремится дать начало излому. Свойство, которое не дает ему расколоться, или удерживает его вместе - это «сила сцепления». Образец разламывается, когда нормальное напряжение превышает силу сцепления. Когда это происходит без деформирования образца, создаются условия для хрупкого излома.

X1.2.3 При испытании, но не в эксплуатации из-за влияния размеров, все чаще случается так, что излому предшествует пластическая деформация. Вдобавок к нормальному напряжению, приложенная нагрузка вызывает также напряжения при сдвиге, которые составляют примерно 45° по отношению к нормальному напряжению. Упругость исчезает, как только напряжение при сдвиге превышает сопротивление сдвигу материала и начинается деформация или пластическое течение, что создает условия для пластического излома.

X1.2.4 Деформация, хрупкая или пластическая, зависит от того, превышает ли нормальное напряжение силу сцепления перед тем, как напряжение при сдвиге превышает предел прочности на сдвиг. Из этого следуют несколько важных фактов изменения характеристик надреза. Если надрез выполнен острее или более резко, то нормальное напряжение в основании надреза будет увеличенным по отношению к напряжению при сдвиге, и образец будет больше подвержен хрупкому излому (см. Таблицу X1.1). А также, по мере увеличения скорости деформации, предел прочности на сдвиг возрастает и увеличивается вероятность хрупкого излома. С другой стороны, с повышением температуры при том же надрезе и скорости деформации, предел прочности на сдвиг понижается, и это способствует пластичному изменению характеристик, ведущему к вязкому излому.

ТАБЛИЦА X1.1 Влияние изменяющихся размеров надреза на стандартные образцы

	Высокоэнергетические образцы, Дж	Среднеэнергетические образцы, Дж	Низкоэнергетические образцы, Дж
Образец со стандартными размерами	103,0 ± 5,2	60,3 ± 3,0	16,9 ± 1,4
Глубина надреза, 2,13 мм ^A	97,9	56,0	15,5
Глубина надреза, 2,04 мм ^A	101,8	57,2	16,8
Глубина надреза, 1,97 мм ^A	104,1	61,4	17,2
Глубина надреза, 1,88 мм ^A	107,9	62,4	17,4
Радиус у основания надреза, 0,13 мм ^A	98,0	56,5	14,6
Радиус у основания надреза, 0,38 мм ^A	108,5	64,3	21,4

^A Стандарт 2,00 ± 0,025 мм (0,079 ± 0,001 дюйма).

^B Стандарт 0,25 ± 0,025 мм (0,010 ± 0,001 дюйма).

X1.2.5 Изменения в размерах надреза окажут существенное влияние на результаты испытаний. Испытания на стальных образцах E4340 показали влияние размерных колебаний на результаты испытаний по Шарпи (см. Таблицу X1.1).

X1.3 Влияние размера:

X1.3.1 Увеличение или ширины, или глубины образца способствует увеличению объема металла, подверженного деформации, и посредством этого фактора увеличивает поглощение энергии при разломе образца. Однако, любое увеличение размера, в частности ширины, также способствует увеличению степени сжатия и, стремясь вызвать хрупкий излом, может уменьшить количество поглощенной энергии. Если образец стандартного размера находится на грани хрупкого излома, это особенно верно, и для образца удвоенной ширины может действительно потребоваться меньше энергии для разрыва, чем для образца стандартной ширины.

X1.3.2 При изучении таких эффектов, где размер материала препятствует использованию стандартного образца, как, например, когда материал является листом в 6,35 мм, используются образцы уменьшенного размера. Такие образцы (смотрите Рис. A3.1) основаны на образце Типа А Рис. 1.

X1.3.3. Общая взаимосвязь между значениями энергии, полученными на образцах разного размера или формы, невозможна, но ограниченные взаимосвязи можно установить в целях спецификации на основании специальных исследований отдельных материалов и отдельных образцов. С другой стороны, при исследовании относительного влияния изменений параметров процесса, оценка с помощью нескольких

произвольно выбранных образцов с некоторыми выбранными надрезами в большинстве случаев упорядочит методики должным образом.

X1.4 *Влияние температуры:*

X1.4.1 Условия испытания также оказывают влияние на изменение характеристик надреза. Воздействие температуры на изменение характеристик стали с надрезом является таким явным, что часто проводятся сравнения путем исследования изломов образца и путем вычерчивания диаграммы значения энергии и внешнего вида излома по сравнению с температурой надрезанных образцов при ряде температур. Когда температуры испытания держится достаточно низкой, чтобы начался хрупкий излом, может произойти крайне резкое падение поглощенной энергии или может быть относительно постепенный спад на более низкие температуры. Это падение значения энергии происходит при проявлении некоторых кристаллических образований в изломе образца. Температура перехода, при которой происходит этот эффект охрупчивания, значительно изменяется с размером детали или испытательного образца и геометрии надреза.

X1.5 *Испытательная установка:*

X1.5.1 Сама испытательная установка должна быть достаточно устойчивой, или испытания высокопрочных низкоэнергетических материалов приведут к чрезмерным потерям упругой энергии или вверх через маятник или вниз через основание установки. Если опоры наковальни, ударник или болты основания машины не затянуты должным образом, то испытания на пластичных материалах в диапазоне от 108 Дж могут фактически показать значения, превышающие от 122 до 136 Дж.

X1.5.2 Проблема, свойственная для испытаний типа Шарпи, возникает, когда высокопрочные образцы с энергией низкого уровня испытываются при низких температурах. Эти образцы могут вылететь из установки не в направлении хода маятника, а скорее в сторону. Для предотвращения столкновения разломленных половинок образцов с частями установки и их соприкосновения с маятником до того, как он закончит движение, могут потребоваться изменения в более старых моделях установок. Эти изменения зависят от конструкции установки. Тем не менее, основная проблема заключается в необходимости принятия мер, для предотвращения отскакивания разорванных образцов в какую либо часть качающегося маятника. Если позволяет конструкция, разорванные образцы можно отклонять в стороны от установки, и все же в других конструкциях может потребоваться удерживание образцов в пределах определенной области до тех пор, пока маятник не пройдет через наковальню. Некоторые низкоэнергетические образцы из высокопрочной стали вылетают из установок для испытания на ударную вязкость со скоростью превышающей 15,2 м/с, хотя им был нанесен удар маятником, движущимся со скоростью приблизительно 5,2 м/с. Если усилие, прилагаемое к маятнику разорванными образцами достаточно, маятник замедлится, и будут зарегистрированы ошибочные высокие значения работы. Эта проблема является причиной многих противоречий в результатах испытаний по Шарпи, зарегистрированных разными исследователями в диапазоне от 14 до 34 Дж. Рисунок A1.1 иллюстрирует изменение, признанное удовлетворительным для минимизации заклинивания.

X1.6 *Скорость деформирования:*

X1.6.1 Скорость деформирования также является переменной, которая влияет на изменение характеристик надреза стали. Испытание на ударную вязкость демонстрирует несколько более высокие значения поглощения энергии, чем статические испытания, выше температуры перехода или наоборот ниже температуры перехода.

X1.7 *Взаимосвязь с эксплуатацией:*

X1.7.1 Несмотря на то, что испытания по Шарпи или Изоду не могут непосредственно прогнозировать пластичное или хрупкое изменение характеристик стали, обычно используемой в больших количествах или как компоненты больших конструкций, эти испытания могут использоваться в качестве приемочных критериев тождественности для различных партий одной и той же стали или при выборе между разными сталями, когда установлена взаимосвязь с надежными эксплуатационными характери-

стиками. Может понадобиться проведение испытания при выбранных должным образом температурах, отличных от комнатной температуры. В этом случае рабочая температура или температура перехода полномасштабных образцов не дает желаемых температур перехода для испытаний по Шарпи и Изоду, поскольку размер и геометрия надреза могут быть очень разными. Химический анализ, испытания на растяжение и твердость могут не показать влияние некоторых из важных факторов обработки, которые влияют на восприимчивость к хрупкому излому, а также не охватывают влияние низких температур при стимулировании охрупчивания.

X2 ПРЕДЛАГАЕМЫЕ МЕТОДЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ЦЕНТРА УДАРА

X2.1 Положение центра удара относительно центра тяжести:

X2.1.1 Поскольку центр удара можно отметить только на собранной установке, методы, применимые только к такой установке, описываются ниже:

X2.1.1.1 Основным принципом, на котором основаны все методы, является то, что при незначительных усилиях трения, центр тяжести находится вертикально ниже оси вращения маятника, поддерживаемого только подшипниками (здесь называется свободно висящий маятник). Параграф A1.3 ограничивает усилия трения в установках для испытания на ударную вязкость до незначительной величины. Требуемые измерения можно произвести с помощью специальных приборов, таких как теодолиты, уклонометры или катометры. Однако, как описано далее, использовались простые приборы для измерений достаточной точности.

X2.1.1.2 Подвесьте к каркасу свинцовый груз. Отвес визуально должен находиться в плоскости колебания ударного края.

X2.1.1.3 Поместите массивный предмет на основание рядом с защелкиваемой стороной маятника. Отрегулируйте положение этого предмета так, чтобы при освещении сзади между ним и маятником виднелся минимальный зазор. (Смотрите Рис. X2.1).

X2.1.1.4 С помощью масштабной линейки или глубиномера, слегка прижатого к ударяющему краю в центре удара, измерьте горизонтальное расстояние между отвесом и ударяющим краем. (Размер B на Рис. X2.1)

X2.1.1.5 Подобным образом измерьте расстояние в горизонтальной плоскости по оси вращения от отвеса до зажимного блока или увеличенного конца хвостовика маятника. (Размер A на Рис. X2.1)

X2.1.1.6 Используйте глубиномер для измерения радиального расстояния от поверхности контакта в измерении A до обработанной поверхности вала, который соединяет маятник с подшипниками в каркасе установки. (Размер C на Рис. X2.1)

X2.1.1.7 Используйте наружный кронциркуль или микрометр для измерения диаметра вала в том же положении, с которым было соприкосновение в измерении C . (Размер D на Рис. X2.1)

X2.1.1.8 Подставьте измеренные размеры в уравнение

$$X = A + C + D/2 - B \quad (X2.1)$$

где:

X = отклонение центра удара от линии из центра вращения через центр тяжести.

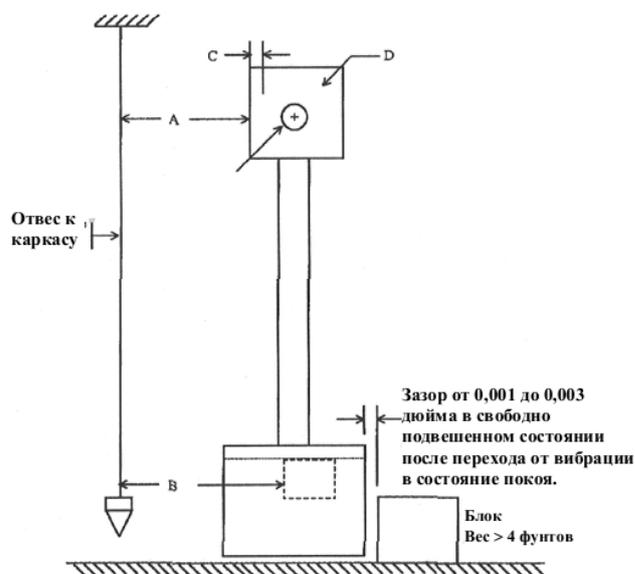


РИС. X2.1 Измерение отклонения центра удара от вертикальной плоскости через ось вращения при свободно висящем маятнике

X3. ИНСТРУКЦИИ ПО ИСПЫТАНИЮ НЕСТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ

X3.1 При испытании нестандартных образцов (см. Рис. A3.1), необходимо изменить высоту опоры образца для сохранения центра удара (инструкции приведены в A2.3.4 и A2.3.7). Для соответствия этому изменению можно установить новые опоры для образца или добавить к опорам испытательного образца новые прокладки, только таким образом, чтобы они не мешали проведению испытания.

X3.2 Для сохранения центра удара во время испытания нестандартных образцов необходимо выполнить следующую процедуру. Необходимо изменить высоту опор образца для того, чтобы осевая линия нестандартного образца совпадала с осевой линией стандартного образца. Более высокие опоры образца необходимо использовать при испытании малогабаритных образцов, а более низкие опоры следует использовать при испытании образцов слишком большого размера.

X3.3 Определите номинальную высоту нестандартного образца. При испытании малогабаритных образцов вычтите данное значение из высоты стандартного испытательного образца (10 мм). Разделите полученное значение на два. Для образцов слишком большого размера полученное значение от вычитания будет отрицательным. Поэтому толщину опор необходимо уменьшить на полученное значение.

ССЫЛКИ

- (1) Нанстад Р.К., Свайн Р.Л. и Берггрен Р.Г. "Влияние температурной среды на температуру испытаний образцов по Шарпи", *Испытания по Шарпи: Коэффициенты и переменные, ASTMSTP 1072*, ASTM, 1990г., стр. 195-210.
- (2) Тоблер Р.Л. и др. "Испытания по Шарпи близко к абсолютному нулю", *Журнал испытаний и оценок*, Том 9, 1 1992г.
- (3) Уллаерт Р.А., Иреланд Д.Р. и Тетельман А.С., "Воздействие радиации на параметры металлургического излома и ударную вязкость сталей для сосудов высокого давления", *Воздействие облучения на конструкционные сплавы для применения в ядерных реакторах, ASTM STP 484*, ASTM, 1970г., стр. 20-41.
- (4) Совак Дж.Ф., "Взаимосвязь данных стандартного образца и образца с предварительно нанесенной трещиной для испытания на ударную вязкость по Шарпи с данными вязкости разрушения для сталей HY-130, A517-F и HY-80", *Журнал испытаний и оценок, JTEVA*, Том 10, № 3, май 1982г., стр.102-114.
- (5) Суккоп Г и Браун В.Ф.-мл., "Расчет K_{Ic} из коэффициента прочности медленно изогнутых образцов по Шарпи с предварительно нанесенной трещиной», *Разработки в стандартизации методов испытания механики излома, ASTM STP 632*, В. Ф. Браун, мл. и Дж. Г Кауфман и стр. ASTM 1977, стр. 179-192
- (6) Таушер С., "Взаимосвязь вязкости разрушения с данными испытаний образцов с V-образным надрезом для испытаний на ударную вязкость по Шарпи», Управление изучения и разработки армейского вооружения, Технический отчет ARLCB-TR-81012, 1981г.
- (7) Уллаерт Р.А., Иреланд Д.Р. и Тетельман А.С., "Использование образцов с V-образным надрезом и предварительно нанесенной трещиной для испытаний на ударную вязкость по Шарпи в испытаниях на вязкость разрушения", *Предотвращение и контроль излома*, стр. 255-282.
- (8) Барсом Дж.М. и Рольфе С.Т., "Взаимосвязи между K_{Ic} и результатами испытаний образцов с V-образным надрезом на ударную вязкость по Шарпи в диапазоне переходных температур», *Испытания металлов на ударную вязкость, ASTM STP 466*, ASTM, 1970г., стр. 281-302.
- (9) Микалач Р.Л., Вассиларос М.Г. и Х.К. Роджерс, «Влияние предварительной трещины и скорости деформации на образцы для испытания на ударную вязкость по Шарпи из стали HSLA-100», *Испытания металлов на ударную вязкость, ASTM STP 1072*, 3, Дж.М. Хольт, Изд. ASTM, 1990г., стр. 134-141.
- (10) Шарки Р.Л. и Стоун Д.Х., «Сравнение кривых температуры перехода для образцов для испытания на ударную вязкость по Шарпи, динамического разрыва и образцов по Шарпи с предварительно нанесенной трещиной для литой стали марок AAR», *Журнал «Разработки для промышленности 98»*, Выпуск 2, май 1976 г., стр. 446-452.

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 рассмотрены должным образом 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.

Правами на данный стандарт обладает ASTM, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, Западный Коншохокен (West Conshohocken), PA 19428-2959, Соединенные Штаты. Индивидуальные перепечатки (единичные или множественные копии) данного стандарта можно получить, связавшись с ASTM по вышеуказанному адресу или по 610-832-9585 (телефон), 610-832-9555 (факс), или service@astm.org (электронная почта), или через веб-сайт ASTM в (www.astm.org). Права на копирование данного стандарта также можно получить на веб-сайте ASTM (www.astm.org/COPYRIGHT/).