МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ 34163.2— 2017 (ISO 6603-2:2000)

ПЛАСТМАССЫ

Определение поведения жестких пластмасс при пробое под воздействием удара

Часть 2

Инструментальный метод

(ISO 6603-2:2000,
Plastics — Determination of puncture impact behavior
of rigid plastics — Part 2: Instrumented impact testing, MOD)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2017

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели, основные принципы и основной порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены в ГОСТ 1.0—2015 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2—2015 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Автономной некоммерческой организацией «Центр нормирования, стандартизации и классификации композитов» (АНО «Стандарткомпозит») при участии Объединения юридических лиц «Союз производителей композитов» («Союзкомпозит») на основе официального перевода на русский язык англоязычной версии указанного в пункте 5 стандарта, который выполнен ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 7 июня 2017 г. № 99-П)

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
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Россия	RU	Росстандарт
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 5 сентября 2017 г. № 999-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 34163.2—2017 (ISO 6603-2:2000) введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июля 2018 г.

5 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту ISO 6603-2:2000 «Пластмассы. Определение поведения жестких пластмасс при проколе под воздействием удара. Часть 2. Испытание на пробой с помощью инструмента» («Plastics — Determination of puncture impact behavior of rigid plastics — Part 2: Instrumented impact testing», MOD).

Дополнительные слова и фразы, включенные в текст стандарта для учета особенностей российской национальной стандартизации и/или особенностей межгосударственной стандартизации стран, указанных выше, выделены курсивом.

Ссылки на международные стандарты, которые не приняты в качестве межгосударственных стандартов, заменены на соответствующие межгосударственные стандарты.

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ 1.5 (подраздел 3.6).

Сведения о соответствии ссылочных межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте, приведены в дополнительном приложении ДА

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, 2017

В Российской Федерации настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Сущность метода 6
5 Аппаратура 6
6 Образцы для испытания 10
7 Проведение испытания 10
8 Обработка результатов 11
9 Прецизионность 12
10 Протокол испытания 12
Приложение А (справочное) Интерпретация сложных диаграмм «усилие — деформация (прогиб)» 14
Приложение В (справочное) Трение между бойком и испытуемым образцом 16
Приложение С (справочное) Помещение образца в зажимы 19
Приложение D (справочное) Переход из вязкого состояния в хрупкое 20
Приложение Е (справочное) Влияние толщины образца 21
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте 23
Библиография 24

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ПЛАСТМАССЫ

Определение поведения жестких пластмасс при пробое под воздействием удара

Часть 2

Инструментальный метод

Plastics. Determination of puncture impact behavior of rigid plastics.
Part 2. Instrumented method

Дата введения — 2018—07—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает метод определения свойств жестких пластмасс в форме плоских образцов, например дисков или квадратов с применением приборов для измерения усилия и деформации (прогиба). Метод применяют для получения диаграмм зависимости «усилие — деформация (прогиб)» или «усилие — время», записанных при постоянной номинальной скорости бойка, и он необходим для детальной характеристики поведения пластмасс под действием удара.

Если для определения свойств пластмасс при ударе достаточно определить энергию разрушения при ударе на основе испытания большого количества образцов, можно использовать ГОСТ 34163.1—2017 (ISO 6603-1:2000).

Целью настоящего стандарта не является интерпретация механизма разрушения в каждой конкретной точке диаграммы «усилие — деформация (прогиб)». Это входит в задачи научно-исследовательских работ.

Примечание — См. также ГОСТ 34163.1—2017 (ISO 6603-1:2000), раздел 1.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие межгосударственные стандарты:

ГОСТ 14359—69 Пластмассы. Методы механических испытаний. Общие требования

ГОСТ 34163.1—2017 (ISO 6603-1:2000) Пластмассы. Определение поведения жестких пластмасс при пробое под воздействием удара. Часть 1. Неинструментальный метод

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

Издание официальное

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **скорость при ударе v_0, м/с:** Скорость бойка относительно опоры в момент удара.

3.2 **усилие *F*, Н:** Усилие, оказываемое бойком на испытуемый образец в направлении удара.

3.3 **деформация (прогиб) *l*, мм:** Смещение бойка относительно опоры образца, возникающее в момент первого касания бойком испытуемого образца.

3.4 **энергия *E*, Дж:** Энергия, затраченная на деформацию и пробой испытуемого образца на величину прогиба *l*.

Примечание — Энергию определяют путем вычисления площади под кривой «усилие — деформация (прогиб)» между точкой удара и прогиба *l*.

3.5 **максимальное усилие F_M, Н:** Наибольшее усилие, возникающее во время испытания (см. рисунки 1—4).

3.6 **деформация (прогиб) при максимальном усилии l_M, мм:** Прогиб, полученный при максимальном усилии F_M (см. рисунки 1—4).

3.7 **энергия при максимальном усилии E_M, Дж:** Энергия, затраченная на достижение прогиба l_M при максимальном усилии (см. рисунки 1—4).

3.8 **деформация (прогиб) при пробое l_P, мм:** Прогиб, при котором усилие падает до половины значения максимального усилия F_M (см. рисунки 1—4 и примечание к 3.9).

3.9 **энергия пробоя E_P, Дж:** Энергия, затраченная на деформацию (прогиб) при пробое l_P (см. рисунки 1—4 и примечание).

Примечание — При испытании вязких материалов преобразователь (датчик) устанавливают на некотором расстоянии от кончика бойка, чтобы зарегистрировать силу трения, действующую между цилиндрической частью бойка и пробиваемым материалом. Соответствующую энергию трения (фрикционного взаимодействия) не следует учитывать при вычислении энергии пробоя, при которой усилие падает до половины значения максимального усилия F_M.

3.10 **разрушение при ударе:** Механическое повреждение испытуемого материала, которое может представлять собой любой из перечисленных ниже типов (см. примечание):

a) YD пластическая деформация (yielding) (нулевой наклон при максимальном усилии) с последующей глубокой вытяжкой;

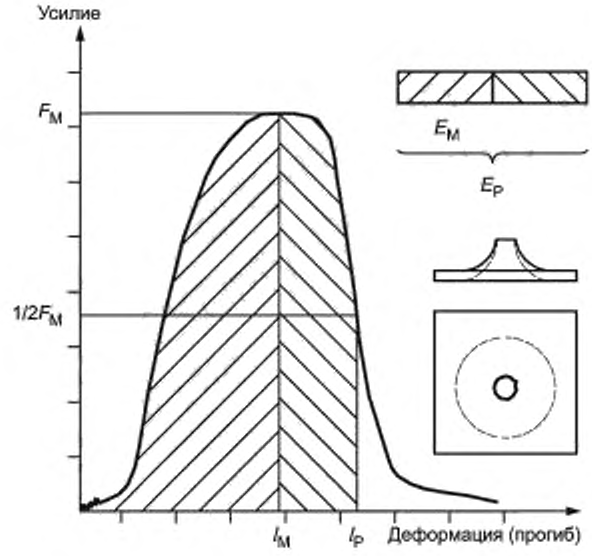
b) YS пластическая деформация (yielding) (нулевой наклон при максимальном усилии) с последующим стабильным распространением (по крайней мере, частично) трещины;

c) YU пластическая деформация (yielding) (нулевой наклон при максимальном усилии) с последующим нестабильным растрескиванием;

d) NY отсутствие пластической деформации.

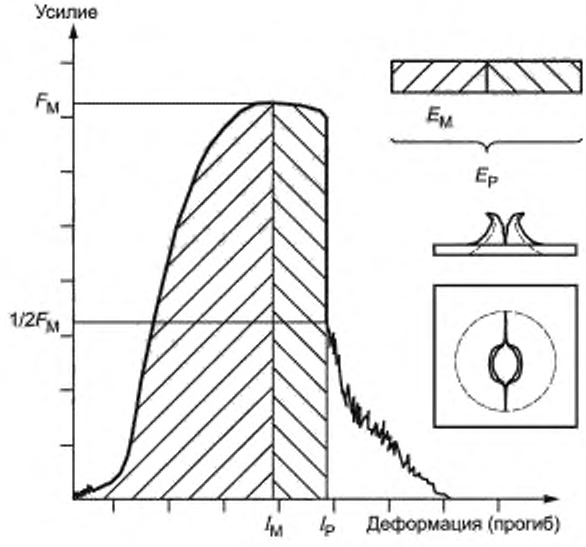
См. рисунки 1—4.

Примечание — Сравнение рисунков 2 и 3 показывает, что деформация (прогиб) при пробое l_P и энергия пробоя E_P идентичны для типов YS и YU. Как показано на рисунке 4, идентичные значения при максимальном усилии и пробое обнаружены для прогиба, а также для энергии в случае разрушения типа YU. Для сложного поведения образцов — см. приложение А.



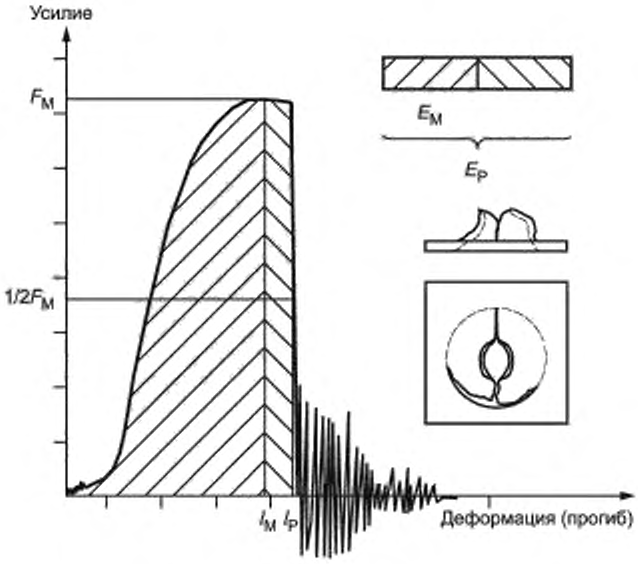
F_M — максимальное усилие; E_M — энергия при максимальном усилии, E_P — энергия пробоя; l_M — деформация (прогиб) при максимальном усилии; l_P — деформация (прогиб) при пробое

Рисунок 1 — Пример диаграммы «усилие — деформация (прогиб)» для разрушения в виде пластической деформации (нулевой наклон при максимальном усилии) с последующей глубокой вытяжкой и типичный вид образцов после испытания (со смазкой)



F_M — максимальное усилие, E_M — энергия при максимальном усилии; E_P — энергия пробоя, l_M — деформация (прогиб) при максимальном усилии; l_P — деформация (прогиб) при пробое

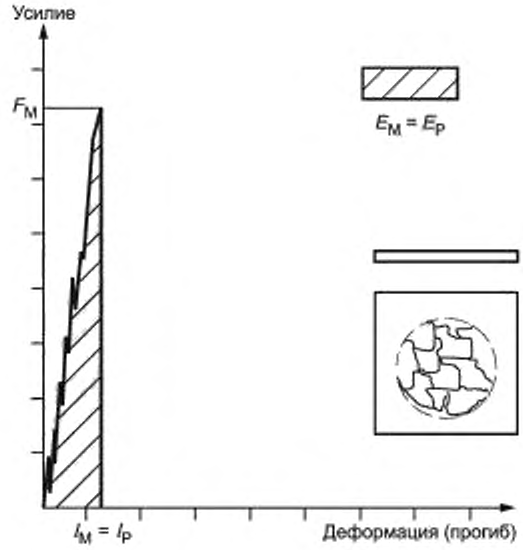
Рисунок 2 — Пример диаграммы «усилие — деформация (прогиб)» для разрушения в виде пластической деформации (нулевой наклон при максимальном усилии) с последующим стабильным распространением трещины и типичный вид образцов после испытания (со смазкой)



F_M — максимальное усилие; E_M — энергия при максимальном усилии; E_P — энергия пробоя; l_M — деформация (прогиб) при максимальном усилии; l_P — деформация (прогиб) при пробое

Рисунок 3 — Пример диаграммы «усилие — деформация (прогиб)» для разрушения в виде пластической деформации (нулевой наклон при максимальном усилии) с последующим нестабильным распространением трещины и типичный вид образцов после испытания (со смазкой)

Примечание — Собственную вибрацию детектора нагрузки можно увидеть после нестабильного растрескивания (боек и датчик усилия).



F_M — максимальное усилие; E_M — энергия при максимальном усилии; E_P — энергия пробоя, l_M — деформация (прогиб) при максимальном усилии, l_P — деформация (прогиб) при пробое

Рисунок 4 — Пример диаграммы «усилие — деформация (прогиб)» для разрушения без пластической деформации с последующим нестабильным распространением трещин и типичный вид образцов после испытания (со смазкой)

4 Сущность метода

Испытуемый образец пробивают в середине с помощью смазанного бойка перпендикулярно к поверхности при равномерной номинальной скорости. Полученные в результате измерения диаграммы «усилие — деформация (прогиб)» или «усилие — время» записывают с помощью электронной аппаратуры. Во время испытания испытуемый образец можно удерживать в зажимах.

Диаграмма зависимости «усилие — деформация (прогиб)», полученная при этих испытаниях, показывает поведение образца под действием удара, по которому можно судить о некоторых характеристиках материала.

5 Аппаратура

5.1 Испытательное устройство, состоящее из следующих основных частей:

- носитель энергии — обычно падающий груз, можно использовать груз с гидравлическим приводом (5.1.1);
- боек со смазкой;
- опора для образца (рекомендуется с зажимным устройством).

Испытательное устройство должно обеспечивать пробой испытуемого образца в центре при постоянной скорости перпендикулярно к поверхности образца. Аппаратура должна обеспечивать измерение усилия, оказываемого на испытуемый образец в направлении удара, и прогиб испытуемого образца в направлении удара (см. рисунок 5).

5.1.1 Носитель энергии с предпочтительной скоростью удара v_0 (4,4 ± 0,2) м/с (3.1).

Для исключения получения несопоставимых результатов в связи с вязкоупругими свойствами испытуемого материала снижение скорости носителя энергии в процессе испытания не должно превышать 20 %.

Примечание — Для хрупких материалов более подходящей может быть скорость удара, равная 1 м/с, т. к. при этой скорости снижается уровень вибрации и шума и улучшается качество диаграммы «усилие — деформация (прогиб)» (см. приложение А).

5.1.1.1 Носитель энергии с использованием гидравлического привода представляет собой высокоскоростную испытательную машину с соответствующими приспособлениями.

При использовании таких машин любое отклонение скорости бойка относительно опоры в момент удара от заданной скорости должно контролироваться, например путем записи кривых «прогиб — время» и проверки их наклона.

5.1.1.2 Носитель энергии с использованием падающего груза, который ускоряется за счет силы гравитации, с пружинным или пневматическим приводом представляет собой испытательную машину с падающим заостренным грузом.

Если при использовании машин с падающим грузом пренебречь потерями на трение, то скорость удара v_0 соответствует высоте падения носителя энергии H_0, равной (1,0 ± 0,1) м.

Для всех носителей энергии типа падающего груза скорость удара измеряют с помощью датчиков измерения скорости, размещенных вблизи точки удара. Максимальное снижение скорости во время испытания приводит к минимальной массе носителя энергии m_C, кг, в соответствии с неравенствами (см. примечание).

$$m_C \geq 6E^*/v_0^2 , \quad (1)$$

$$m_C \geq 0{,}31E^* \text{ для } v_0 = 4{,}4 \text{ м/с} , \quad (2)$$

где E^* — максимальная энергия пробоя, Дж (см. 3.9);

v_0 — скорость удара (4,4 м/с, см.3.1).

Примечание — В большинстве случаев взвешенный носитель энергии общей массой m_C , равной 20 кг, считают достаточным для большого бойка и массой 5 кг — для малого бойка (5.1.2).

5.1.2 Рекомендуется использовать стальной боек с полированной, полусферической ударной поверхностью диаметром $D_т$ (20,0 ± 0,2) мм. Допускается использовать боек с ударной поверхностью диаметром (10,0 ± 0,1) мм.

Примечание — Размеры бойка и состояние поверхности будет влиять на результаты испытания на удар.

Боек изготовляют из любого материала, имеющего достаточное сопротивление износу и достаточно прочного, чтобы предотвратить пластическую деформацию. Обычно применяют закаленную сталь или материалы с более низкой плотностью (например, титан).

Полусферическую поверхность бойка необходимо смазать, чтобы уменьшить трение между бойком и испытуемым образцом (см. примечание и приложение В).

Примечание — Результаты испытания, полученные с помощью смазанного и сухого бойка, могут отличаться. При температурах ниже температуры окружающей среды конденсат может действовать как смазка.

Датчик нагрузки должен быть установлен как можно ближе к кончику бойка, чтобы свести к минимуму все внешние силы, и достаточно близко, чтобы выполнялось требование к частотной характеристике (см. 5.2), см. рисунок 5.

5.1.3 Опорное кольцо (см. рисунки 5 и 6), помещенное на жесткое основание и сконструированное так, что под испытуемый образец не попадает воздух; таким образом исключается возможный эффект пружины. Пространство под опорным кольцом должно быть достаточным, чтобы боек мог переместиться после пробоя испытуемого образца.

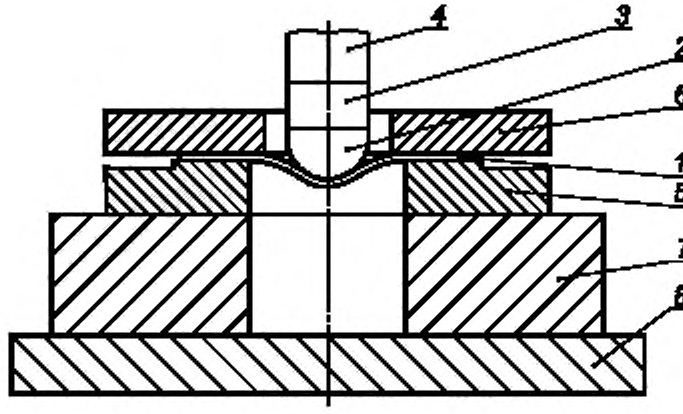
Внутренний диаметр опорного кольца (40 ± 2) мм или (100 ± 5) мм, минимальная высота 12 мм.

5.1.4 Основание для испытательной установки, прочно прикрепленное к жесткой конструкции, так чтобы масса основания (см. рисунок 5) имела достаточную жесткость, чтобы свести к минимуму прогиб опоры образца.

При расчете деформации (прогиба) по кинетической энергии падающего груза используют минимальное значение соотношения масс основания (m_B) и носителя энергии (m_C), m_B/m_C, равное 10.

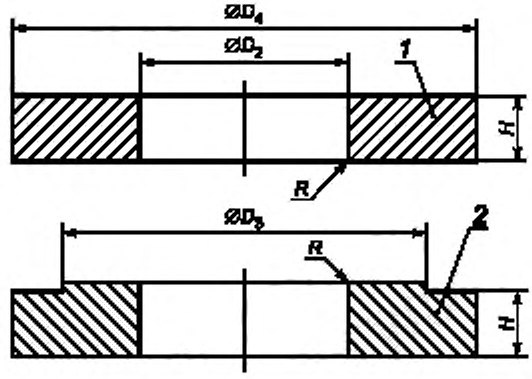
Это предотвращает передачу основанию ускорения, превышающего 1 % от скорости удара, до конца испытания. Для непосредственно измеряемых прогибов это минимальное отношение является только рекомендацией.

Примечание — Более подробный расчет деформации с использованием кинетической энергии падающего груза приведен в [1].



1 — испытуемый образец, *2* — полусферический кончик бойка; *3* — датчик нагрузки (предпочтительное расположение), *4* — стержень, *5* — опора испытуемого образца; *6* — зажимное кольцо (необязательно). *7* — основание; *8* — акустическая изоляция (не обязательно)

Рисунок 5 — Пример испытательной установки



1 — зажимное кольцо (не обязательно), *2* — опора испытуемого образца

В миллиметрах

Размеры	Тип образца	
	Квадрат со стороной	Диск диаметром
D2	40 ± 2	100 ± 5
D3	60	140
D4	более 90	более 140
H	12	12
R	1	1

Рисунок 6 — Зажимное устройство (схематическое изображение)

5.1.5 Зажимное устройство (не обязательно), состоящее из двух частей, опорного кольца и зажимного кольца (см. рисунок 6) для испытуемых образцов в виде диска. Внутренний диаметр зажимного устройства (40 ± 2) мм или (100 ± 5) мм.

Зажим действует путем приложения усилия к образцу. Рекомендуемое усилие не менее 3 кН.

Примечание — Успешно применяют зажимы с пневматическим приводом или действующие с помощью винтов. Результаты, полученные для испытания с применением зажимов и без них, отличаются (см. приложение С).

5.2 Приборы для измерения усилия и деформации (прогиба)

5.2.1 Система для измерения усилия, прикладываемого к образцу

Боек может быть оснащен тензометрами или пьезоэлектрическим датчиком нагрузки, который необходимо разместить близко к кончику бойка. Также допускается любой другой удобный метод измерения усилия.

Система измерения должна обеспечивать регистрацию усилий с точностью ± 1 % от соответствующего максимального усилия.

Перед испытанием систему измерения усилия следует откалибровать. Калибровку можно выполнять статическим методом (например, путем приложения известных нагрузок к бойку) или динамическим методом.

Погрешность измерения усилия после калибровки должна быть менее ± 0,5 % от усилий, использованных при калибровке.

В связи с тем, что продолжительность испытания незначительна, следует применять только электронные датчики нагрузки с высокой собственной частотой (см. примечание 1).

Собственная частота f_n испытательного устройства (боек плюс датчик нагрузки) должна соответствовать условию $f_n \geq 6$ кГц.

Для интерпретации сложных кривых «усилие — деформация (прогиб)» могут потребоваться более высокие значения собственной частоты f_n (см. приложение А). Для обнаружения первого повреждения, показанного на рисунке А.2, собственная частота должна соответствовать условию $f_n \geq 5/\Delta t_E$.

где f_n — собственная частота, кГц;

Δt_E — время достижения (появления) соответствующего элемента кривой «усилие — деформация (прогиб)», мс (см. рисунок А.2).

Собственную частоту можно проверить путем изучения колебаний, возникающих вслед за хрупким разрушением или расколом (см. рисунок 3).

Для полосы пропускания последовательности усилителей (прямого тока или усилителя несущей частоты) нижняя граница равна 0 Гц, а верхняя граница должна быть не менее 100 кГц, суммированная с частотой стробирования не менее 100 кГц (см. примечания 3 и 4).

Примечания:

1 Примером такой последовательности измерений является пьезоэлектрический датчик нагрузки, установленный между бойком и стержнем (см. рисунок 5) и соединенный с электрометрическим усилителем.

2 Если, например, увеличение прогиба ($\Delta t_E \cdot v_0$) на протяжении элемента кривой (см. рисунок А.1) равно только 1 мм (10^{-3}м) при скорости удара v_0, равной 4,4 м/с, то соответствующее время появления этого элемента равно $\Delta t_E = [(10^{-3}\text{м})/(4{,}4\text{м/с})] = 2 \times 10^{-4}$ с, что дает минимальную собственную частоту $f_n \geq [5/(2 \times 10^{-4}\text{ с})] = 25$ кГц.

3 При испытании очень хрупких материалов упругий удар может вызвать резонансные колебания, затрудняя интерпретацию кривой «усилие — деформация (прогиб)» (см. приложение А). В этом случае рекомендуется осуществить низкочастотную фильтрацию на записанной диаграмме (или ее части) «усилие — время», хотя точность измерений при этом уменьшается.

Если после испытания используют фильтрацию, тип фильтра и его основные характеристики необходимо указать в протоколе испытания.

4 Вибрация испытуемого образца (см. рисунок А.3) и испытательной установки, а также равномерный шум на записи самописца (3.5) создают неопределенности при измерении максимального усилия (3.5), но практически не влияют на энергию пробоя (3.9).

5.2.2 Система измерения деформации (прогиба), состоящая из электронного преобразователя для определения прогиба испытуемого образца, для получения диаграммы «усилие — деформация (прогиб)».

В большинстве случаев измерительные устройства для определения усилия и прогиба дают разность времени прохождения, создавая смещения времени на кривой «усилие — деформация (прогиб)», которое увеличивается пропорционально скорости удара. Временные характеристики необходимо синхронизировать по сдвигу времени, соответствующему этой разности времени прохождения.

Для машин с применением падающего груза можно измерять только зависимость «усилие — время» и вычислять прогиб в соответствии с 8.2.1.

5.3 Толщиномер — по ГОСТ 34163.1—2017 (ISO 6603-1:2000) (подраздел 5.2).

6 Образцы для испытания

6.1 Форма и размеры

Форма и размеры образцов — по ГОСТ 34163.1—2017 (ISO 6603-1:2000) (подраздел 6.1).

6.2 Подготовка образцов для испытания

Подготовка образцов для испытания — по ГОСТ 34163.1—2017 (ISO 6603-1:2000) (подраздел 6.2).

6.3 Неоднородные образцы для испытания

Неоднородные образцы для испытания — по ГОСТ 34163.1—2017 (ISO 6603-1:2000) (подраздел 6.3).

6.4 Проверка испытуемых образцов

Проверка испытуемых образцов — по ГОСТ 34163.1—2017 (ISO 6603-1:2000) (подраздел 6.4).

6.5 Число образцов для испытания

Если испытания проводят при постоянных условиях, необходимо испытать не менее 5 образцов, а в случае испытаний, проводимых при возникновении разногласий, требуется 10 образцов. Если необходимо определить зависимость измеряемых значений от температуры, относительной влажности или других параметров, число испытуемых образцов можно сокращать в зависимости от статистического разброса результатов испытания.

Если требуется большое число образцов для испытания, например для определения температурной зависимости измеренных величин, число образцов выбирают в соответствии с принципами статистики.

6.6 Кондиционирование испытуемых образцов

Кондиционирование испытуемых образцов — по ГОСТ 34163.1—2017 (ISO 6603-1:2000) (подраздел 6.6).

7 Проведение испытания

7.1 Условия испытания — по ГОСТ 34163.1—2017 (ISO 6603-1:2000), подраздел 7.1.

7.2 Измерение толщины — по ГОСТ 34163.1—2017 (ISO 6603-1:2000), подраздел 7.2.

7.3 Помещение образца для испытания в зажимное устройство (не обязательно) — по ГОСТ 34163.1—2017 (ISO 6603-1:2000), подраздел 7.3.

7.4 Смазка — по ГОСТ 34163.1—2017 (ISO 6603-1:2000), подраздел 7.4.

7.5 Испытание на пробой

Помещают образец для испытания на опорное кольцо (5.1.3); если это предусмотрено, предварительно помещают образец в зажимное устройство (5.1.5).

Испытание на пробой проводят при скорости, заданной в соответствии с 5.1.1.2. Следует убедиться путем проверки записи диаграммы «усилие — время» или с помощью формул 1 и 2 при равенстве энергии $E^* = E_P$, что во время испытания скорость меняется не более чем на 20 %.

8 Обработка результатов

8.1 Диаграммы «усилие — время» или «усилие — деформация (прогиб)» принимают за результат испытания. Значения показателей вычисляют, используя данные этих диаграмм.

Если нет других указаний, за результат испытания принимают значения следующих показателей:

- l_M — деформация (прогиб) при максимальном усилии (3.6), мм;
- E_M — энергия при максимальном усилии (3.7), Дж;
- F_M — максимальное усилие (3.5), Н;
- l_P — деформация (прогиб) при пробое (3.8), мм;
- E_P — энергия пробоя (3.9), Дж.

Определяют тип разрушения в соответствии с 3.10 и рисунками 1—4. Для типов разрушения YS и YU проверяют, чтобы силы трения не влияли на диаграмму «усилие — деформация» при больших прогибах (см. примечание к 3.10).

Для сложного поведения см. приложение А.

8.2 Вычисление прогиба

Если результаты испытания получены в форме диаграммы «усилие — деформация (прогиб)», то максимальное усилие F_M, деформацию (прогиб) при максимальном усилии l_M и деформацию (прогиб) при пробое l_P можно определить непосредственно на диаграмме.

Энергию при максимальном усилии E_M и энергию пробоя E_P (см. рисунки 1—4) определяют путем измерения площади под кривой «усилие — деформация (прогиб)», используя планиметр, компьютерный анализ или другие пригодные средства.

Для носителей энергии типа падающего груза (5.1.2), в которых практически отсутствуют потери на трение при ударе, деформацию испытуемого образца нельзя измерить непосредственно с помощью системы измерения смещения. В этом случае деформацию (прогиб) $l(t)$ м рассчитывают по диаграмме «усилие — время», используя формулу 3.

$$l(t) = v_0 t - \frac{1}{m_C}\left[\int_0^t F(t)\,dt_1\right]dt + \frac{1}{2}gt^2, \tag{3}$$

где v_0 — скорость удара (3.1), м/с;

t — время после удара, при котором необходимо рассчитать деформацию (прогиб), с;

$F(t)$ — усилие, измеренное в любой момент времени после удара, Н;

m_C — масса падающего груза-носителя энергии, кг;

g — ускорение свободного падения в данном месте, м/с^2.

Последнее слагаемое формулы 3 применимо только для носителя энергии, движущегося вертикально, поэтому его относительный вклад увеличивается с уменьшением скорости удара (высоты падения бойка).

8.3 Вычисление энергии

Поскольку усилие и деформация (прогиб) для определенного времени при испытании известны, необходимо вычислить E_j, Дж, энергию, затраченную до конкретного времени t_j, путем определения площади под кривой «усилие — деформация (прогиб)» по формуле 4

$$E_j = \int_0^{l_j} F(l)dl. \tag{4}$$

где $F(l)$ — усилие при деформации (прогибе) l, H;

l — деформация (прогиб), м;

j — подстрочный индекс, обозначающий одну из следующих точек:

M — максимум;

P — пробой.

Примечание — Вместо диаграммы или наряду с ней значения усилий и деформаций (прогибов) можно регистрировать электронными средствами. Это также применяется к энергии при максимальном усилии и энергии пробоя после электронного интегрирования.

В случае свободных от трения носителей энергии, наносящих удар горизонтально, энергию E_j, Дж, можно вычислить без использования диаграммы «деформация (прогиб) — время» по формулам 5 и 6 (см. примечание):

$$E_j = E_{ja}\left(1 - \frac{E_{ja}}{4E_C}\right); \quad (5)$$

$$E_{ja} = v_0 \int_0^{t_1} F(t_1)dt_1, \quad (6)$$

где E_{ja} — приближенное значение энергии, рассчитанной при допущении, что скорость v_0 постоянна, Дж;

E_C — энергия носителя энергии непосредственно перед ударом, Дж;

$F(t_1)$ — усилие в момент времени t_1, Н.

Примечание — Формула 5 основана на сохранении энергии и момента, без учета влияния гравитации. Значение второго сомножителя в скобках менее 5 %, если отношение E^*/E_C (максимальной энергии, которую надо измерить, к энергии носителя энергии) менее 0,2.

8.4 Статистические параметры

Вычисляют среднеарифметическое значение, стандартное отклонение среднего значения и коэффициент вариации по ГОСТ 14359 показателей, перечисленных в 8.1, для каждой серии испытаний.

8.5 Значащие цифры

Все вычисленные среднеарифметические значения округляют до двух значащих цифр.

9 Прецизионность

Прецизионность данного метода испытания не известна, т. к. межлабораторные данные отсутствуют. Когда эти данные будут получены, они будут включены в текст при пересмотре настоящего стандарта.

10 Протокол испытания

Протокол испытания должен содержать:

a) ссылку на настоящий стандарт;

b) параметры испытания, идентифицированные следующим образом:

- диаметр опорного кольца 40 мм (или 100 мм);
- диаметр бойка 20 мм (или 10 мм);
- находился ли образец в зажимах *C* (или без зажимов *U*);
- скорость удара 4,4 м/с (или другая).

c) тип, идентификационный знак, происхождение, дату приемки и другие данные, относящиеся к испытуемому материалу, например покрытый, текстурированный или имеющий ориентированную структуру;

d) форму и размеры образцов для испытания;

e) метод подготовки испытуемых образцов;

f) среднюю толщину испытуемых образцов, измеренную в соответствии с 7.2;

g) условия испытания и кондиционирования, если проводили кондиционирование;

h) число испытанных образцов;

i) внешний вид образцов после испытания (не обязательно);

j) согласованный критерий удар-разрушение, если отличается от приведенного в 3.8;

k) собственную частоту устройства для измерения усилия;

l) тип и основные характеристики фильтрации после испытания, если использовалась;

m) индивидуальные значения результатов испытания, среднеарифметическое значение, стандартное отклонение среднего значения и коэффициент вариации, а также 95 %-ные доверительные интервалы этих средних значений следующих показателей, если нет других указаний:

- максимального усилия F_M, Н;
- деформации (прогиба) при максимальном усилии l_M, мм;
- энергии при максимальном усилии E_M, Дж;
- энергии пробоя E_P, Дж;
- деформации (прогиба) при пробое l_P, мм;

n) тип разрушения (3.10);

o) диаграммы «усилие — деформация (прогиб)» или «усилие — время»;

p) дату проведения испытания.

Приложение А
(справочное)

Интерпретация сложных диаграмм «усилие — деформация (прогиб)»

При проведении большинства испытаний диаграмма «усилие — деформация (прогиб)» получается более сложной, чем показано на рисунках А1—А4. В этих случаях точку повреждения D нельзя определить простым способом из диаграммы «усилие — деформация (прогиб)», используя стандартную процедуру.

Путем сопоставления диаграммы «усилие — деформация (прогиб)» с испытанным образцом в большинстве случаев можно сделать надежный вывод в отношении согласованной точки повреждения.

Практически испытание на удар можно проводить с более низкой энергией (высотой падения), используя систему падающего груза, и соответственно при более низких скоростях, используя системы с гидравлическим приводом. В первом случае следует выбирать значение энергии, немного большее, чем ожидаемая энергия пробоя.

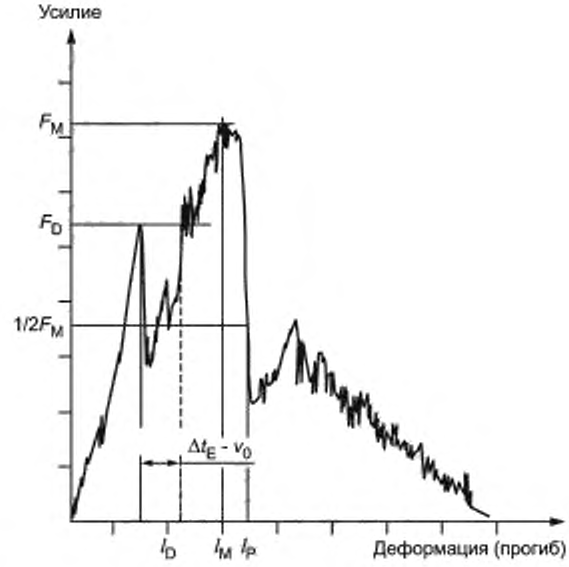
Данный метод рекомендуют применять для испытания хрупких или армированных волокнами материалов. В этих случаях наклон в поднимающейся части диаграммы «усилие — деформация (прогиб)» считается показателем первого повреждения, D (см. рисунок А.1).

Для хрупких и наполненных волокнами материалов максимальное усилие обычно соответствует усилию зарождения трещины, поэтому очень часто в результате образования трещины, необходимой для пробоя, возникает второй пик (см. рисунки А.1 и А.2).

Множество пиков на диаграмме «усилие — деформация (прогиб)» может появиться в результате резонанса (см. рисунок А.3). Интерпретация такой диаграммы очень сложна, даже если условие, заданное в 5.2.1, по собственной частоте испытательного устройства соблюдается.

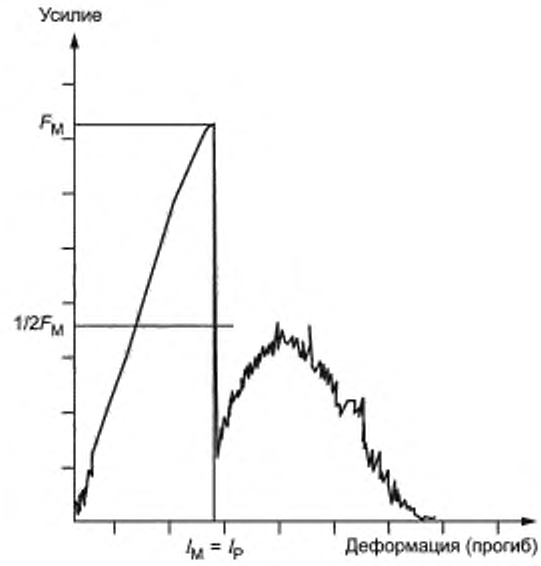
Визуальная оценка разрушенного образца является единственным способом описания характера повреждения под действием удара.

В этом случае визуальная оценка разрушенного образца является единственным способом описания характера повреждения под действием удара.



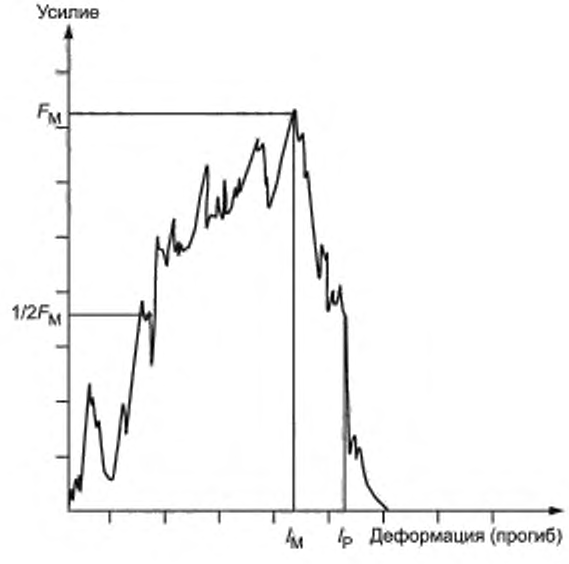
Первое повреждение (D) путем пробоя (P), Δt_E — время наступления первого повреждения на диаграмме «усилие — время», v_0 — скорость удара, F_M — максимальное усилие; l_M — деформация (прогиб) при максимальном усилии, l_P — деформация (прогиб) при пробое

Рисунок А.1 — Схематическое изображение диаграммы «усилие — деформация (прогиб)» для хрупкого и армированного текстилем или волокном материала, показывающее первое повреждение после пробоя



F_M — максимальное усилие, l_M — деформация (прогиб) при максимальном усилии; l_P — деформация (прогиб) при пробое

Рисунок А.2 — Схематическое изображение диаграммы «усилие — деформация (прогиб)» для хрупкого или армированного волокном материала



F_M — максимальное усилие; l_M — деформация (прогиб) при максимальном усилии; l_P — деформация (прогиб) при пробое

Рисунок А.3 — Схематическое изображение диаграммы «усилие — деформация (прогиб)» для расщепляющегося материала под действием сильного резонанса испытуемого образца

Приложение В
(справочное)

Трение между бойком и испытуемым образцом

В результате двухосного симметричного напряжения разрушение образца в испытании на пробой ожидается в точке максимального теоретического напряжения, т.е. в центре образца.

Однако часто наблюдается круговая трещина с последующим выбиванием части материала в форме круглого «колпачка». Очевидно, этот эффект вызван уменьшением напряжения в верхней точке в результате трения. Максимальное напряжение и, следовательно, местоположение разрушения сдвигается на круг контакта бойка с образцом (см. рисунок В.1).

Поэтому часть объема образца, которая аккумулирует и поглощает энергию во время испытания, значительно зависит от трения. Кроме того, в результате трения могут возникнуть другие неблагоприятные условия:

- в результате действия трения, силы, возникающие при испытании на пробой, увеличиваются неконтролируемым образом;
- для некоторых материалов можно наблюдать вызванное трением истирание полимера.

Истертый материал прилипает к кончику бойка вместе с отложениями, возникшими, например из-за наличия добавок веществ, применяемых для облегчения извлечения образца из формы, или наружной смазки. В результате такого отложения резко увеличивается разброс, который можно уменьшить только путем тщательной очистки кончика бойка перед каждым испытанием (см. рисунок В.1);

- тип охлаждения оказывает значительное влияние на пластичность при пробое. Если испытывают холодные образцы при комнатной температуре, тонкая пленка воды или льда от конденсирующейся на поверхности образца влаги из атмосферы действует как смазка. Поэтому кажущийся подъем пластичности, зависящей от температуры, приходится на 0 °С (см. рисунок В.2);
- на результаты испытания на пробой может повлиять материал, из которого изготовлен боек, шероховатость поверхности бойка и испытуемого образца.

Смазка бойка помогает преодолеть эти недостатки. Разрушение происходит в середине образца, как и ожидается. Путем концентрации пластической деформации в центре образца вместо распространения ее по более значительной неопределенной части объема образца, уменьшают разброс и дают возможность получения сопоставимых данных. Значения, полученные при применении смазанного бойка, являются определенными (четкими) нижними пределами получаемых механических характеристик материала.

Испытания при скорости удара 4,4 м/с с использованием смазки в диапазоне вязкости от 0,01 до 10 Па·с, показывали, что тип смазки является несущественным.

Однако при скоростях менее 1 м/с смазки с низкой вязкостью могут сжимать площадь контакта и в результате получатся расходящиеся значения. При скоростях испытания менее 10^{-2} м/с сближаются результаты испытания тех образцов, которые испытывают без смазки бойка.

Достаточность смазки обычно можно контролировать путем проверки местоположения разрушения (см. рисунок В.1).

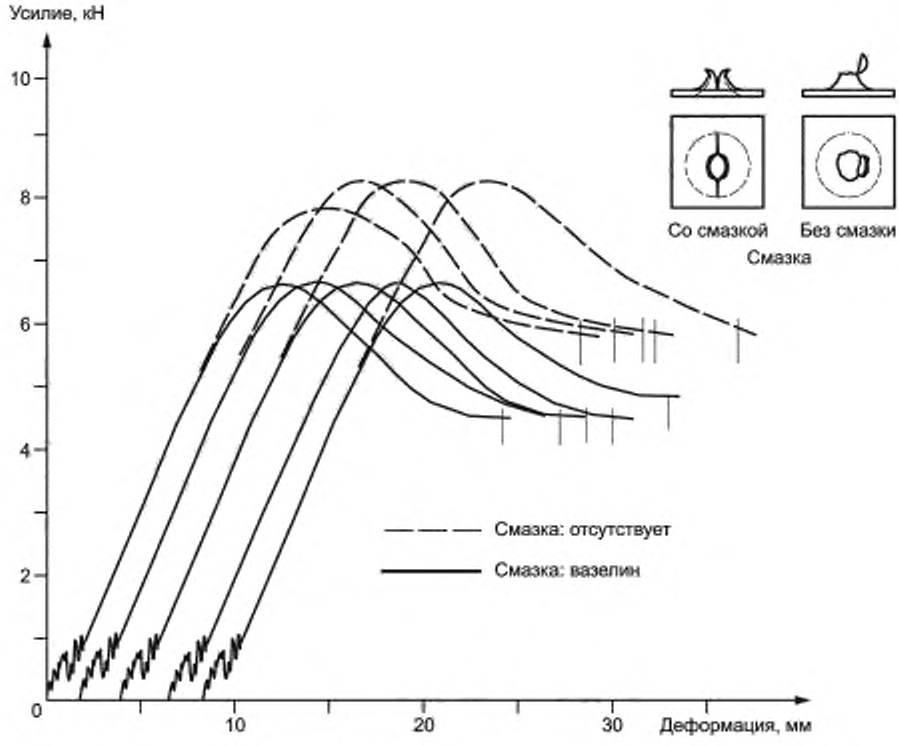


Рисунок В.1 — Диаграммы «усилие — деформация» и внешний вид образцов, испытанных со смазкой бойка, например вазелином, и без нее при вязком разрушении

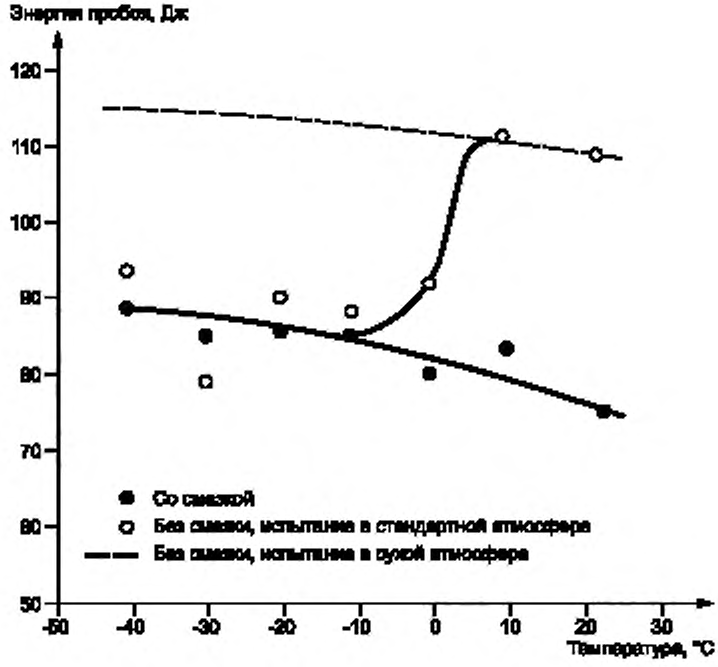


Рисунок В.2 — Зависимость энергии пробоя от температуры при использовании смазки и без нее

Приложение С
(справочное)

Помещение образца в зажимы

Способ удерживания образцов и опоры для образца могут иметь некоторое влияние на поведение при пробое испытуемого материала. Испытание образцов без зажимов в случае несмазанного бойка может привести к деформациям поддерживаемого наружного участка образца, заставляя испытуемый образец изменить начальную плоскую форму на коническую или волнистую форму. Такая дополнительная энергия деформации может вызвать вязкость разрушения при пробое значительно более высокую, чем у образцов в зажимах, которые предотвращают коробление. До настоящего времени обнаружены только незначительные воздействия, которые уменьшаются при смазке бойка. Кроме того, для образцов без зажимов могут возникнуть более высокие амплитуды вибрации.

Зажимное устройство не может полностью предотвратить радиальное соскальзывание испытуемого образца, как предполагалось ранее, и использовать его не обязательно. Более важно предотвратить коробление образца. Этого можно достичь путем зажима образца с достаточным усилием или зажима образца по конфигурации (незначительное зажимное усилие, но жесткая конструкция). Зажим по конфигурации или с использованием трения не дает заметных расхождений характеристик при пробое.

Приложение D
(справочное)

Переход из вязкого состояния в хрупкое

Переходы из вязкого состояния в хрупкое часто происходят в серии испытаний, выполняемых при пониженной температуре. При таких переходах энергия пробоя, например, уменьшается, и/или изменяется тип разрушения. Причина таких переходов заключается в процессах молекулярной релаксации, которые становятся эффективными только при температуре выше определенного значения и которые увеличивают поглощение энергии удара.

Время испытания играет роль, аналогичную температуре, т.е. если время испытания сократить, увеличив скорость удара, температура перехода поднимется до более высоких значений.

Взаимосвязь между временем и температурой определяют по температурной зависимости от времени молекулярной релаксации, которое аппроксимируется уравнением Аррениуса

$$t = t_0 \exp(E^*/kT),$$

где t — время релаксации или время испытания;

E^* — кажущаяся энергия активации, Дж;

k — *константа;*

T — абсолютная температура перехода из вязкого состояния в хрупкое.

В области перехода часто наблюдается большой разброс результатов, например разрушение испытуемых образцов, хрупких или вязких при одной и той же температуре. В полиэтилене высокой плотности, например такая область перехода обнаружена между температурами минус 140 °С и минус 105 °С, в зависимости от относительной молекулярной массы и степени упорядоченности структуры.

Переходы из вязкого в хрупкое состояние могут идентифицироваться с помощью диаграммы усилие — деформация или по внешнему виду поврежденных образцов (см. рисунки 1—4 настоящего стандарта).

Для пластмасс, демонстрирующих переход из вязкого состояния в хрупкое, проведение и оценка испытаний на удар имеет определенные ограничения, т. к. образцы отдельной серии испытаний следует выбирать из двух разных типов пластмасс , а именно проявляющих вязкое поведение и проявляющих хрупкое поведение. В таких случаях средние значения и дисперсии статистически не определяют по всему диапазону измерений. Тем не менее, для характеристики поведения материала полезно применять среднее значение и стандартное отклонение среднего значения, вычисленные по индивидуальным значениям показателей.

Если имеется большое число измерений для обеих выборок, характеристические величины можно вычислить отдельно для хрупких и для вязких испытуемых образцов. Если необходимо, выбор определенных измерений для одной из двух выборок следует производить путем использования статистического метода, обычно применяемого для такой цели.

Приложение Е
(справочное)

Влияние толщины образца

Усилия, полученные в испытании на пробой, зависят от толщины испытуемого образца. При увеличении толщины испытуемого образца результирующие усилия увеличиваются в большей степени, чем при прямопропорциональной зависимости. Это происходит потому, что возникают различные процессы деформирования в испытании на пробой, т.е. небольшие изгибы вызывают двухосные изгибающие нагрузки, которые превращаются в двухосное растяжение с увеличивающимся прогибом.

В области линейного упругого поведения материала взаимозависимость между толщиной и результирующим усилием можно описать как

$$F(l) \sim w^n, \tag{E.1}$$

где F — результирующее усилие, Н;

w — толщина, мм.

Показатель степени n изменяется в ходе испытания от $n = 1$ (деформация изгиба) до $n = 3$ (растяжение) и зависит от материала и условий испытания. Следовательно, нормализация полной диаграммы «усилие — деформация (прогиб)» к данной толщине образца невозможна.

Для выбранных характеристик зависимость максимального усилия и энергии пробоя от толщины можно подобрать [см. формулы (Е.2) и (Е.3)].

В качестве примера зависимость максимального усилия и энергии пробоя от толщины w показаны на рисунке Е.1 на графике двойных логарифмов.

$$F_M \sim w^n; \tag{E.2}$$

$$E_P \sim w^m. \tag{E.3}$$

где F_M — максимальное усилие, Н;

E_P — энергия пробоя, Дж.

В таблице Е.1 показан типичный диапазон показателей степени n и m для максимального усилия и энергии пробоя, найденных для серии термопластов и относительных отклонений, вызванных относительным разбросом толщины 5 %.

Таблица Е.1 — Показатели степени, n или m, для подгонки зависимости максимального усилия F_M, энергии пробоя E_P и влияние разброса значений толщины на эти характеристики

Характеристика	Показатель степени n или m	Влияние разброса значений толщины $\Delta w/w$ в диапазоне ± 5 % на разброс значений этой характеристики
F_M	от 1,0 до 1,4	± 5 % до ± 7 %
E_P	от 1,2 до 1,8	± 6,5 % до ± 9 %

В соответствии с таблицей Е.1 незначительные изменения толщины в пределах 5 %, которые соответствуют требованиям настоящего стандарта, вызывают заметные отклонения максимального усилия и энергии пробоя.

Построение графика по результатам испытания согласно формулам (Е.1) и (Е.2) (см. пример на рисунке Е.1) может дать средства для интерполяции и может показать источник разброса данных.

Следствием является увеличение сопоставимости результатов, полученных на образцах с изменяющейся толщиной, особенно испытуемых образцах, взятых от пластинок, формованных под давлением, или от готовых деталей.

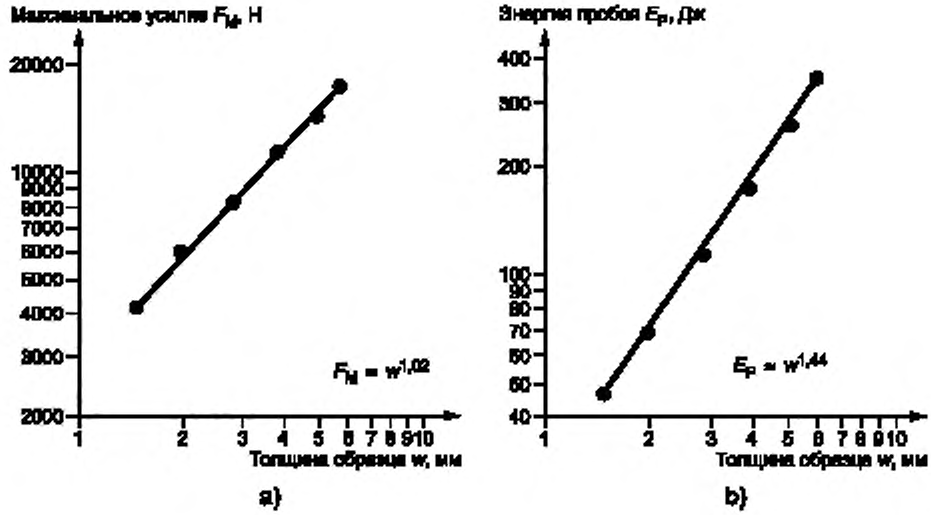


Рисунок Е.1 — Максимальное усилие — кривая a) и энергия пробоя — кривая b) поликарбоната в зависимости от толщины образца *w*

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного межгосударственного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта
ГОСТ 14359—69	NEQ	ISO 2602 «Статистическая интерпретация результатов испытаний. Оценка среднего. Доверительный интервал»
ГОСТ 34163.1—2017 (ISO 6603-1:2000)	MOD	ISO 6603-1 «Пластмассы. Определение поведения жестких пластмасс при проколе под воздействием удара. Часть 1. Испытание на прочность при ударе без применения инструмента»

Примечание — В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения степени соответствия стандартов:

- MOD — модифицированные стандарты;
- NEQ — неэквивалентные стандарты.

Библиография

[1] ISO 179-2:1997 Plastics. Determination of charpy impact properties. Part 2. Instrumented impact test
Пластмассы. Определение ударной вязкости по Шарпи. Часть 2. Испытание на удар с применением измерительных приборов

УДК 678.017:006.354 МКС 83.080

Ключевые слова: пластмассы, жесткие , испытание на прочность, при ударе, с помощью инструмента

БЗ 6—2017/73

Редактор *А.А. Кабанов*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *М.И. Першина*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 05.09.2017. Подписано в печать 03.10.2017. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,26. Уч.-изд. л. 2,95. Тираж 23 экз Зак. 1680

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123001 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru