
ЕВРАЗИЙСКИЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(EASC)
EURO-ASIAN COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(EASC)



МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТАНДАРТ

ГОСТ
9454—
(вторая редакция)

Металлы

**МЕТОД ИСПЫТАНИЯ НА УДАРНЫЙ ИЗГИБ
ПРИ ПОНИЖЕННЫХ, КОМНАТНОЙ И ПОВЫШЕННЫХ
ТЕМПЕРАТУРАХ**

Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его утверждения

Минск
Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации

Предисловие

Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации (ЕАСС) представляет собой региональное объединение национальных органов по стандартизации государств, входящих в Содружество Независимых Государств. В дальнейшем возможно вступление в ЕАСС национальных органов по стандартизации других государств.

Цели, основные принципы и основной порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены в ГОСТ 1.0 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Федеральным государственным унитарным предприятием «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина» (ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина») при участии Общества с ограниченной ответственностью «Интеллект-НН» (ООО «Интеллект-НН»)

2 ВНЕСЕН Межгосударственным техническим комитетом по стандартизации МТК 120 «Чугун, сталь, прокат»

3 ПРИНЯТ Евразийским советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от №)

За принятие проголосовали:

| Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004–97 | Код страны по МК(ИСО 3166) 004–97 | Сокращенное наименование национального органа по стандартизации |
|---|-----------------------------------|---|
| | | |

4 ВЗАМЕН ГОСТ 9454–78

Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта и изменений к нему на территории указанных выше государств публикуется в указателях национальных стандартов, издаваемых в этих государствах, а также в сети Интернет на сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации.

В случаях пересмотра, изменения или отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации в каталоге «Межгосударственные стандарты»

Исключительное право официального опубликования настоящего стандарта на территории указанных выше государств принадлежит национальным (государственным) органам по стандартизации этих государств

Содержание

| | |
|--|--|
| 1 Область применения..... | |
| 2 Нормативные ссылки..... | |
| 3 Термины и определения..... | |
| 4 Образцы для испытаний..... | |
| 5 Аппаратура..... | |
| 6 Подготовка к испытаниям..... | |
| 7 Проведение испытаний..... | |
| 8 Обработка результатов испытаний..... | |
| 9 Неопределенность измерений..... | |
| Приложение А (рекомендуемое) Типовая программа и методика аттестации копра маятникового..... | |
| Приложение Б (справочное) Построение и анализ диаграмм деформирования..... | |
| | |
| Приложение В (справочное) Температура переохлаждения и перегрева в зависимости от температуры испытания..... | |
| Приложение Г (рекомендуемое) Протокол испытаний на ударный изгиб..... | |
| Приложение Д (рекомендуемое) Определение доли вязкой составляющей в изломе образцов..... | |
| Приложение Е (справочное) Пример определения критической температуры хрупкости..... | |
| Приложение Ж (рекомендуемое) Определение бокового расширения образца..... | |
| Приложение И (справочное) Оценка неопределенности измерения работы удара.. | |
| Библиография..... | |

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

Металлы

МЕТОД ИСПЫТАНИЯ НА УДАРНЫЙ ИЗГИБ ПРИ ПОНИЖЕННЫХ, КОМНАТНОЙ И
ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Metals. Method for testing the impact strength at low, room and high temperature

Дата введения –

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает метод испытания на ударный изгиб черных, цветных металлов и сплавов, а также изделий из них при температурах от минус 100 °С до плюс 1200 °С.

В результате испытания определяют:

- полную работу, затраченную при ударе (работа удара);
- ударную вязкость.

Также при испытании могут быть определены:

- доля вязкой составляющей в изломе образцов;
- критическая температура хрупкости;
- боковое расширение.

Перечень контролируемых показателей, порядок их определения устанавливают нормативной документацией на конкретную металлопродукцию.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие межгосударственные стандарты:

ГОСТ 166 Штангенциркули. Технические условия

ГОСТ 577 Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм. Технические условия

ГОСТ 6507 Микрометры. Технические условия

ГОСТ 6616 Преобразователи термоэлектрические. Общие технические условия

ГОСТ 6651 Государственная система обеспечения единства измерений. Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытаний

ГОСТ 9454
(проект, 2 редакция)

ГОСТ 7564 Прокат. Общие правила отбора проб, заготовок и образцов для механических и технологических испытаний

ГОСТ 8479 Поковки из конструкционной углеродистой и легированной стали. Общие технические условия

ГОСТ 9378 Образцы шероховатости поверхности (сравнения). Общие технические условия

ГОСТ 10708 Копры маятниковые. Технические условия

ГОСТ 16504 Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения

ГОСТ 19300 Средства измерений шероховатости поверхности профильным методом. Профилографы-профилометры контактные. Типы и основные параметры

ГОСТ 30432 Трубы металлические. Методы отбора проб, заготовок и образцов для механических и технологических испытаний

ГОСТ 30456Metalлопродукция. Трубы стальные, прокат стальной листовой и рулонный. Метод испытания на ударный изгиб падающим грузом.

ГОСТ 34100.3 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации (www.easc.by) или по указателям национальных стандартов, издаваемым в государствах, указанных в предисловии, или на официальных сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации. Если на документ дана недатированная ссылка, то следует использовать документ, действующий на текущий момент, с учетом всех внесенных в него изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то следует использовать указанную версию этого документа. Если после принятия настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение применяется без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 10708, ГОСТ 16504, ГОСТ 34100.3, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **комнатная температура:** Температура окружающей среды от плюс 10 °С до плюс 30 °С.

3.2 **концентратор:** Надрез, выполненный на образце, для концентрации деформации.

[ГОСТ 30456–2021, статья 3.6]

3.3 **вид концентратора:** U – концентратор с U -образным надрезом (по Менаже), V – концентратор с V -образным надрезом (по Шарпи), T – концентратор с усталостной трещиной.

3.4 **радиус концентратора R , мм:** Радиус основания надреза.

3.5 **тип образца:** Условный номер образца в зависимости от его размеров и вида концентратора.

3.6 **длина образца L , мм:** Наибольший размер образца.

3.7 **высота образца H , мм:** Расстояние между гранью образца с надрезом и противоположной гранью.

3.8 **ширина образца B , мм:** Расстояние между боковыми гранями образца, измеряемое вдоль надреза.

3.9 **глубина надреза h_1 , мм:** Глубина исходного надреза для образцов всех типов.

3.10 **глубина концентратора h , мм:** Сумма глубины надреза и длины усталостной трещины для концентратора вида T .

3.11 **высота рабочего сечения H_1 , мм:** Расстояние от основания надреза до противоположной грани образца с концентраторами вида U и V . Для образца с концентратором вида T – разность между высотой образца и глубиной концентратора.

3.12 **работа удара (поглощенная энергия) K (KU , KV), Дж (кгс·м):** Работа (энергия), затрачиваемая на разрушение образца с концентратором вида U и V соответственно, равная разности между запасом потенциальной энергии копра и потенциальной энергией копра в верхней точке подъема маятника после разрушения образца.

3.13 **ударная вязкость KC (KCU , KCV , KCT), Дж/см² (кгс·м/см²):** Отношение работы удара к начальной площади рабочего сечения образца, равной произведению высоты рабочего сечения на ширину образца.

3.14 **излом:** Поверхность, образовавшаяся в результате разрушения (разделения на части) образца.

3.15 **вязкий излом:** Излом образца, имеющий матовую, волокнистую структуру с видимыми признаками пластической деформации.

3.16 **вязкая составляющая излома:** Область/области вязкого излома на его поверхности.

3.17 **доля вязкой составляющей в изломе SFA , %:** Разность между площадью рабочего сечения и площадью излома, занимаемой хрупкой составляющей, выраженная в процентах от площади рабочего сечения.

3.18 **хрупкий излом:** Излом образца, имеющий блестящую, кристаллическую структуру без видимых признаков пластической деформации металла.

3.19 **смешанный излом:** Поверхность разрушения, представляющая собой сочетание двух или более видов изломов, различающихся по механизму разрушения.

3.20 **критическая температура хрупкости T_k , °C:** Выбранная из ряда температур испытания минимальная температура, при которой выполняется одно из условий:

а) среднее или минимальное значение работы удара или ударной вязкости, составляет не менее заданного;

б) среднее значение работы удара или ударной вязкости в процентах от максимального значения составляет не менее заданного, например, 50 %;

в) средняя или минимальная доля вязкой составляющей в изломе составляет не менее заданной, например, 50 %;

г) значение работы удара, ударной вязкости или доли вязкой составляющей достигает величины не менее полусуммы значений, соответствующих верхнему и нижнему пологим участкам зависимости работы удара от температуры испытания;

д) среднее или минимальное значение бокового расширения составляет не менее заданного, например, 0,9 мм.

3.21 **боковое расширение LE , мм:** Наибольшее увеличение ширины образца после испытания вблизи надреза со стороны воздействия бойка.

3.22 **неопределенность (измерения) [uncertainty (of measurement)]:** Параметр, относящийся к результату измерения и характеризующий разброс значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине.

Примечание 1 – Параметром может быть, например, стандартное отклонение (или величина, пропорциональная стандартному отклонению) или полуширина интервала, которому соответствует заданный уровень доверия.

[ГОСТ 34100.3-2017, статья 2.2.3]

4 Образцы для испытаний

4.1 Общие положения

4.1.1 Количество единиц металлопродукции, отбираемых для испытаний, устанавливаются в нормативной документации.

От каждой отобранной единицы металлопродукции отбирают пробы для изготовления не менее трех образцов для каждой температуры испытаний, если в нормативной документации не указано иное.

Примечание – Для исследовательских целей испытания могут быть проведены на одном образце.

4.1.2 Места вырезки заготовок для изготовления образцов, ориентация оси концентратора, технология вырезки заготовок и изготовления образцов для черных металлов из проката – по ГОСТ 7564, из поковок – по ГОСТ 8479, если иное не предусмотрено в нормативной документации на продукцию.

Для цветных металлов и сплавов данные требования указывают в нормативной документации на продукцию.

Место вырезки заготовки для изготовления образцов, ориентация оси концентратора, технология вырезки заготовок и изготовления образцов из бесшовных и сварных труб из черных и цветных металлов и сплавов – по ГОСТ 30432.

При вырезке заготовок металл образцов предохраняют от наклепа и нагрева, изменяющих свойства металла.

4.1.3 Риски на поверхности наносимых надрезов, видимые без применения увеличительных приборов, не допускаются. При этом шероховатость поверхности концентратора обеспечивается технологией обработки без последующего контроля.

4.1.4 Образцы должны иметь маркировку. Маркировку наносят на любую грань образца, не контактирующую с опорами, торцевыми упорами или бойком, в местах, где возникновение пластической деформации и поверхностных несплошностей в результате маркировки не окажет влияния на поглощенную энергию. Маркировка, нанесенная способом, исключаяющим воздействие на структуру и свойства металла, может быть нанесена на любую грань образца.

Радиусы концентраторов измеряют с помощью радиусомеров, измерительных машин, оптических систем или иных средств измерения и контроля с соответствующим уровнем точности.

4.2 Типы образцов

4.2.1 Форма и размеры образцов для испытания должны соответствовать формам и размерам образцов, представленных на рисунках 1-3 и в таблице 1.

Способ получения начального надреза может быть любым.

Примечание – К числу наиболее распространенных относится способ получения начального надреза протягиванием. Однако, следует иметь в виду, что затупление протяжных ножей может привести к падению работы удара вдвое при сохранении формы надреза.

4.2.2 Концентратор вида Т получают в основании начального надреза при плоском циклическом изгибе образца. Максимальный остаточный прогиб, образовавшийся при нанесении концентратора, не должен превышать 0,25 мм на всю длину образца. Число циклов, необходимое для получения трещины заданной глубины, должно быть не менее 3000, при этом максимальная нагрузка при циклическом трехточечном изгибе образца должна удовлетворять требованию

$$P_{max} [Н] \leq \frac{0,4\sigma_T B(H-h)^2}{L_1}, \quad (1)$$

где σ_T [МПа] – предел текучести материала образца, L_1 [мм] – расстояние между опорами копра.

Примечание – Для облегчения старта трещины в концентраторе и получения более ровного ее фронта допускается предварительное однократное приложение статической нагрузки той же величины, но обратного знака.

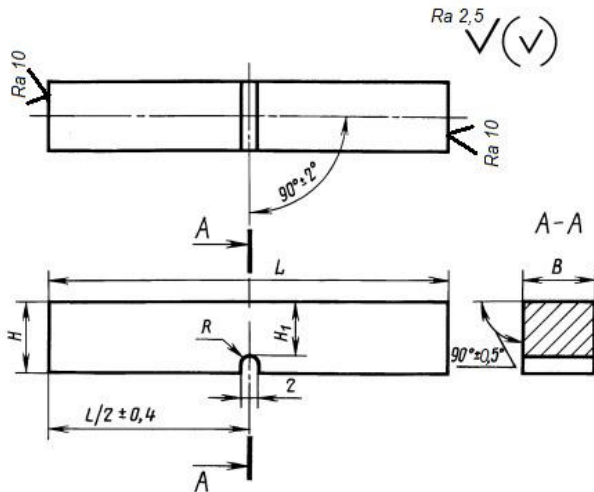


Рисунок 1 – Образец с концентратором
вида U

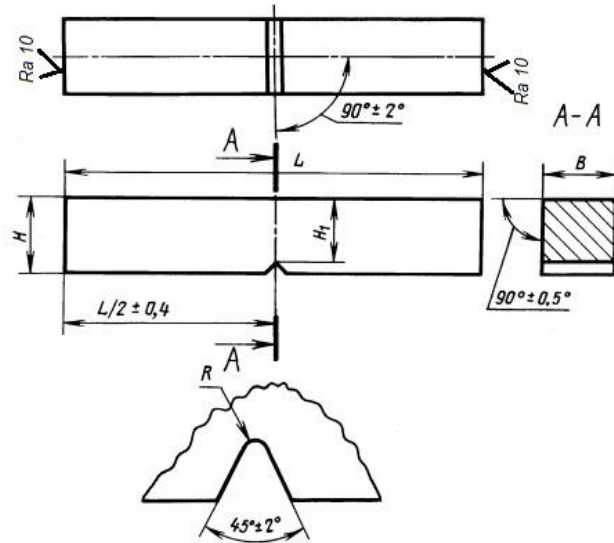
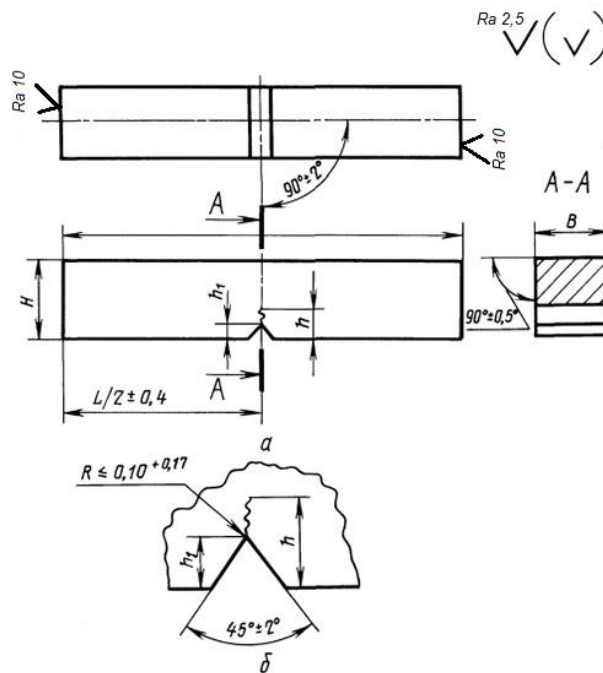


Рисунок 2 – Образец с концентратором
вида V



а – общий вид; б – форма концентратора для образцов с 15 по 19 тип

Рисунок 3 – Образец с концентратором вида T (усталостная трещина)

Таблица 1 – Размеры образцов, мм

| Вид концентратора | Радиус концентратора R | Тип образца а | Длина L | Ширина B | Высота H (пред. откл. ±0,1) | Глубина надреза h ₁ (пред. откл. ±0,1) | Глубина концентратора h (пред. откл. ±0,6) | Высота рабочего сечения H ₁ |
|-------------------|------------------------|---------------|---------|----------|-----------------------------|---|--|--|
| | | | | | | | | |

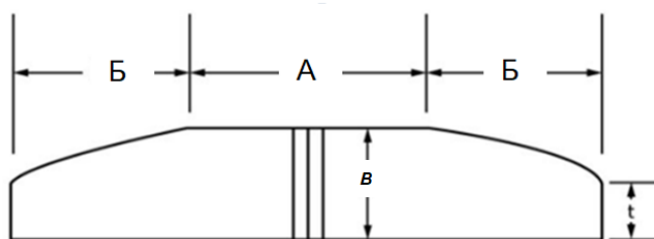
ГОСТ 9454
(проект, 2 редакция)

| | | | | | | | | |
|---|-------------------|----|-----------------|----------------|----|-----|-----|----------------|
| U | $1 \pm 0,07^*$ | 1 | 55 $\pm 0,6$ | 10 $\pm 0,10$ | 10 | - | - | 8 $\pm 0,10$ |
| | | 2 | | 7,5 $\pm 0,10$ | | | | 6 $\pm 0,10$ |
| | | 3 | | 5 $\pm 0,05$ | 8 | | | 6 $\pm 0,10$ |
| | | 4 | | 2 $\pm 0,05$ | | | | |
| | | 5 | | 10 $\pm 0,10$ | 10 | | | 7 $\pm 0,10$ |
| | | 6 | | 7,5 $\pm 0,10$ | | | | |
| | | 7 | | 5 $\pm 0,05$ | | | | |
| | | 8 | | 10 $\pm 0,10$ | | | | |
| | | 9 | | 7,5 $\pm 0,10$ | | | | |
| | | 10 | | 5 $\pm 0,05$ | | | | 5 $\pm 0,10$ |
| V | 0,25 $\pm 0,025$ | 11 | 55 $\pm 0,6$ | 10 $\pm 0,10$ | 10 | - | - | 8 $\pm 0,05^*$ |
| | | 12 | | 7,5 $\pm 0,10$ | | | | 6 $\pm 0,05$ |
| | | 13 | | 5 $\pm 0,05$ | 8 | | | |
| | | 14 | | 2 $\pm 0,05$ | | | | |
| T | $\leq 10^{+0,17}$ | 15 | 55 $\pm 0,6$ | 10 $\pm 0,10$ | 11 | 1,5 | 3,0 | - |
| | | 16 | | 7,5 $\pm 0,10$ | | | | |
| | | 17 | | 5 $\pm 0,05$ | 9 | | | |
| | | 18 | | 2 $\pm 0,05$ | | | | |
| | | 19 | | 10 $\pm 0,10$ | | | | |

¹* При контрольных массовых испытаниях допускается изготовление образцов с предельным отклонением $\pm 0,10$ мм.

Допускается использовать образцы с одной или двумя необработанными поверхностями, размеры которых по ширине отличаются от указанных в таблице 1.

Примечание – Поперечные образцы из трубных заготовок и изделий, отобранные по ГОСТ 30432, могут содержать исходную наружную поверхность трубного изделия, как показано на рисунке 4.



A – механически обработанная поверхность – не менее 28 мм;

B- исходные наружные поверхности – не более 13,5 мм;

t – ширина торца – не менее $\frac{1}{2}$ ширины образца B

Рисунок 4 – Поперечный образец с исходной наружной поверхностью трубных заготовок и трубных изделий

4.2.3 Тип образцов, порядок оценки результатов и проведения повторных испытаний указывают в нормативной документации на металлопродукцию.

Если в нормативной документации на конкретную продукцию не указан тип образца или согласно нормативной документации при определенных размерах продукции возможно применение любого из указанного в перечислении типа образцов, следует испытывать образцы наибольшего размера типа 11 с концентратором вида V.

5 Аппаратура

5.1 Для испытаний на ударный изгиб используют маятниковые копры по ГОСТ 10708 с запасом потенциальной энергии, достаточной для разрушения образца одним ударом.

Копры должны быть аттестованы на соответствие требованиям ГОСТ 10708 в соответствии с типовой программой и методикой аттестации, приведенной в приложении А.

Рекомендуемые значения скорости движения маятника в момент удара:

(5,0±0,5) м/с – для копров с номинальной потенциальной энергией маятника от 50 (5,0) до 2500 (250,0) Дж (кгс·м) включительно;

(4,0±0,25) м/с – для копров с номинальной потенциальной энергией маятника от 7,5 (0,75) до 50 (5,0) Дж (кгс·м) включительно;

(3,0±0,25) м/с – для копров с номинальной потенциальной энергией маятника от 0,1 (0,01) включительно до 7,5 (0,75) Дж (кгс·м).

По согласованию с заказчиком допускается применять копры с другой номинальной потенциальной энергией маятника, а также обеспечивающие иные значения скорости движения маятника в момент удара.

Рекомендуется, чтобы работа удара составляла не менее 10 % и не более 80 % номинального значения потенциальной энергии маятника.

Примечания

1 Перед проведением испытаний не реже одного раза в смену должен производиться контроль потери энергии при свободном падении маятника. Энергия, зафиксированная в данном случае, должна быть компенсирована и включена в последующие расчеты энергии или ударной вязкости.

2 Могут применяться инструментированные копры с программным управлением, учитывающим потери на трение. При этом нижний диапазон работы маятниковых копров можно не ограничивать.

Использование инструментированных копров позволяет построить и проанализировать диаграммы деформирования при испытании (приложение Б).

ГОСТ 9454
(проект, 2 редакция)

5.2 Для копров с другой по сравнению с ГОСТ 10708 конструкцией опор и ножей, иными радиусами закругления ребра опоры испытание на ударный изгиб проводят по согласованной с заказчиком испытаний и идентифицированной в протоколе испытаний методике испытаний без ссылки на настоящий стандарт.

5.3 Трещину на образцах с концентратором вида T получают на вибраторах, обеспечивающих требования 4.2.2.

5.4 Штангенциркули должны соответствовать требованиям ГОСТ 166, микрометры – требованиям ГОСТ 6507 и обеспечивать погрешность измерения, не превышающую $1/3$ допуска на измеряемый параметр согласно таблице 1. Допускается применять другие средства измерений линейных размеров, имеющие метрологические характеристики не хуже приведенных.

Средства измерения линейных размеров должны иметь установленную прослеживаемость к Государственному первичному эталону длины.

Примечания

1 Для измерения высоты рабочего сечения образца следует использовать штангенциркули с ножевыми контактными поверхностями либо штативы с индикатором, также имеющим ножевую или игольчатую контактную поверхность.

2 При определении бокового расширения образца допускается применения бесконтактных методов измерений.

5.5 Индикаторы часового типа по ГОСТ 577 или другие средства измерений, обеспечивающие погрешность измерения прогиба не более 0,05 мм на базе длины образца.

5.6 Для контроля шероховатости применяют профилографы-профилометры по ГОСТ 19300 или образцы шероховатости поверхности (сравнения) по ГОСТ 9378, обеспечивающие измерение параметров шероховатости, указанных на рисунках 1-3, и имеющие прослеживаемость к Государственному первичному специальному эталону единицы длины в области измерений параметров шероховатости R_{max} , R_z , R_a .

5.7 Приборы для анализа изображений должны обеспечивать ввод серии снимков излома образца, полученных с перефокусировкой микроскопа, и их программную обработку с целью измерения площади хрупкой составляющей с погрешностью не более 0,01 %.

Примечание – По согласованию с заказчиком допускается определение доли вязкой составляющей с использованием метода планиметрирования фотографий изломов с помощью электронных планиметров с погрешностью не более 0,1 %.

5.8 Если не оговорено иное, то испытания проводят при комнатной температуре. Если температура задана, то образец должен быть доведен до этой температуры с точностью ± 2 °С с учетом требуемого переохлаждения/перегрева. Образцы для испытания выдерживают при требуемой температуре в пределах ± 2 °С в среде кондиционирования.

Для контроля температуры при необходимости используют термометры, включая термопреобразователи по ГОСТ 6651 или по ГОСТ 6616, с погрешностью не более ± 1 °С.

Примечания

1 По согласованию с заказчиком для измерения температуры нагрева образцов могут быть использованы термометры, включая термопреобразователи, обеспечивающие измерения с погрешностью, не превышающей:

± 5 °С – при температуре нагрева до 600 °С;

± 8 °С – при температуре нагрева свыше 600 °С.

2 При использовании испытательного оборудования, обеспечивающего поддержание температуры среды на заданном уровне с требуемой точностью в устройстве для измерения температуры среды нет необходимости.

5.9 Для испытания на ударный изгиб при пониженной или повышенной температурах применяют оборудование, обеспечивающее равномерное охлаждение или нагрев, отсутствие агрессивного воздействия окружающей среды на образец и возможность контроля температуры.

5.10 В качестве низкотемпературной среды, как правило, используют охлажденные жидкости (вода; лед и вода; сухой лед и органический растворитель или жидкий азот) или охлажденные газы.

5.11 В качестве высокотемпературной среды, как правило, используют нагретые жидкости, такие как минеральные или силиконовые масла. Могут быть использованы печи (термостаты) с циркуляцией воздуха.

6 Подготовка к испытаниям

6.1 Перед началом испытаний проверяют отклонение запаса потенциальной энергии маятника от номинального значения путем трёх свободных сбросов маятника. Допускаемое отклонение должно соответствовать нормативной документации, но не

ГОСТ 9454
(проект, 2 редакция)

должно превышать $\pm 0,5$ % от номинальной потенциальной энергии маятника. Значения допускаемых отклонений при трёх свободных сбросах маятника не должны отличаться между собой более чем на 0,1 (0,01) Дж (кгс м).

6.2 Проверяют потери на трение маятника, которые не должны превышать 0,5 % от номинальной потенциальной энергии маятника.

6.3 Для определения начальной площади поперечного сечения измеряют с погрешностью не более $\pm 0,05$ мм необходимые геометрические параметры образцов:

- начальную ширину образца B ;
- высоту рабочего сечения образца H_1 с концентратором вида U или V_1 ;
- полную высоту образца H с концентратором вида T .

6.4 Контролируют параметры шероховатости образцов на их соответствие рисункам 1-3.

6.5 Температуру испытания указывают в нормативной документации на металлопродукцию.

Температурой испытания следует считать температуру образца в момент удара.

6.6 Для обеспечения требуемой температуры испытания образцы перед установкой на копер должны быть переохлаждены (при пониженной температуре испытания) или перегреты (при повышенной температуре испытания).

Выдержка образцов в термостате при заданной температуре (с учетом необходимого переохлаждения или перегрева) должна быть не менее 15 мин.

Температура переохлаждения или перегрева образцов приведена в приложении В.

6.7 Для кондиционирования путем нагревания или охлаждения с помощью жидкой среды образец помещают в контейнер на расстоянии не менее чем на 25 мм выше дна контейнера и 25 мм ниже уровня жидкости, а также не ближе 10 мм от боковых поверхностей контейнера.

Должно быть обеспечено постоянное перемешивание среды и доведение ее до заданной температуры любым удобным способом.

6.8 При необходимости использования устройство для измерения температуры среды рекомендуется разместить его таким образом, чтобы точка измерения температуры была в одной горизонтальной плоскости с размещенными образцами.

Температуру жидкой среды необходимо поддерживать на заданном уровне с точностью $\pm 2^\circ\text{C}$ в течение выдержки образца.

6.9 Для кондиционирования образца путем нагревания или охлаждения с помощью газообразной среды образец помещают в камеру на расстоянии не менее 50 мм от ближайшей поверхности. Расстояние между отдельными образцами должно быть не менее 10 мм. Среду постоянно прокачивают, чтобы обеспечить ее циркуляцию, и доводят до заданной температуры любым удобным способом. Применяемое устройство для измерения температуры среды рекомендуется разместить в середине группы образцов. Температуру газообразной среды необходимо поддерживать на заданном уровне с точностью $\pm 2^\circ\text{C}$ в течение выдержки образца.

6.10 Перенос образца

6.10.1 Если испытание проводят при температуре, отличающейся от температуры окружающей среды, то после извлечения образца из нагревающей или охлаждающей среды до нанесения удара по нему бойком должно пройти не более 5-10 с. При этом температура образца должна поддерживаться в допустимом диапазоне.

6.10.2 Приспособление для переноса образца должно быть специально предназначенным для этой цели.

6.10.3 Части приспособления для переноса образца, соприкасающиеся с образцом при его переносе из среды на копер, должны кондиционироваться вместе с образцом перед испытаниями в течение времени, установленного для кондиционирования образца.

В промежутке между испытаниями приспособление для переноса образцов должно быть возвращено в соответствующую среду для кондиционирования.

Примечание – Для переноса образцов из среды для кондиционирования в положение для проведения испытаний при пониженных и повышенных температурах могут применяться центрирующие клещи по [1] или аналогичные им.

7 Проведение испытаний

7.1 Образец должен быть установлен любым способом, обеспечивающим его строгое позиционирование и центрирование относительно опор и торцевых упоров, при этом должно обеспечиваться симметричное расположение концентратора образца относительно опор и торцевых упоров с погрешностью не более $\pm 0,5$ мм.

Образец должен свободно лежать на опорах копра, без зазора между образцом и торцевыми упорами.

Во избежание отскока разрушенных концов высокопрочных образцов в маятник, что может привести к ошибочно завышенным показаниям поглощенной энергии, при проведении испытания должен быть обеспечен зазор между концами образца в положении испытания и используемым для центровки образца на торцевых упорах центрирующим устройством, которым оснащен копер, не менее 13 мм.

7.2 Испытание проводят при ударе маятника со стороны, противоположной концентратору, в плоскости его симметрии.

7.3 Работу удара определяют по отсчетному устройству маятникового копра или по диаграмме нагружения инструментированного копра, в соответствии с основными положениями, приведенными в приложении А ГОСТ 30456.

8 Обработка результатов испытаний

8.1 За результат испытания принимают работу удара или ударную вязкость для образцов с концентраторами видов U и V и ударную вязкость для образцов с концентратором вида T .

8.2 Работу удара и ударную вязкость обозначают комбинацией букв и чисел, характеризующих определенные условия испытаний.

Буквы обозначают работу удара (KU , KV) и ударную вязкость (KCU , KCV , KCT) для образцов с концентраторами вида U , V и T соответственно; первое число – номинальную потенциальную энергию маятника в Дж, второе число – глубину концентратора в мм; третье число – ширину образца в мм.

Цифры не указывают в обозначении работы удара и ударной вязкости при проведении испытаний на копре с номинальной потенциальной энергией 300 (30,0) Дж (кгс·м) и более, при глубине концентратора 2 мм для концентраторов видов U и V и 3 мм для концентратора вида T и ширине образца 10 мм (образцы 1, 11 и 15 типов).

Допускается обозначать работу удара и ударную вязкость двумя индексами (Ai) и (ai) соответственно: где первый (A) или (a) – символы работы удара или ударной вязкости, второй (i) – символ типа образца в соответствии с таблицей 1.

Для обозначения работы удара и ударной вязкости при пониженной и повышенной температурах вводится цифровой индекс, указывающий температуру испытания. Цифровой индекс ставят вверху после буквенных составляющих.

Примеры обозначения работы удара и ударной вязкости:

$KV^{40} 50/2/2$ – работа удара, определенная на образце с концентратором вида V при температуре минус 40 °С. Максимальная энергия удара маятника 50 (5,0) Дж (кгс·м), глубина концентратора 2 мм, ширина образца 2 мм.

$KCT^{+100} 150/3/7,5$ – ударная вязкость, определенная на образце с концентратором вида T при температуре плюс 100 °С. Максимальная энергия удара маятника 150 (15,0) Дж (кгс·м), глубина концентратора, 3 мм, ширина образца 7,5 мм.

$KCU (KCV)$ – ударная вязкость, определенная на образце с концентратором вида $U (V)$ при комнатной температуре. Максимальная энергия удара маятника 300 (30,0) Дж (кгс·м), глубина концентратора 2 мм, ширина образца 10 мм.

a_{11}^{-60} – ударная вязкость, определенная на образце типа 11 при температуре минус 60 °С. Максимальная энергия удара маятника 300 (30,0) Дж (кгс·м).

8.3 Ударную вязкость (KC) в Дж/см² (кгс·м/см²) вычисляют по формуле

$$KC = \frac{K}{S_0}, \quad (1)$$

где K – работа удара, Дж (кгс·м);

S_0 – начальная площадь поперечного сечения образца в месте концентратора, см², вычисляемая по формуле

$$S_0 = \frac{H_1 \cdot B}{100}, \quad (2)$$

где H_1 – начальная высота рабочего сечения образца, мм;

B – начальная ширина образца, мм.

H_1 и B измеряют с погрешностью не более $\pm 0,05$ мм. S_0 округляют: при ширине образца 5 мм и менее – до третьей значащей цифры, при ширине образца более 5 мм – до второй значащей цифры.

Примечание – Значащими цифрами являются:

- все ненулевые цифры;
- нули, содержащиеся между ненулевыми цифрами;
- нули, являющиеся представителями сохраненных десятичных разрядов при округлении.

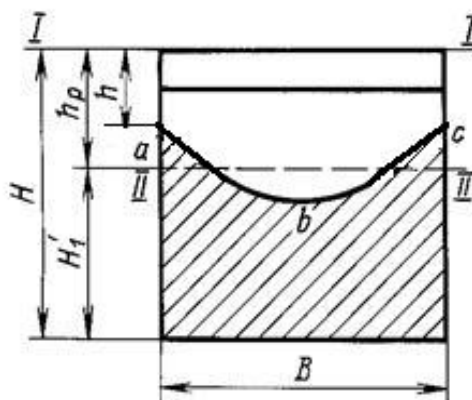
8.4 При наличии указаний в нормативных документах на металлопродукцию допускается определять начальную площадь поперечного сечения образцов S_0 по номинальным размерам (без измерения образца перед испытанием) при соблюдении условий:

- испытания являются контрольно-массовыми;

ГОСТ 9454
(проект, 2 редакция)

- образцы изготавливаются с ужесточением по предельным отклонениям:
- ширина с предельным отклонением $\pm 0,05$ вместо $0,10$;
- высота рабочего сечения $\pm 0,05$ вместо $0,10$;
- значения ударной вязкости в два раза и более 2-х превышают нормативные значения.

8.5 Для образцов с концентратором вида T значение H_1 определяют как разность между полной высотой H , измеренной до испытания с погрешностью не более $\pm 0,05$ мм и расчетной глубиной концентратора h_p , измеренной с помощью любых оптических средств с увеличением не менее 7 кратного на поверхности излома образца после его испытания в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 5, с погрешностью не более $\pm 0,05$ мм.



abc – фронт усталостной трещины; I–I – положение визирной линии окуляра микроскопа в начальный момент измерения (совпадает с гранью образца);
II–II – положение визирной линии микроскопа при окончании измерения (положение II–II выбирается так, чтобы заштрихованная область выше линии была равновелика по площади незаштрихованной области ниже визирной линии)

Рисунок 5 – Схема обработки результатов испытаний образцов с концентратором вида T

8.6 Значение K записывают в протоколе с округлением:
до 1 (0,1) Дж (кгс·м) – при значении K более 10 (1) Дж (кгс·м);
до 0,1 (0,01) Дж (кгс·м) – при значении K менее или равно 10 (1) Дж (кгс·м).
Значение K_C записывают в протоколе с округлением:
до 1 (0,1) Дж/см² (кгс·м/см²) – при значении K_C более 10 (1) Дж/см² (кгс·м/см²);
до 0,1 (0,01) Дж/см² (кгс·м/см²) – при значении K_C менее или равно 10 (1) Дж/см² (кгс·м/см²).

Допускается указывать в протоколе показания, выдаваемые испытательным оборудованием, не округляя значения K и KC до целых единиц.

8.7 Испытание признается состоявшимся, если образец разрушился полностью по всему сечению с разделением на две части или разрушился частично без разделения на две части и свободно прошел без заклинивания между подвижными и неподвижными частями копра (на тыльной поверхности образца или его обломков после испытания имеется только след удара бойка и отсутствует пара отметин, расположенных напротив друг друга).

8.8 При обнаружении на тыльной поверхности образца или его обломков после испытания кроме следа удара бойка маятника пары расположенных друг напротив друга отметин, свидетельствующих о заклинивании образца при испытании, испытание признается не состоявшимся, и образец должен быть заменен. В протоколе значение работы удара или ударной вязкости не указывают. В этом случае в протоколе испытания указывают, что образец заклинило и он не был разрушен при максимальной энергии удара маятника (которую следует указать).

8.9 Если из-за недостаточной мощности копра образец при испытании не был разрушен и не прошел между подвижными и неподвижными частями копра, при этом маятник остановился и следы заклинивания образца отсутствуют, в протоколе указывают, что образец не был разрушен при максимальной энергии удара маятника (которую следует указать).

8.10 Если разрушение образца произошло по металлургическим дефектам, то результаты испытания не учитываются, и образец должен быть заменен.

8.11 Исходные данные и результаты испытания образца записывают в протоколе испытания. Рекомендуемая форма протокола приведена в приложении Г. Допускается использовать форму/формы, принятые в конкретном испытательном центре/лаборатории.

Примечания

1 В протокол испытаний могут быть включены (в дополнение к приложению Г) следующие данные:

- а) результаты анализа диаграммы деформирования (приложение Б);
- а) доля вязкой составляющей в изломе образца SFA (приложение Д);
- б) критическая температура хрупкости T_k (приложение Е);
- в) боковое расширение (приложение Ж);
- г) неопределенность результатов измерений (приложение И);
- д) номер плавки;

- е) номер партии;
- ж) площадь поперечного сечения S_0 , см²;
- и) примечание.

2 Допускается документирование результатов испытаний в электронном виде (например, с использованием корпоративных информационных систем или электронного документооборота).

9 Неопределенность измерений

9.1 Общие положения

Анализ неопределенности измерений рекомендован для выявления основных источников недостоверных результатов измерений.

Стандарты на продукцию и базы данных о свойствах материалов, разработанные на основе предыдущих версий настоящего стандарта, содержат вклад от неопределенности измерений, который невозможно выделить. Поэтому нецелесообразно использовать дополнительные поправки на неопределенность измерений в связи с риском признать несоответствующей продукцию, которая соответствует требованиям. По этой причине оценки неопределенности, полученные с помощью настоящей процедуры, предназначены только для информации.

Примечание – Если нормативными правовыми актами или иными обязательными требованиями предусмотрено выполнение измерений с обязательным указанием характеристик погрешности или неопределенности измерений (испытаний), то необходимо разработать рабочие методики измерений с нормированными показателями точности измерений работы удара и учитывать неопределенность (погрешность) при принятии решений в соответствии с установленными требованиями.

9.2 Условия испытания

Условия испытаний и ограничения, определенные в настоящем стандарте, не должны корректироваться с учетом погрешностей измерений.

9.3 Результаты испытаний

Для оценки соответствия техническим требованиям результаты измерения работы удара используют без учета ее неопределенностей, если результаты не относятся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений.

Рекомендации по оценке неопределенности, связанной с метрологическими параметрами, представлены в приложении И.

Приложение А
(рекомендуемое)

Типовая программа и методика аттестации копра маятникового

А.1 Условия аттестации

При проведении аттестации должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха от плюс 10 °С до плюс 30 °С;
- относительная влажность воздуха от 45 % до 80 %;
- помещение должно быть изолировано от проникновения вредно действующих паров и газов.

А.2 Порядок проведения аттестации

А.2.1 Опускают маятник в нижнее положение.

А.2.2 Определяют размеры ножа маятника и опор копра с помощью штангенциркуля, угломера и радиусных шаблонов. Для измерения действительных значений радиусов допускается использовать слепочный материал на основе силикона. Допускаемые отклонения размеров – по ГОСТ 10708.

А.2.3 Определяют перпендикулярность боковых поверхностей молота относительно вертикальной и горизонтальной поверхностей опоры с помощью поверочной линейки, поверочного угольника и щупов. Допускаемое отклонение от перпендикулярности – по ГОСТ 10708.

А.2.4 Измеряют штангенциркулем расстояние в свету между опорами. Расстояние в свету между опорами при различных установках опор должно соответствовать расстояниям, указанным на установочных горизонтальных шкалах. Значение и допускаемое отклонение – по ГОСТ 10708.

А.2.5 Определяют симметричность установочной шкалы опор относительно оси ножа маятника при помощи штангенциркуля, измеряя расстояние от боковых поверхностей опор до боковых поверхностей ножа. Измерения проводят при наибольшем и наименьшем расстояниях между опорами. Допускается отклонение – по ГОСТ 10708.

А.2.6 Определяют разность между расстоянием от оси качания маятника до отметки на середине ножа и расстоянием от оси качания маятника до середины контрольного образца при помощи штангенрейсмаса. Допускаемое значение – по ГОСТ 10708.

А.2.7 Определяют касание ножа маятника с контрольным образцом при помощи щупов. Допускаемое отклонение – по ГОСТ 10708.

А.2.8 Определяют непараллельность боковых поверхностей молота относительно плоскости его качания индикатором, закрепленным в магнитной стойке так, чтобы его измерительный стержень упирался в боковую поверхность молота. Маятник перемещают в плоскости его качания. Допускаемое отклонение от параллельности – по ГОСТ 10708.

А.2.9 Определяют осевой люфт оси качания маятника индикатором, закрепленным на станине копра магнитной стойкой так, чтобы измерительный стержень упирался в торец оси

маятника. Осевой люфт определяют, перемещая ось маятника перпендикулярно плоскости качания. Допускаемое значение – по ГОСТ 10708.

А.2.10 Определяют разность между расстоянием от оси качания до середины ножа (или центра радиуса) маятника и расстоянием от оси качания до центра удара расчетным путем на основании измеренного штангенрейсмасом первого расстояния и вычисленного по ГОСТ 10708 второго расстояния. Допускаемое отклонение разности расстояний – по ГОСТ 10708.

А.2.11 Определяют отклонение от горизонтальности положения опор в направлении оси образца при помощи уровня, установленного на опоры. Отклонение от горизонтальности не должно превышать 0,15 мм на длине 100 мм.

А.3 Применяемые средства измерения должны быть поверены и иметь погрешность не более 1/3 допуска на измеряемый параметр. Допускается применение других средств измерений с лучшими или аналогичными метрологическими характеристиками.

Приложение Б
(справочное)

Построение и анализ диаграмм деформирования*

Б.1 При использовании инструментированного копра осуществляют автоматическую запись диаграмм в координатах «нагрузка (P) – время (t)» и «перемещение (u) – время (t)». По полученным диаграммам строят диаграмму деформирования в координатах «нагрузка (P) – перемещение (u)».

Б.2 Полученные с датчиков массивы измеренных данных по нагрузке и времени допускается подвергать программной (машинной) фильтрации для сглаживания кривых ударного нагружения с целью уменьшения влияния факторов, вносимых упругим взаимодействием системы «опоры – образец – боек».

Б.3 Допускается получать диаграмму «перемещение – время» путем преобразования диаграммы «нагрузка – время» по следующей процедуре.

Б.3.1 На основании диаграммы «нагрузка (P) – время (t)» определяют зависимость скорости нагружения v от времени t по уравнению

$$v(t) = v_0 - \frac{1}{m} \int_{t_0}^t p(t) dt, \quad (\text{Б.1})$$

где v_0 – начальная скорость бояка, м/с;

m – масса маятника, кг;

t_0 – момент начала ударного нагружения, с;

t – время процесса до разрушения образца, с;

P – нагрузка, Н.

Начальную скорость бояка v_0 определяют по уравнению

$$v_0 = \sqrt{2gZ_0}, \quad (\text{Б.2})$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²;

Z_0 – высота падения бояка, м.

Б.3.2 Определяют зависимость перемещения (прогиба) образца u от времени t по уравнению

$$u(t) = \int_{v_0}^t v(t) dt. \quad (\text{Б.3})$$

Б.3.3 На основании зависимостей $P(t)$ и $u(t)$ строят диаграмму деформирования «нагрузка – перемещение» как зависимость $P(u)$.

Б.4 В зависимости от характера разрушения различают три типа диаграмм:

– тип I, когда зарождение трещины приводит к нестабильному хрупкому разрушению (рисунок Б.1а);

* На территории Российской Федерации данный алгоритм регламентируется ГОСТ Р 7043-2022 Определение характеристик материалов оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Методы определения ударной вязкости и критической температуры хрупкости по результатам испытаний на ударный изгиб.

- тип II, когда после зарождения трещины наступает стадия ее стабильного развития, переходящая в стадию нестабильного развития при вязко-хрупком переходе (рисунок Б.1б);
- тип III, когда после зарождения трещины наступает стадия ее стабильного развития при полностью вязком разрушении (рисунок Б.1в).

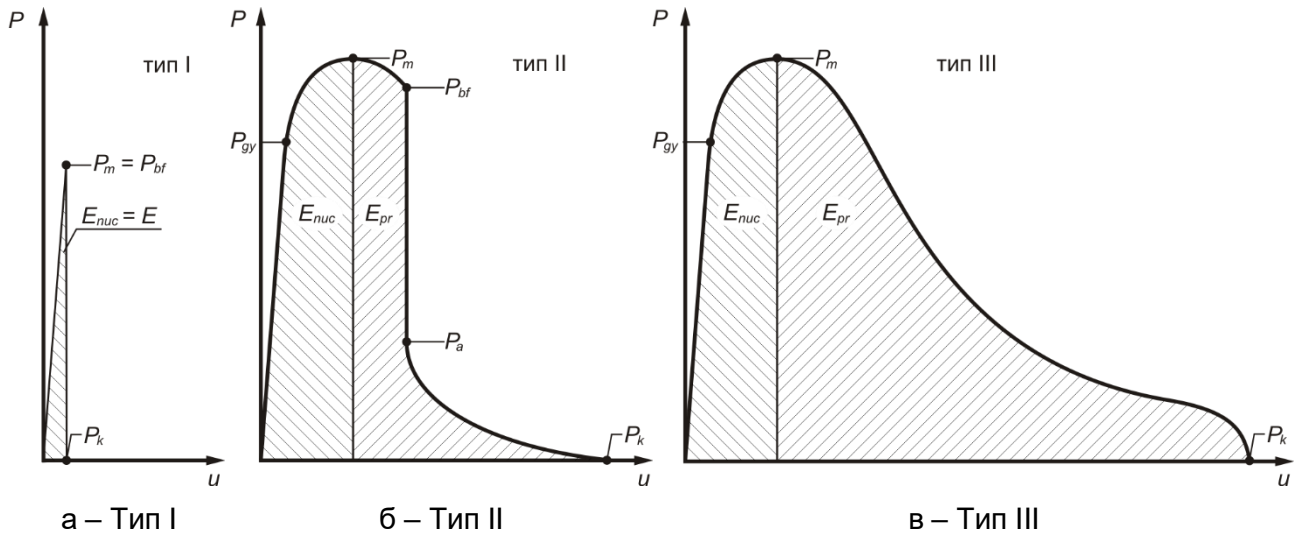


Рисунок Б.1 – Типы диаграмм деформирования при испытаниях на ударный изгиб

На диаграммах деформирования выделяют следующие характерные точки:

- P_{gy} – нагрузка, соответствующая началу текучести; эту нагрузку определяют в точке отклонения диаграммы от линейного упругого участка (без учета инерционных осцилляций, связанных с контактным взаимодействием бойка и опор);
- P_m – максимальная нагрузка на сглаженной диаграмме деформирования; в случаях, когда разрушение происходит без значимой пластической деформации (тип I) нагрузка является нагрузкой начала нестабильного развития трещины P_{bf} ,
- P_{bf} – нагрузка, соответствующая началу стадии нестабильного развития трещины (хрупкого разрушения); эту нагрузку определяют в точке начала резкого падения диаграммы;
- P_a – нагрузка, соответствующая окончанию стадии нестабильного развития трещины; эту нагрузку определяют в точке окончания резкого падения диаграммы при переходе к участку осциллирования нагрузки в зоне долома; если хрупкого разрушения нет, например, в случае полностью вязкого разрушения, то нагрузку P_a не определяют;
- P_k – нагрузка, соответствующая разрушению образца; при полном разрушении нагрузка P_k равна 0, в случае высоковязкого материала образец может не разрушиться, и в этом случае нагрузка P_k не равна 0.

Б.5 Работа удара K (Дж) может быть представлена как сумма компонент

$$K = K_{nuc} + K_{pr}, \quad (Б.4)$$

где K_{nuc} – работа, затрачиваемая на инициацию трещины у надреза, Дж;
 K_{pr} – работа, затрачиваемая на развитие трещины, Дж.

ГОСТ 9454

(проект, 2 редакция)

Работу удара K определяют, как площадь под диаграммой деформирования.

Работу, затрачиваемую на инициацию трещины у надреза, определяют как площадь под диаграммой деформирования до точки, соответствующей нагрузке P_m .

Работу, затрачиваемую на развитие трещины, определяют как площадь под диаграммой деформирования от точки, соответствующей нагрузке P_m до точки соответствующей нагрузке P_k .

Приложение В
(справочное)

Температура переохлаждения и перегрева в зависимости
от температуры испытания

| Температура испытания, °С | Температура, °С | |
|-----------------------------------|-----------------|-----------|
| | переохлаждения | перегрева |
| От минус 100 до минус 60 включ. | 4-6 | – |
| Св. минус 60 до минус 40 включ. | 3-4 | – |
| Св. минус 40 до плюс 10 включ. | 2-3 | – |
| Св. плюс 30 до плюс 200 включ. | – | 3-5 |
| Св. плюс 200 до плюс 400 включ. | – | 5-10 |
| Св. плюс 400 до плюс 500 включ. | – | 10-15 |
| Св. плюс 500 до плюс 600 включ. | – | 15-20 |
| Св. плюс 600 до плюс 700 включ. | – | 20-25 |
| Св. плюс 700 до плюс 800 включ. | – | 25-30 |
| Св. плюс 800 до плюс 900 включ. | – | 30-40 |
| Св. плюс 900 до плюс 1000 включ. | – | 40-50 |
| Св. плюс 1000 до плюс 1200 включ. | – | 50-60 |

Приложение Г
(рекомендуемое)

Протокол испытаний на ударный изгиб

Дата испытания/измерения _____

Организация, проводящая испытания/измерения _____

Марка копра/наименование оборудования _____

№ и дата свидетельства о поверке _____

Максимальная энергия удара маятника при испытании, Дж (кгс·м) _____

Испытуемый материал _____

| Номер | Маркировка образца | Тип образца | Температура испытания, °С | Ширина образца B , мм | Высота образца H , мм | Глубина концентратора h , мм | Высота рабочего сечения H_1 , мм | Работа удара K , Дж (кгс·м) | Ударная вязкость KC , Дж/см ² (кгс·м/см ²) |
|-------|--------------------|-------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|---|
| | | | | | | | | | |

Испытания провел

(личная подпись)

(инициалы, фамилия)

Протокол оформил/утвердил

(личная подпись)

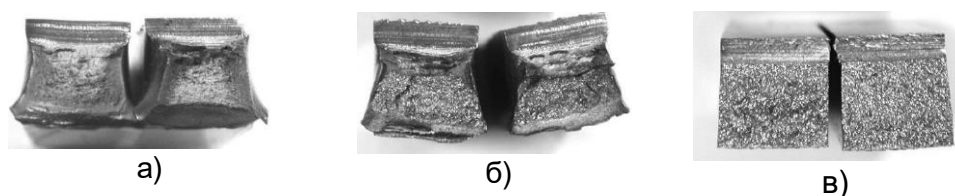
(инициалы, фамилия)

Приложение Д (рекомендуемое)

Определение доли вязкой составляющей в изломе образцов

Д.1 Поверхность излома большинства образцов представляет собой комбинацию поверхностей после вязкого разрушения (вязкая составляющая) и разрушения в виде раскалывания (хрупкая составляющая).

На рисунке Д.1 приведены фотографии характерных типов излома.



а) вязкий тип излома; б) смешанный тип излома; в) хрупкий тип излома

Рисунок Д.1 – Характерные типы излома металла

Д.2 Вязкая составляющая располагается, как правило, вокруг хрупкой составляющей, как видно из рисунка Д.2, на котором приведены фотографии изломов с различной долей вязкой составляющей.

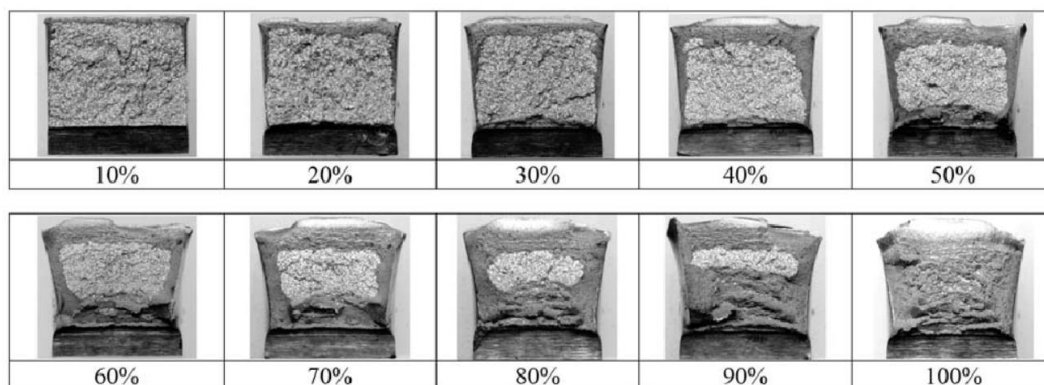


Рисунок Д.2 – Фотографии изломов с различной долей вязкой составляющей

Примечание – Если образцы разрушаются частично без разделения на две части, свободно проходят без заклинивания между подвижными и неподвижными частями копра и показывают полностью вязкий излом на разрушенной части, доля вязкой составляющей считается равной 100 %.

Д.3 Определение доли вязкой составляющей

Д.3.1 Определение *SFA* с использованием аппаратно-программных средств

Д.3.1.1 С использованием аппаратно-программных средств по 5.7 получают электронное изображение излома.

Д.3.1.2 С помощью программного обеспечения выделяют область хрупкой составляющей на электронном изображении излома и определяют ее площадь S_1 .

Д.3.1.3 Отношение площади S_1 к начальной площади рабочего сечения S_0 составляет долю хрупкой составляющей в изломе X , %, вычисляемой по формуле

$$X = \frac{S_1}{S_0} \times 100. \quad (\text{Д.1})$$

Д.3.1.4 Соответственно доля вязкой составляющей SFA , %, равна:

$$SFA = (100 - X). \quad (\text{Д.2})$$

Результат вычисления по формуле (Д.2) округляют до целых значений.

Д.3.1.5 При наличии в базе данных используемой аппаратуры электронных изображений эталонов изломов допускается программное определение значения SFA с использованием методов распознавания или искусственного интеллекта.

Д.3.2 Определение SFA с использованием шкалы эталонов [3]

Д.3.2.1 В тех случаях, когда не требуется высокая точность, долю вязкой составляющей допускается определять с помощью визуального сопоставления внешнего вида исследуемого излома (по хрупкой или вязкой составляющей – рисунок Д.2) со шкалой, приведенной на рисунке Д.3.

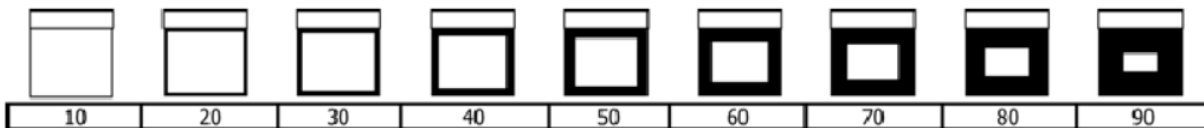


Рисунок Д.3 — Шкала определения доли вязкой составляющей в изломе образца

Определение доли вязкой составляющей методом сравнения со шкалой эталонов допускается только для сходных типов и марок металла при массовых испытаниях однотипной продукции, если перед этим создана коллекция изломов, для которых доли вязкой составляющей установлена измерениями по п. Д.3.1. Условия хранения эталонных изломов должны исключать воздействие внешней среды на их поверхности, приводящее к ошибкам при визуальном сравнении.

Д.3.3 Определение SFA с использованием ручных измерительных приборов

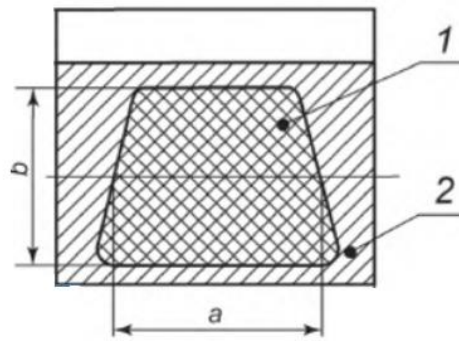
Д.3.3.1 Хрупкую составляющую в изломе образца представляют в виде трапеции.

Д.3.3.2 Измеряют среднюю линию трапеции a и высоту трапеции b линейкой или другим средством измерения с точностью до 0,5 мм, при этом погрешность измерения не должна превышать 5 %.

Д.3.3.3 По результатам полученных измерений параметров a и b площади, занимаемой хрупкой составляющей, определяют долю вязкой составляющей по формуле

$$SFA[\%] = \left(1 - \frac{a \cdot b}{B \cdot H_1}\right) \cdot 100. \quad (\text{Д.3})$$

Результат вычисления по формуле (Д.3) округляют до целых значений.



1 — площадь излома, занимаемая хрупкой составляющей; 2 — площадь, занимаемая вязкой составляющей; a — средняя линия трапеции; b — высота трапеции

Рисунок Д.4 — Схема излома образца

Д.3.4 Определение SFA с использованием планиметров [3]

Д.3.4.1 Фотографируют поверхность излома при соответствующем увеличении.

Д.3.4.2 С помощью планиметра по фотографии измеряют площадь хрупкой составляющей S_1 .

Д.3.4.3 Долю вязкой составляющей вычисляют по формулам (Д1), (Д2).

Приложение Е (справочное)

Пример определения критической температуры хрупкости

Е.1 Общие положения

Е.1 Для определения критической температуры хрупкости проводят испытания образцов типа 11 с концентратором вида V на ударный изгиб в выбранном интервале температур, который определяют на основании данных нормативных документов на испытуемый материал.

Е.2 Критерий определения критической температуры хрупкости T_k должен быть указан в нормативной документации на конкретную металлопродукцию или согласован с заказчиком.

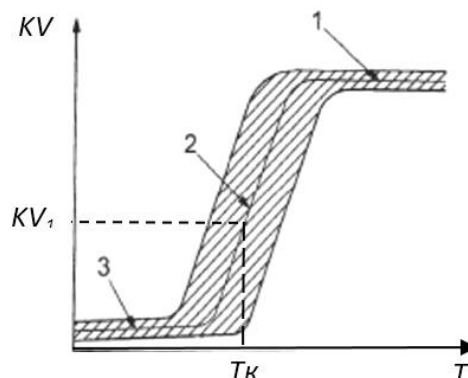
Е.3 В данном примере за критическую температуру хрупкости принимают температуру, при которой работа удара принимает определенное значение KV_1 .

Е.4 При каждой температуре испытывают не менее трех образцов.

Для каждого из испытанных образцов определяют величину работы удара.

Е.5 По результатам испытаний строят график зависимости работы удара (или другой характеристики в соответствии с выбранным по 3.20 критерием) от температуры испытаний.

Вид графика схематически показан на рисунке Е.1 [1].



T – температура; KV – работа удара; 1 – верхний пологий участок (верхняя полка);

2 – зона перехода; 3 – нижний пологий участок (нижняя полка);

KV_1 – критериальное значение работы удара; T_k – критическая температура хрупкости

Рисунок Е.1 – Кривая зависимости работы удара от температуры

Примечание – Для построения графика могут быть использованы следующие регрессионные модели

$$Y = \frac{1}{2} \left\{ Y(LS) + Y(US) + [(Y(US) - Y(LS)) \operatorname{th} \left(\frac{T - T_k}{c} \right)] \right\}; \quad (\text{Е.1})$$

$$Y = \frac{1}{2} \left\{ Y(LS) + Y(US) + [(Y(US) - Y(LS)) \operatorname{th} \left(\frac{T - T_k}{c + DT} \right)] \right\}; \quad (\text{Е.2})$$

$$Y = Y(LS) + [(Y(US) - Y(LS)) \{1 + \exp[-g(T - T_k)]\}]^m; \quad (\text{Е.3})$$

$$Y = \frac{1}{2} \left\{ Y(LS) + Y(US) + [(Y(US) - Y(LS)) \operatorname{arctg} \left[\frac{\pi}{2c(T - T_k)} \right]] \right\}; \quad (\text{Е.4})$$

ГОСТ 9454
(проект, 2 редакция)

где C , D , g , m – параметры регрессионных зависимостей (Е.1-Е.4); Y – измеряемый параметр, выбранный по одному из критериев 3.20; $Y(LS)$ и $Y(US)$ – значения параметра Y , измеренного для нижней и верхней полки соответственно.

Е.6 На графике «работа удара – температура» на оси ординат (ось KV) откладывают соответствующее критериальное значение работы удара KV_1 . Через полученную точку проводят линию, параллельную оси абсцисс (ось T) до пересечения с кривой зависимости $KV(Y)$.

Температуру, соответствующую точке пересечения, принимают за критическую температуру хрупкости T_k .

Е.7 Если значение критической температуры хрупкости указано в нормативной или иной технической документации, должно проводиться ее подтверждение в следующей последовательности:

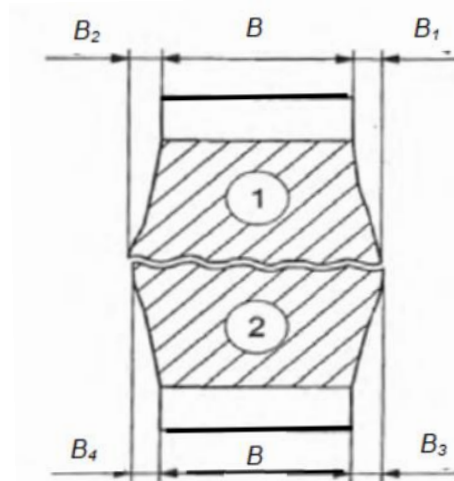
- проводят испытания на ударный изгиб при температуре T_k ;
- согласно Е.6 определяют температуру T_k .

Критическая температура хрупкости считается подтвержденной, если она в пределах погрешности измерений совпадает с температурой T_k , определенной согласно Е.6.

Приложение Ж
(рекомендуемое)

Определение бокового расширения образца

Ж.1 За боковое расширение принимают увеличение ширины образца, измеренное на стороне сжатия, напротив надреза разрушенного образца, как показано на рисунке Ж.1.



1, 2 – половины образца; B – исходная ширина образца; B_1, B_2, B_3, B_4 – размеры бокового расширения

Рисунок Ж.1 – Половины разрушенного в процессе испытания образца, соединенные для измерения бокового расширения

Ж.2 При измерении бокового расширения следует учитывать тот факт, что плоскость разрушения обычно не делит образец пополам в точке максимального расширения на обеих сторонах образца. Половина разрушенного образца может включать участок максимального расширения для обеих сторон, только одной стороне или не включать расширения вообще. Поэтому за величину бокового расширения LE принимают сумму двух значений, полученных для каждой грани, путем отдельного измерения двух половин разрушенного образца.

Ж.3 Боковое расширение на каждой грани обеих половин измеряют относительно плоскости, определяемой недеформированным участком грани образца (рисунок Ж.1).

Ж.4 Измеряют значения параметров B_1, B_2, B_3, B_4 с помощью приспособления на базе индикатора часового типа с диапазоном 10 мм и ценой деления 0,01 мм по ГОСТ 577.

Примечание – Описание подобного приспособления приведено в [1].

Ж.5 Величину бокового расширения LE рассчитывают по формуле

$$LE = \max(B_1, B_2) + \max(B_3, B_4) \quad (\text{Ж.1})$$

где $\max(B_1, B_2)$ – максимальное из значений B_1, B_2 , $\max(B_3, B_4)$ – то же для B_3, B_4 .

ГОСТ 9454

(проект, 2 редакция)

Ж.6 Если один или несколько выступов образца были повреждены при контакте с наковальной, опорной поверхностью копра и т.д., измерения для этого образца не выполняют и этот факт отражают в протоколе испытания.

Приложение И
(справочное)

Оценка неопределенности измерения работы удара

И.1 Общие положения

И.1.1 Косвенный метод вычисления неопределенности, рекомендуемый настоящим стандартом, касается неопределенности результата измерений работы удара, основанной на прослеживаемости результатов измерений к стандартному образцу утвержденного типа. Оцененная этим методом неопределенность отражает совокупный эффект от всех источников неопределенности.

И.1.2 Косвенный метод не заменяет прямого метода оценки вклада отдельных источников неопределенности в суммарную неопределенность измерения работы удара по ГОСТ 34100.3. Косвенный метод рекомендуется для мониторинга достоверности результатов в период между поверками копров.

И.2 Общая процедура

И.2.1 Источники вкладов в неопределенность

Основные факторы, которые оказывают влияние на неопределенность, связаны с:

- а) систематической погрешностью копра, определенной в результате косвенной проверки;
- б) однородностью испытуемого материала и погрешностью измерений копра;
- в) температурой испытания.

Среднюю работу удара \bar{K} (\bar{KU}, \bar{KV}) определяют по формуле

$$\bar{K} = \bar{x} - B_V - T_x, \quad (\text{И.1})$$

где \bar{x} – среднее значение работы удара K (KU, KV), полученное по результатам испытания группы из n образцов, B_V – систематическая погрешность маятникового копра, T_x – температурная погрешность измеренного значения K (KU, KV).

И.2.2 Систематическая погрешность копра

Систематическую погрешность копра по результатам поверки определяют по следующей формуле

$$B_V = \bar{K}_V - K_R, \quad (\text{И.2})$$

где \bar{K}_V (\bar{KU}_V, \bar{KV}_V) – среднее значение K (KU, KV) для эталонных образцов, полученное в ходе поверки копра, K_R (KU_R, KV_R) – нормативное значение K (KU, KV) эталонного материала, используемого для поверки копра.

В зависимости от того, насколько хорошо известна систематическая погрешность копра B_V , определяющая неопределенность, связанную с результатами поверки, возможны различные действия:

- а) B_V известна и стабильна – в этом случае, чтобы получить значение K , в наблюдаемое значение работы удара x вводится поправка, равная B_V ;

б) при отсутствии данных о величине значения B_V и ее стабильности, поправку на систематическую погрешность не вводят. В этом случае ее представляют в виде вклада в неопределенность результата поверки u_V .

Если разность между значениями \bar{K}_V и \bar{K} значительна, то значения B_V и u_V следует умножить на отношение \bar{K} / \bar{K}_V .

И.2.3 Сходимость измерений и неоднородность материала

Неопределенность значения \bar{x} , т.е. наблюдаемого среднего значения работы удара по результатам испытания n образцов, определяют по формуле

$$u(\bar{x}) = \frac{S_x}{\sqrt{n}}, \quad (\text{И.3})$$

где S_x , – среднее квадратичное отклонение значений работы удара, полученных по результатам испытания n образцов.

Значение S_x обусловлено двумя факторами: сходимостью результатов измерения копра и неоднородностью материала от образца к образцу. В протоколе рекомендуется указывать суммарную неопределенность измерения вместе со значением S_x в качестве совокупной оценки неопределенности K вследствие неоднородности материала.

Значение числа степеней свободы для $u(\bar{x})$ считают равным $n - 1$.

И.2.4 Температурная погрешность

Влияние температурной погрешности T_x на величину работы удара в значительной степени зависит от испытываемого материала. Если проводят испытания стали в области температур перехода из хрупкого состояния в вязкое, то незначительным изменениям температуры могут соответствовать большие различия в работе удара. Сложно дать обобщенный подход к расчету зависимости неопределенности измерения температуры испытания от неопределенности оценки работы удара. В связи этим допускается дополнить отчетные данные о неопределенности измерения работы удара отдельным указанием значения стандартной неопределенности температуры испытания, при которой была измерена работа удара.

И 2.5 Разрешающая способность копра

Влияние разрешающей способности копра во многих случаях является пренебрежимо малым по сравнению с влиянием других факторов на неопределенность измерений (И.2.2 и И.2.4). Исключением является случай, когда разрешающая способность копра низка, а измеряемая работа удара мала. В этом случае соответствующее влияние на неопределенность рассчитывают по формуле

$$u(r) = \frac{r}{\sqrt{3}}, \quad (\text{И.4})$$

где r – цена деления шкалы микрометра.

И.3 Комбинированная и расширенная неопределенность

И.3.1 Чтобы рассчитать $U(\bar{K})$ ($U(\bar{KU}), U(\bar{KV})$), необходимо скомбинировать факторы, влияющие на неопределенность измерений (И.2). Так как u_T рассматривают отдельно и члены $u(\bar{x})$, u_V и $u(r)$ не зависят друг от друга, комбинированную стандартную неопределенность рассчитывают по формуле

$$U(\bar{K}) = \sqrt{u^2(\bar{x}) + u_V^2 + u^2(r)}. \quad (\text{И.5})$$

И.3.2 Для расчета расширенной неопределенности комбинированную стандартную неопределенность умножают на соответствующий коэффициент охвата k . Значение k зависит от эффективного числа степеней свободы $v_{\bar{K}}$ ($v_{\bar{KU}}, v_{\bar{KV}}$) и $u(\bar{K})$ ($u(\bar{KU}), u(\bar{KV})$), которое может быть рассчитано по формуле

$$v_{\bar{K}} = \frac{u^4(\bar{K})}{\frac{u^4(\bar{x})}{v_{\bar{x}}} + \frac{u_V^4}{v_V}}. \quad (\text{И.6})$$

Коэффициент охвата k , соответствующий уровню доверия p % определяют как соответствующий квантиль $t_p(v)$ распределения Стьюдента для числа степеней свободы v .

П р и м е ч а н и е – При испытаниях на ударный изгиб количество образцов часто ограничивается 5 или даже 3. Кроме того, неоднородность образцов часто приводит к существенному значению $u(\bar{x})$. Поэтому число эффективных степеней свободы чаще всего недостаточно велико, чтобы применять коэффициент охвата k , равный 2.

И.3.3 Расширенную неопределенность $U(\bar{K})$ ($U(\bar{KU}), U(\bar{KV})$) определяют по формуле

$$U(\bar{K}) = k \cdot u(\bar{K}) = t_{95}(v_{\bar{K}}) \cdot u(\bar{K}). \quad (\text{И.7})$$

Библиография

- [1] ИСО 148-1:2016 Материалы металлические. Испытание на ударный изгиб по Шарпи с помощью маятникового копра. Часть 1. Метод испытания (Metallic materials - Charpy pendulum impact test - Part 1: Test method)
- [2] ASTM A370-22 Изделия стальные. Определения и методы механических испытаний (Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products)
- [3] ASTM E23-22 Материалы металлические. Стандартные методы испытания на ударный изгиб при использовании образцов с надрезом (Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic)

УДК 669.01:620.174:006.354

МКС 77.040.10

Ключевые слова: работа удара, ударная вязкость, концентратор, критическая температура хрупкости, вязкая составляющая, хрупкая составляющая

Директор ЦССМ
ГНЦ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина»



С.А. Горшков

С.н.с. сектора стандартизации
высоколегированных сталей и сплавов ЦССМ
ГНЦ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина»



Ю.С. Понамарева

М.н.с. сектора стандартизации
высоколегированных сталей и сплавов ЦССМ
ГНЦ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина»



Н.А. Набойченко

М.н.с. сектора стандартизации
высоколегированных сталей и сплавов ЦССМ
ГНЦ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина»



А.Ю. Чумаров

Директор ООО «Интеллект-НН»



А.Л. Углов