ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 57638— 2017 (ИСО 25217:2009)

КОМПОЗИТЫ ПОЛИМЕРНЫЕ

Определение критической работы расслоения в условиях отрыва клеевых соединений методом двухконсольной балки и методом конусной двухконсольной балки

(ISO 25217:2009, Adhesives — Determination of the mode 1 adhesive fracture energy of structural adhesive joints using double cantilever beam and tapered double cantilever beam specimens, MOD)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2017

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Обществом с ограниченной ответственностью «Материалы и технологии будущего» совместно с Автономной некоммерческой организацией «Центр нормирования, стандартизации и классификации композитов» при участии Объединения юридических лиц «Союз производителей композитов» на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 497 «Композиты, конструкции и изделия из них»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 5 сентября 2017 г. № 1004-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту ИСО 25217:2009 «Клеи. Определение энергии адгезионного разрушения типа 1 конструкционных клеевых соединений с использованием образцов типа двухконсольной балки и конусной двухконсольной балки» (ISO 25217:2009 «Adhesives. Determination of the mode 1 adhesive fracture energy of structural adhesive joints using double cantilever beam and tapered double cantilever beam specimens», MOD) путем изменения содержания отдельных структурных элементов, которые выделены вертикальной линией, расположенной на полях напротив соответствующего текста. Оригинальный текст этих структурных элементов примененного международного стандарта и объяснение причин внесения технических отклонений приведены в дополнительном приложении ДА.

Потребности национальной экономики Российской Федерации и/или особенности российской национальной стандартизации учтены в дополнительных подразделах 5.5, 5.6 и терминологической статье, которые выделены путем заключения их в рамки из тонких линий, а информация с объяснением причин включения этих положений приведена в указанных подразделах, терминологической статье в виде примечания.

В настоящий стандарт не включены подраздел 7.4 и приложение А, так как при проведении испытаний исключена поправка на податливость системы, а также приложение D примененного международного стандарта, которое нецелесообразно применять в российской национальной стандартизации в связи с тем, что данное приложение носит справочный характер. Указанные подраздел и приложения, не включенные в основную часть настоящего стандарта, приведены в дополнительном приложении ДБ.

Дополнительные фразы, включенные в текст стандарта для учета потребностей национальной экономики Российской Федерации и/или особенностей российской национальной стандартизации, выделены полужирным курсивом, а объяснения причин их включения приведены в сносках.

Дополнительные ссылки, включенные в текст стандарта для учета особенностей российской национальной стандартизации, выделены курсивом.

Измененные отдельные фразы выделены в тексте курсивом.

Внесение указанных технических отклонений направлено на учет особенностей аспекта стандартизации, характерных для Российской Федерации.

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5—2012 (пункт 3.5).

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

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «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

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, определения, обозначения и сокращения 1
4 Сущность метода 2
5 Оборудование 3
6 Подготовка к проведению испытания 3
7 Проведение испытания 5
8 Обработка результатов 7
9 Протокол испытания 9
Приложение В (справочное) Нестабильный или «скачкообразный» рост трещины 11
Приложение С (справочное) Метод определения возникновения пластической деформации 12
Приложение ДА (справочное) Оригинальный текст модифицированных структурных элементов примененного международного стандарта 13
Приложение ДБ (справочное) Оригинальный текст невключенных структурных элементов примененного международного стандарта 14
Приложение ДВ (справочное) Сведения о соответствии ссылочных национальных и межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте 18

Поправка к ГОСТ Р 57638—2017 (ИСО 25217:2009) Композиты полимерные. Определение критической работы расслоения в условиях отрыва клеевых соединений методом двухконсольной балки и методом конусной двухконсольной балки

В каком месте	Напечатано	Должно быть
С. 1	**Дата введения — 2017—02—01**	**Дата введения — 2018—02—01**

(ИУС № 2 2018 г.)

ОКС 83.180

Поправка к ГОСТ Р 57638—2017 (ИСО 25217:2009) Композиты полимерные. Определение критической работы расслоения в условиях отрыва клеевых соединений методом двухконсольной балки и методом конусной двухконсольной балки

В каком месте	Напечатано	Должно быть
С.1. Дата введения	**2017—02—01**	**2018—02—01**

(ИУС № 4 2018 г.)

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КОМПОЗИТЫ ПОЛИМЕРНЫЕ

Определение критической работы расслоения в условиях отрыва клеевых соединений методом двухконсольной балки и методом конусной двухконсольной балки

Polymer composites. Determination of the fracture resistance of adhesive joints under cleavage conditions by means of double cantilever beam and tapered double cantilever beam

Дата введения — 2017—02—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на полимерные композиты и устанавливает методы определения критической работы расслоения в условиях отрыва клеевых соединений.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 166 Штангенциркули. Технические условия

ГОСТ 6507 Микрометры. Технические условия

ГОСТ 8074 Микроскопы инструментальные. Типы, основные параметры и размеры. Технические требования

ГОСТ 12423—2013 (ISO 291:2008) Пластмассы. Условия кондиционирования и испытания образцов (проб)

ГОСТ 28840 Машины для испытания материалов на растяжение, сжатие и изгиб. Общие технические требования

ГОСТ 32794 Композиты полимерные. Термины и определения

ГОСТ Р 56977—2016 Композиты полимерные. Классификация типов разрушения клеевых соединений

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 заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения, обозначения и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по *ГОСТ 32794*, а также следующий термин с соответствующим определением:

Издание официальное

3.1.1 **критическая работа расслоения (вязкость межслойного разрушения) в условиях отрыва:** Отношение изменения упругой энергии, накопленной в образце в условиях нагружения отрывом, к бесконечно малому приращению площади трещины.

Примечание — Настоящий стандарт дополнен терминологической статьей, так как данный термин не стандартизован в Российской Федерации на национальном уровне.

3.2 Обозначения и сокращения

ВИЗ — начало визуально определяемого роста трещины на кромке образца, которое отмечают на кривой «нагрузка — смещение»;

ДКБ — двухконсольная балка;

КДКБ — конусная двухконсольная балка;

МАХ/5% — максимальная нагрузка на графике «нагрузка — смещение» или точка пересечения прямой линии с кривой «нагрузка — смещение» при наклоне прямой, соответствующем $C_{0+5\%}$;

НЛ — появление нелинейности на кривой «нагрузка — смещение»;

ПРОП — приращение длины трещины при стабильном росте (распространении) трещины, которое отмечается на кривой «нагрузка — смещение»;

A — длина вставленной пленки, мм;

a — длина трещины, мм;

a_p — длина предварительно нанесенной трещины, отмеренная от линии приложения нагрузки до вершины предварительно нанесенной трещины, мм;

a_0 — длина вставленной пленки между линией приложения нагрузки и краем вставленной пленки, мм;

B — ширина образца, мм;

C — податливость δ/P образца, мм/Н;

C_0 — начальная податливость образца без учета пусковых эффектов, например за счет люфта в креплении образца, мм/Н;

$C_{0+5\%}$ — начальная податливость образца C_0, умноженная на коэффициент 1,05, мм/Н;

E_f — модуль *упругости* при изгибе подложки, определенный методом ДКБ, ГПа;

E_s —модуль *упругости* при изгибе или модуль упругости при растяжении подложки;

F — поправка, *вводимая если выполняется условие* $\delta/a > 0,4$;

G_{IC} — *критическая работа расслоения в условиях отрыва*, Дж/м^2;

H — толщина нагружающего блока, мм;

h — толщина подложки *на расстоянии a*, мм;

h_a — толщина клеевого слоя, мм;

l — длина образца, мм;

l_1 — расстояние от центра штифта или оси петли до середины плоскости подложки, к которой присоединен нагружающий блок или петля, мм;

l_2 — расстояние от центра отверстия под штифт в нагружающем блоке до края нагружающего блока, измеренное в направлении вставленной пленки или вершины предварительно нанесенной трещины, мм;

l_3 — общая длина нагружающего блока, мм;

m — коэффициент формы образца;

N — поправка на нагружающий блок;

n — наклон графика зависимости C от a или (C/N) от a, если используют нагружающие блоки;

P — нагрузка, измеренная датчиком нагрузки разрывной машины, Н;

r^2 — коэффициент корреляции подбора прямых;

Δ — поправка на длину трещины для балки, мм;

δ — смещение активного захвата разрывной машины, мм.

4 Сущность метода

Сущность метода заключается в том, что образец ДКБ или КДКБ внецентренно растягивают перпендикулярно плоскости клеевого соединения, при этом определяют:

- критическую работу расслоения в условиях отрыва G_{IC};
- сопротивление зарождению трещины;
- сопротивление распространению трещины.

5 Оборудование

5.1 Испытания проводят на *разрывной машине по ГОСТ 28840*, обеспечивающей нагружение образца с заданной постоянной скоростью перемещения активного захвата в диапазоне от 0,1 до 5 мм/мин и измерение нагрузки с точностью ± 1 % измеряемой величины.

Разрывная машина должна быть оснащена:

- нагружающими блоками и/или штифтами или петлями;
- *устройством для записи смещения берегов трещины в зависимости от нагрузки.*

Нагружающие блоки, штифты и петли изготовляют из металла с модулем упругости свыше 60 ГПа.

Ширина блоков или петель должна соответствовать ширине образцов.

5.2 Микроскоп по *ГОСТ 8074*, позволяющий определять диапазон расслоения с точностью ± 0,5 мм.

5.3 Микрометры по *ГОСТ 6507* или штангенциркули по *ГОСТ 166*, обеспечивающие измерение толщины плеча подложки для нанесения клея (образца типа балки) и клеевых соединений с точностью не менее ± 0,02 мм и ширины клеевых соединений с точностью не менее ± 0,05 мм.

5.4 Белые чернила или белая краска-спрей, не оказывающие влияние на характеристики клея или подложек.

5.5 Экстензометр, обеспечивающий измерение смещения с максимальной погрешностью не более ± 1 % измеряемой величины.

Примечание — Включение дополнительного средства измерения позволяет исключить поправку на податливость системы.

5.6 Допускается применение других средств измерений и вспомогательных устройств с аналогичными или лучшими метрологическими и техническими характеристиками.

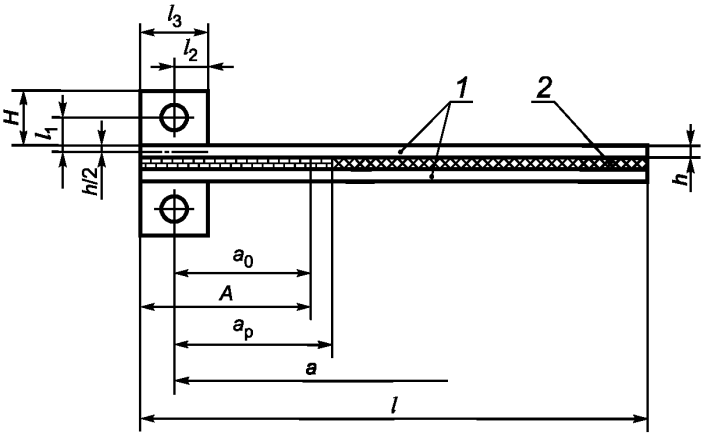
Примечание — Включение дополнительного пункта направлено на удобство практического применения стандарта.

6 Подготовка к проведению испытания

6.1 Для определения критической работы расслоения в условиях отрыва используют не менее четырех образцов, *если иное не установлено в нормативном документе или технической документации на изделие.*

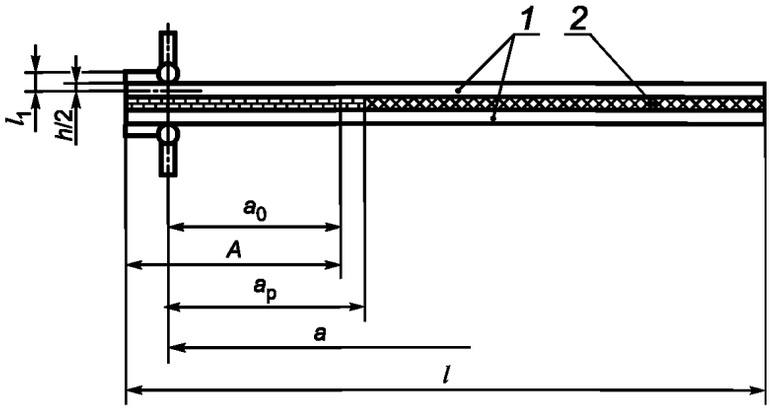
6.2 Изготовление образцов

6.2.1 Требования к формам образцов для испытания методом ДКБ приведены на рисунках 1—3, требования к формам образцов для испытания методом КДКБ — на рисунке 4.



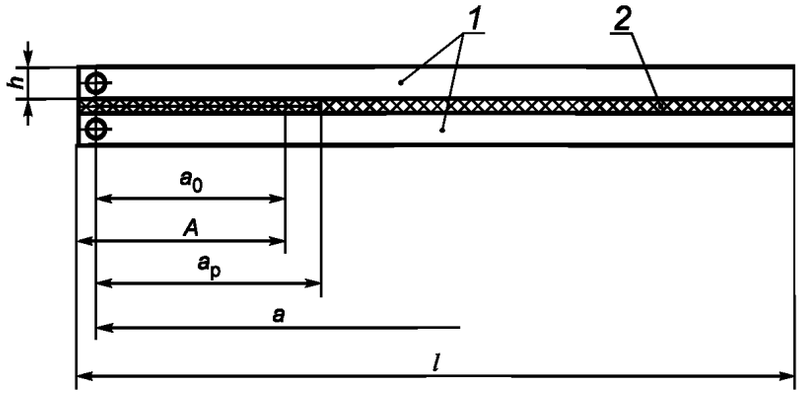
1 — подложка; *2* — клей

Рисунок 1 — Образец для испытания методом ДКБ с нагружающими блоками



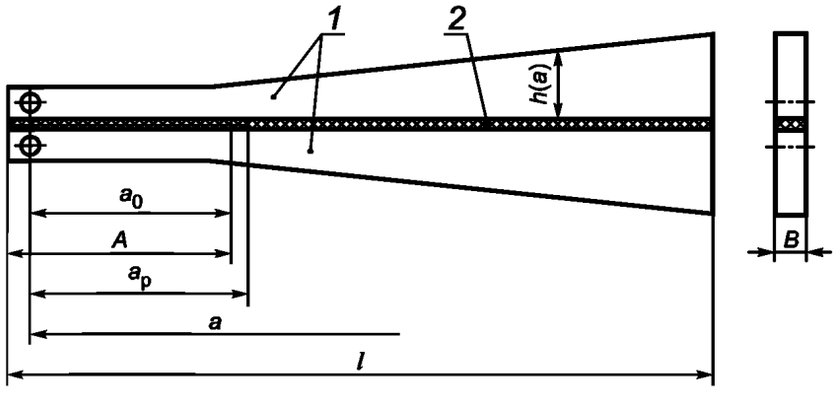
1 — подложка; *2* — клей

Рисунок 2 — Образец для испытания методом ДКБ с петлями (альтернативный режим нагружения)



1 — подложка; *2* — клей

Рисунок 3 — Образец для испытания методом ДКБ с металлическими подложками и высверленными отверстиями (альтернативный режим нагружения)



1 — подложка; *2* — клей

Рисунок 4 — Образец для испытания методом КДКБ

Примечание — Значение *h* является функцией длины трещины *a* для образца для испытания методом конусной двухконсольной балки — *h(a)*.

6.2.2 *Для изготовления начальной трещины длиной a_0 в клеевом слое* используют PTFE или алюминиевую пленку толщиной не более 13 мкм. При использовании алюминиевой пленки на нее наносят антиадгезионную смазку.

6.2.3 Толщина клеевого слоя должна быть не более 1 мм.

Толщина клеевого слоя не должна *отклоняться от номинального значения* более чем на 20 % в пределах образца, а средняя толщина клеевого слоя образца не должна отличатся более чем на 20 % от средней толщины клеевого слоя других образцов.

6.2.4 Перед изготовлением образца для испытания методом ДКБ микрометром (см. 5.3) измеряют толщину каждой подложки в трех местах: на расстоянии 30 мм от каждого края и в середине.

6.2.4.1 За толщину подложки h принимают среднеарифметическое значение, вычисленное по результатам трех измерений.

6.2.4.2 После склеивания подложек измеряют толщину образца в трех местах (см. 6.2.4).

6.2.4.3 Толщину клеевого слоя h_a, мм, вычисляют по формуле

$$h_a = h - 2h_п, \quad (1)$$

где h — толщина образца, мм;

$h_п$ — толщина подложки, мм.

6.2.5 Перед изготовлением образца для испытания методом КДКБ микрометром или штангенциркулем (см. 5.3) измеряют толщину каждой подложки в трех местах горизонтального участка: на расстоянии 30 мм от каждого края и в середине.

6.2.5.1 Повторяют операции по 6.2.4.1 — 6.2.4.3

6.2.5.2 Коэффициент формы образца m вычисляют по формуле

$$m = \frac{3 \cdot a^2}{h^3} + \frac{1}{h}. \quad (2)$$

6.2.6 Удаляют избыток клея по кромкам образца.

6.2.7 Микрометром или штангенциркулем (см. 5.3) измеряют ширину образца в трех местах: на расстоянии 30 мм от каждого края и в середине.

За ширину образца В принимают среднеарифметическое значение, вычисленное по результатам трех измерений.

6.3 Проведение кондиционирования

6.3.1 Если образцы испытывают в течение нескольких дней после изготовления, то кондиционирование не проводят.

6.3.2 При длительном интервале между изготовлением и испытанием образцы кондиционируют при условиях, установленных в нормативном документе или технической документации на клей.

Примечание — См. ДА.1 (приложение ДА).

6.4 Маркировка образцов

6.4.1 От края вставленной пленки или вершины трещины наносят метки через 1 мм на расстояние примерно первых 10 мм, затем наносят метки через 5 мм. На последних 5 мм метки наносят через 1 мм.

6.4.2 На образцы для испытаний методом ДКБ метки наносят на расстоянии не менее 65 мм от края вставленной пленки, на образцы для испытаний методом КДКБ — 100 мм.

6.4.3 Метки наносят чернилами или краской (см. 5.4) тонким слоем на кромки образца.

7 Проведение испытания

7.1 Общие положения

7.1.1 Испытания проводят при стандартной атмосфере 23/50 по ГОСТ 12423, *если иное не установлено в нормативном документе или технической документации на материал.*

7.1.2 Устанавливают образец в зажимные приспособления разрывной машины таким образом, чтобы *плоскость склеивания* была перпендикулярна к направлению прилагаемой нагрузки.

7.1.3 Устанавливают экстензометр на образец или на нагружающие блоки.

7.1.4 Регистрируют нагрузку и смещение в течение всего испытания, включая цикл снятия нагрузки.

Устанавливают следующие значения масштабов записи смещения и перемещения активного захвата:

- 1:100 для образцов с металлическими подложками;
- 1:10 для образцов с полимерными композитными подложками.

7.1.5 Длину трещины измеряют с точностью не менее ± 0,5 мм при помощи микроскопа.

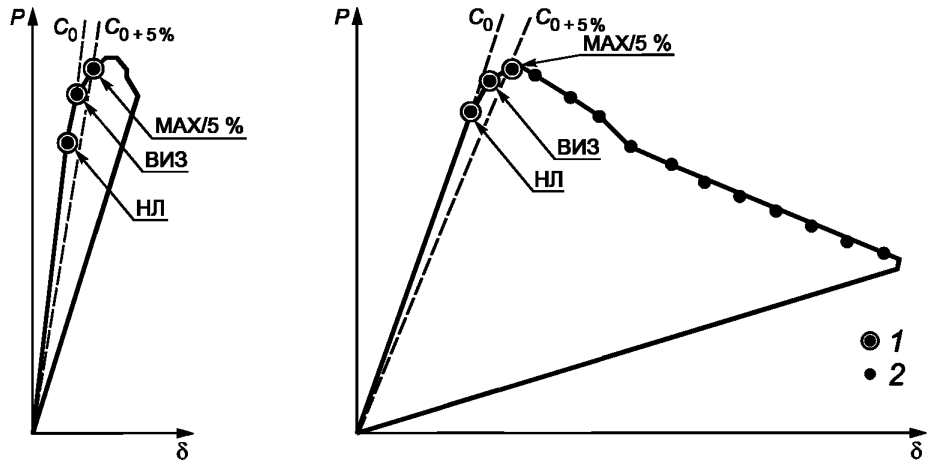
Если наблюдается нестабильный рост трещины («скачкообразный» рост), на любой стадии испытания выполняют процедуру, описанную в приложении А.

7.2 Предварительное нагружение (нанесения предварительной трещины)

7.2.1 Устанавливают скорость перемещения активного захвата:

- от 0,1 до 0,5 мм/мин для образцов с металлическими подложками;
- от 1,0 до 5,0 мм/мин для образцов с полимерными композитными подложками.

7.2.2 Отмечают точку «ВИЗ» на кривой «нагрузка — смещение», как показано на рисунке 5*a*.



a) Испытание от вставленной пленки с точками страгивания НЛ, ВИЗ и MAX/5 %

b) Испытание от предварительно нанесенной трещины типа I с точками страгивания НЛ, ВИЗ и MAX/5 % и точками распространения (ПРОП)

1 — значения страгивания; *2* — значения распространения

Рисунок 5 — График «нагрузка — смещение» для испытания образца ДКБ

Примечание — На рисунке 5 показан пример, когда точка «MAX» и точка «5 % сдвига» совпадают, образуя одну и ту же точку на кривой. Обычно эти точки разделены. Точка «MAX/5 %» обозначается как точка «$C_{0+5\%}$» или «MAX», в зависимости от того, какое событие происходит быстрее.

7.2.3 Прекращают прикладывать нагрузку, как только станет видно, что трещина начинает двигаться по кромке образца.

Полностью снимают нагрузку с образца при постоянной скорости активного захвата, которая должна составлять $5V_L$, где V_L — скорость нагружения.

7.2.4 Отмечают положение вершины предварительно нанесенной трещины на обеих кромках образца.

Длина трещины с обеих сторон образца не должна различаться более чем на 2 мм. При невыполнении этого условия результаты испытаний не учитывают.

7.3 Нагружение образца с предварительно нанесенной трещиной

7.3.1 Устанавливают скорость перемещения активного захвата:

- от 0,1 до 0,5 мм/мин для образцов с металлическими подложками;
- от 1,0 до 5,0 мм/мин для образцов с полимерными композитными подложками.

Отмечают точку «ВИЗ» на кривой «нагрузка — смещение», как показано на рисунке 5*b*.

7.3.2 Отмечают приращение длины трещины на кривых «нагрузка — смещение», первые 5 мм с шагом 1 мм, далее каждые 5 мм, пока трещина не раскроется до 60 мм от вершины предварительно нанесенной трещины для испытания образца ДКБ и на 95 мм для испытания образца КДКБ, и последние 5 мм с шагом 1 мм.

Регистрируют минимум 15 точек раскрытия трещины.

7.3.3 Полностью снимают нагрузку с образца при постоянной скорости активного захвата, которая должна составлять $5V_L$, где V_L — скорость нагружения.

Отмечают, возвращается ли кривая «нагрузка — смещение» в исходную точку или нет.

В случае невозврата кривой в исходную точку выполняют операции, описанные в приложении Б, для обнаружения возникновения пластической деформации.

7.3.4 Отмечают положение вершины трещины, т.е. расстояние между линией нагружения и вершиной трещины на обеих кромках образца. Длина трещины с обеих кромок образца не должна различаться более чем на 2 мм. При невыполнении этого условия результаты испытаний не учитываются.

7.3.5 Разделяют подложки образца, чтобы визуально оценить место разрушения соединения. Оценивают место разрушения и его тип по ГОСТ Р 56977.

Если наблюдается смешанный тип разрушений, оценивают и записывают процент каждого типа разрушения.

8 Обработка результатов

8.1 Определение необработанных данных по графику «нагрузка — смещение»

8.1.1 Общие положения

Пренебрегают начальной нелинейностью графика зависимости «нагрузка — смещение» путем экстраполирования линейного участка кривой нагружения на нулевую нагрузку, как описано в приложениях А и Б.

8.1.2 Значения страгивания

8.1.2.1 Определяют a_0 и a_p для значений страгивания.

Определяют следующие значения страгивания, показанные на рисунке 5:

- точка «НЛ». Определяют точку отклонения от линейности, начертив прямую линию из начала координат, пренебрегая всеми начальными отклонениями, вызванными люфтами в системе нагружения.

Выполняют подбор прямой на кривой «нагрузка — смещение», начиная с 5 % от максимальной нагрузки, используя постоянный критерий для отклонения от линейности;

- точка «ВИЗ». Определяют первую точку, в которой наблюдается движение трещины от вставленной пленки или вершины предварительно нанесенной трещины по кромке образца;

- точка «MAX/5%». Определяют 5 %-ое значение как точку на кривой «нагрузка — смещение», в которой податливость возросла на 5 % от первоначального значения C_0 следующим образом. Чертят прямую, чтобы определить начальную податливость C_0, пренебрегая начальным отклонением за счет преодоления люфта в системе нагружения, и проводят новую линию для податливости, равной $C_{0+5\%}$. Отмечают пересечение этой новой линии с графиком «нагрузка — смещение». Отмечают точку, которая встречается первой, т.е. максимальную нагрузку (MAX) или нагрузку при 5 %-ном увеличении начальной податливости.

8.1.3 Значения распространения

Определяют значения распространения от предварительно нанесенной трещины (см. рисунок 5*b*).

8.2 Определение G_{IC}

8.2.1 Общие положения

Применяют три метода анализа данных, если не наблюдается нестабильный рост трещины.

8.2.2 Образец для испытания методом ДКБ

8.2.2.1 Метод 1. Теория простой балки

Определяют E_s по справочнику или по результатам испытаний.

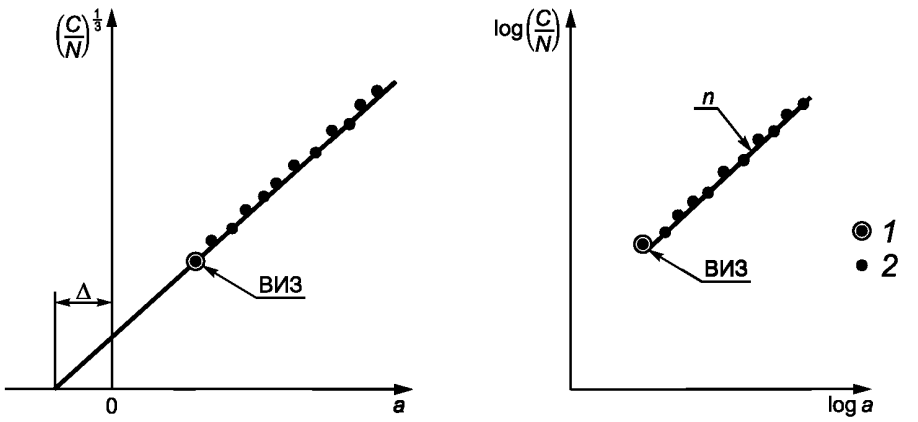
Вычисляют G_{IC} по формуле

$$G_{IC} = \frac{4 \cdot P^2}{E_s \cdot B^2} \cdot \left(\frac{3 \cdot a^2}{h^3} + \frac{1}{h} \right) = \frac{4 \cdot P^2}{E_s \cdot B^2} \cdot m \,. \qquad (3)$$

8.2.2.2 Метод 2. Корректированная теория балки

Обсчитывают балку при длине трещины, равной (a + $|\Delta|$).

Находят $|\Delta|$ экспоненциально, построив график зависимости $C^{1/3}$ или $(C/N)^{1/3}$, если используют нагружающие блоки как функцию длины трещины a (см. рисунок 6*a*). Вычисляют значение N по формуле (7).



a) Поправка для метода корректированной теории балки с поправками для образца ДКБ

b) Наклон *n* для экспериментального метода определения податливости для образца ДКБ

Δ — отсекаемый отрезок от оси *a*; *n* — наклон; *1* — значения страгивания; *2* — значения распространения

Рисунок 6

Экстраполируют подобранную прямую по данным на графике, чтобы получить Δ как отрицательный отрезок, отсеченный от оси *a*. Используют только значения распространения (ПРОП) для подбора прямых, т.е. исключают все значения страгивания из подбора прямых.

Вычисляют G_{IC} по формуле (*4*), если используют петли или высверленные отверстия для получения нагрузки, или по формуле (*5*), если используют нагружающие блоки:

$$G_{IC} = \frac{3 \cdot P \cdot \delta}{2 \cdot B \cdot (a + |\Delta|)} \cdot F ; \tag{4}$$

$$G_{IC} = \frac{3 \cdot P \cdot \delta}{2 \cdot B \cdot (a + |\Delta|)} \cdot \frac{F}{N} . \tag{5}$$

Рассчитывают все применяемые значения страгивания и распространения G_{IC}. Значение *N* применимо только к образцу, показанному на рисунке 1.

Примечания

1 Для петель и отверстий для нагружения, высверленных непосредственно через подложку, $N = 1$.

2 Для нагружающих отверстий, высверленных непосредственно через подложку, $l_1 = 0$.

3 Значение *F* учитывается при $\delta/a > 0{,}4$.

4 Формулы (*3*), (*7*), (*9*) применяются, когда петли или высверленные отверстия используют для получения нагрузки (см. рисунки 2 и 3), а формулы (4), (8), (10) применяются при использовании нагружающих блоков (см. рисунок 1).

Значение *F* вычисляют по формуле

$$F = 1 - \frac{3}{10} \cdot \left(\frac{\delta}{a}\right)^2 - \frac{3}{2} \cdot \left(\frac{l_1 \cdot \delta}{a^2}\right). \tag{6}$$

Значение *N* вычисляют по формуле

$$N = 1 - \left(\frac{l_2}{a}\right)^3 - \frac{9}{8} \cdot \left[1 - \left(\frac{l_2}{a}\right)^2\right] \cdot \frac{l_1 \cdot \delta}{a^2} - \frac{9}{35} \cdot \left(\frac{\delta}{a}\right)^2 . \tag{7}$$

Примечание — Если выполняется условие $F < 0{,}9$, то требуется переделать образец, например увеличить толщину подложек, чтобы уменьшить требуемые смещения и, таким образом, уменьшить поправочный коэффициент на большое смещение.

Вычисляют E_f как функцию от *a* по формуле (*8*), если используют петли или высверленные отверстия для получения нагрузки, или по формуле (*9*), если используют нагружающие блоки:

$$E_f = \frac{8 \cdot (a + |\Delta|)^3}{C \cdot B \cdot h^3}; \quad (8)$$

$$E_f = \frac{8 \cdot N \cdot (a + |\Delta|)^3}{C \cdot B \cdot h^3}. \quad (9)$$

Если максимальная дисперсия E_f превышает 10 % от среднего значения, то значение G_{IC} считается сомнительным.

Значение E_f, рассчитанное по формуле (*8*) или (*9*), не рекомендуется применять в формуле (*3*).

8.2.2.3 Метод 3. Экспериментальный метод определения податливости или метод Берри

Строят график зависимости логарифма *C* или *C/N*, если применяют нагружающие блоки, от логарифма *a*, как показано на рисунке 6*b*.

Используют только значения распространения (ПРОП) для подбора прямых, т.е. исключают все значения страгивания из регрессионного анализа.

Вычисляют G_{IC}, используя значение *n* этого графика, по формуле (*10*), если применяют петли или высверленные отверстия для приложения нагрузки, или по формуле (*11*), если используют нагружающие блоки:

$$G_{IC} = \frac{n \cdot P \cdot \delta}{2 \cdot B \cdot a} \cdot F; \quad (10)$$

$$G_{IC} = \frac{n \cdot P \cdot \delta}{2 \cdot B \cdot a} \cdot \frac{F}{N}. \quad (11)$$

Рассчитывают все применяемые значения страгивания и распространения G_{IC}.

Вычисляют значения *F* и *N* по 8.2.2.2.

8.2.3 Образец для испытания методом КДКБ

8.2.3.1 Метод 4. Теория простой балки

Измеряют E_s в ходе независимого определения модуля или определяют по справочнику, если используется стандартный материал.

Вычисляют G_{IC} по формуле (3).

В протоколе испытания приводят значения *m* и *a*, для которых значение *m* будет в пределах ± 3 %.

Вычисленные значения G_{IC}, где *m* выпадает за интервал ± 3 %, не учитывают.

8.2.3.2 Метод 5. Корректированная теория

Вычисляют G_{IC} по формуле

$$G_{IC} = \frac{4 \cdot P^2 \cdot m}{E_s \cdot B^2} \cdot \left[1 + 0{,}43 \cdot \left(\frac{3}{m \cdot a}\right)^{\frac{1}{3}}\right]. \quad (12)$$

8.2.3.3 Метод 6. Экспериментальный метод определения податливости

Вычисляют G_{IC} по формуле

$$G_{IC} = \frac{P^2}{2 \cdot B} \cdot \frac{dC}{da}. \quad (13)$$

Получают значение d*C*/d*a* из углового коэффициента прямой *C*, построенной в зависимости от *a*, с использованием только значений распространения (ПРОП) в регрессионном анализе, т.е. исключив все значения страгивания из подбора прямой.

Примечание — Для образца КДКБ, когда значения *C* наносят на график в зависимости от *a*, результирующий график должен быть линейным.

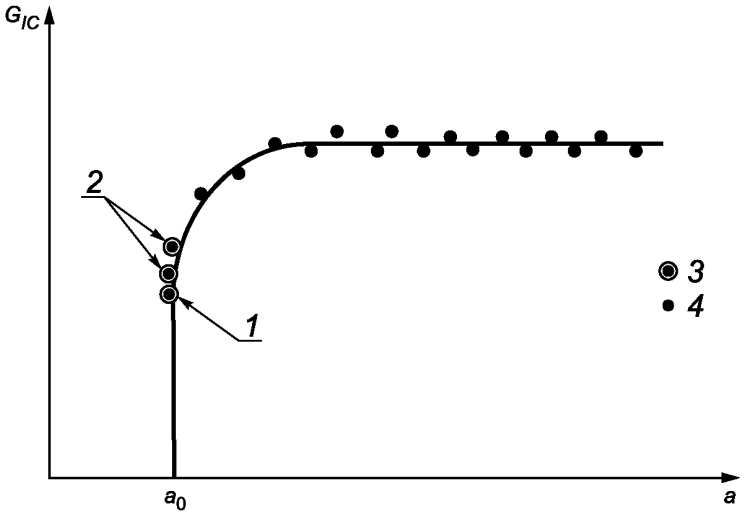
9 Протокол испытания

9.1 Результаты проведения испытаний образцов методом ДКБ оформляют в виде протокола, содержащего:

- ссылку на настоящий стандарт*;

* Необходимая информация, позволяющая получить аналогичные результаты испытаний в случае проведения повторных испытаний.

- ***размеры образца**;*
- ***условия кондиционирования и испытания**;*
- ***применяемое оборудование**;*
- значение G_{IC} по 8.2.2.1;
- значение G_{IC} по 8.2.2.2;
- значение G_{IC} по 8.2.2.3;
- точки страгивания G_{IC} (НЛ, ВИЗ или МАХ/5%) (см. рисунок 5);
- значения распространения G_{IC} (ПРОП) (см. рисунок 5*b*);
- кривую сопротивления (см. рисунок 7);



1 — самая низкая точка страгивания (наименьшее значение среди НЛ, ВИЗ и МАХ/5%; *2* — другие точки страгивания; *3* — значения страгивания; *4* — значения распространения

Рисунок 7 — Схематическая кривая сопротивления

- значение E_f по формулам (8) и (9);
- значение E_s;
- место и тип разрушения;
- ***дату проведения испытаний**.*

9.2 Результаты проведения испытаний образцов методом КДКБ оформляют в виде протокола, содержащего:

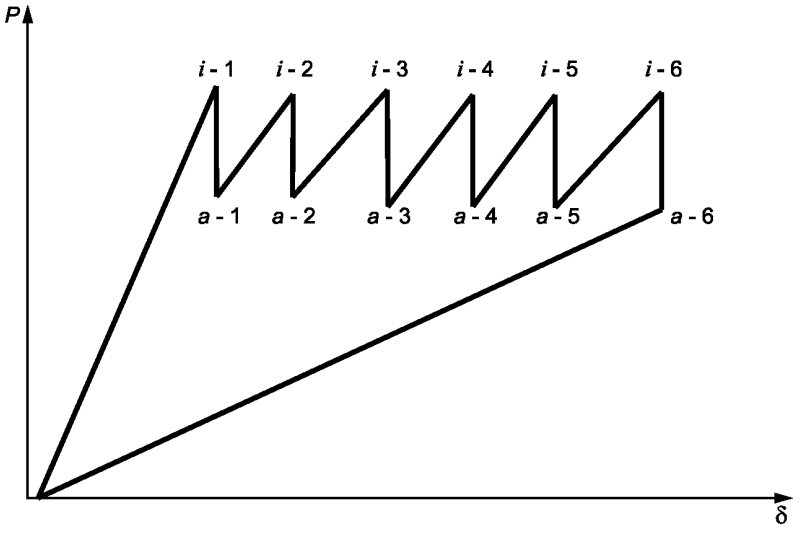
- ***ссылку на настоящий стандарт**;*
- ***размеры образца**;*
- ***условия кондиционирования и испытания**;*
- ***применяемое оборудование**;*
- значение G_{IC} по 8.2.3.1;
- значение G_{IC} по 8.2.3.2;
- значение G_{IC} по 8.2.3.3;
- точки страгивания G_{IC} (НЛ, ВИЗ или МАХ/5%) (см. рисунок 5);
- значения распространения G_{IC} (ПРОП) (см. рисунок 5*b*);
- кривую сопротивления (см. рисунок 7);
- значение углового коэффициента d*C*/d*a* графика зависимости *C* от *a* и коэффициента корреляции r^2 для графика;
- место и тип разрушения;
- ***дату проведения испытания**.*

* Необходимая информация, позволяющая получить аналогичные результаты испытаний в случае проведения повторных испытаний.

Приложение В
(обязательное)

Нестабильный или «скачкообразный» рост трещины

В.1 Пример записи графика «нагрузка — смещение», полученной на образце КДКБ, демонстрирующий «скачкообразный» рост трещины, показан на рисунке А.1. При таком типе распространения трещина растет короткими скачками, разделяемыми периодами остановки.



i — точка страгивания; *a* — точка остановки

Рисунок В.1

В.2 Наблюдают первое значение страгивания длины трещины и длин трещин в последующих точках остановки трещины с помощью микроскопа.

В.3 После того как трещина достаточно распространится по образцу, полностью снимают нагрузку и записывают процесс разгружения в соответствии с 7.3.3—7.3.4.

В.4 Разделяют подложки образца, чтобы показать линии остановки на клее, так чтобы измерения длины трещины можно было выполнить более точно.

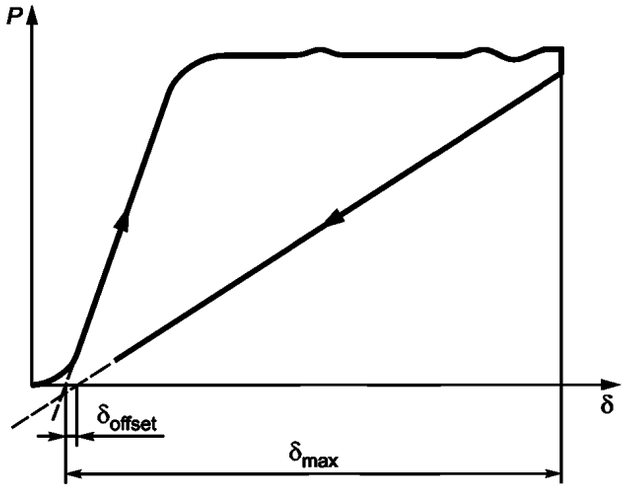
В.5 Указывают в протоколе, что наблюдался «скачкообразный» рост трещины, а также каждую точку данных и ее тип, т.е. страгивание это или остановка.

В.6 Усреднять значения страгивания и остановки G_{IC} вместе не допускается.

Приложение С
(обязательное)

Метод определения возникновения пластической деформации

С.1 График «нагрузка — смещение», отражающий полный цикл испытания (нагружение, распространение трещины и разгружение) образца КДКБ, показан на рисунке Б.1



δ_{offset} — расстояние между точками пересечения прямых с осью смещения;
δ_{max} — максимальное смещение

Рисунок С.1

С.2 Пренебрегая начальной нелинейностью графика, за счет преодоления люфта, проводят две прямые наилучшего приближения к участку «нагружение» и участку «разгружение» графика.

С.3 Экстраполируют прямые обратно к «нулевой» нагрузке.

С.4 Измеряют δ_{offset} и δ_{max}.

С.5 Вычисляют и записывают значение $\delta_{offset} / \delta_{max}$.

С.6 Осторожно разделяют подложки образца после полного цикла испытания. Визуально определяют, произошла или нет пластическая деформация плеча подложки, если не сохранилась остаточная деформация при разделении. При использовании образца КДКБ подложки держат вместе, как они были до разъединения.

Отмечают прямолинейность балок после разделения подложек в протоколе испытания.

Примечание — Если выполняется условие $\delta_{offset} / \delta_{max} > 0{,}05$, то возможна пластическая деформация.

Приложение ДА
(справочное)

Оригинальный текст модифицированных структурных элементов примененного международного стандарта

ДА.1

6.2 Кондиционирование

Большинство клеев абсорбируют в небольшом количестве влагу из атмосферы, которая может оказать заметное влияние на измеряемые характеристики. После подготовки образцов клей обычно высушивают. Если испытание осуществляют в течение нескольких дней после изготовления образца, то нет необходимости в кондиционировании в условиях контролируемой влажности, поскольку незначительное поглощение воды будет происходить в тонком слое клея. Однако если образец испытывают спустя значительное время или если рассматривается именно влияние абсорбированной воды на характеристики, то влажность необходимо контролировать путем кондиционирования, а характеристики будут зависеть от продолжительности кондиционирования.

Кроме того, если используют подложки из композиционных материалов, то может оказаться важным просушить их до выполнения соединения. Характеристики некоторых клеев очень чувствительны к присутствию небольшого количества влаги в подложке для нанесения клея перед отверждением.

Температура сушки перед отверждением обеспечит отсутствие влияния на целостность клеевого соединения влаги до склеивания.

Примечание — Редакция раздела изменена для приведения в соответствие с требованиями ГОСТ 1.5—2001 (пункт 7.9.7).

Приложение ДБ
(справочное)

Оригинальный текст невключенных структурных элементов примененного международного стандарта

ДБ.1

7.4 Измерение податливости испытательной машины

Если жесткость разрывной машины с соответствующими захватами и штифтами неизвестна, определяют коэффициент податливости, связанный с настройкой машины, как описано в приложении А. Учитывают полученную податливость при расчетах, представленных в разделе 8, если для измерения смещения при открытии образца во время испытаний не используется экстензометр и поправкой на податливость испытательной машины, описанной в приложении А, надо пренебречь.

Проводят измерение податливости системы после испытаний на разрушение таким образом, чтобы максимальная нагрузка получалась в испытаниях на разрушение и диапазон нагрузки, в котором предполагается измерять податливость системы, был известен. Корректируют смещение, измеренное в ходе испытания DCB или TDCB, чтобы учесть отклонения в системе нагружения. В расчетах для каждого испытания используют скорректированные значения смещения.

Если для измерения смещения используют экстензометр, присоединенный к образцу или нагружающим штифтам, то поправку на податливость системы не вносят.

ДБ.2

Приложение А
(справочное)

Измерение податливости системы

Предупреждение — Необходимо обеспечить выполнение данной методики опытным персоналом, в противном случае может произойти поломка оборудования при нагружении калибровочного образца.

Примечание — При проведении межлабораторных испытаний были сделаны наблюдения, что данная корректирующая процедура может иметь большое влияние на форму *R*-кривых и значения модуля, полученного путем обратных вычислений при испытаниях образцов DCB.

Используют аппаратуру, описанную в 5.1. Устанавливают систему для растяжения под нагрузкой точно так же, как и для испытания на разрушение. Определяют калибровочную нагрузку P_{cal} как максимальную нагрузку, приложенную при испытании на разрушение.

Соединяют жесткий калибровочный образец известной податливости C_{cs} с системой нагружения.

Если используют штифты круглого сечения для нагружения разрушаемых образцов, то их же используют для нагружения калибровочных образцов.

Примечание — Если калибровочный образец изготовлен из мягкой стали с поперечным сечением 20 мм на 25 мм и расстоянием между центрами нагружающих отверстий 25 мм, то он считается удовлетворительным для работы и обладает податливостью, которая обычно пренебрежимо мала по сравнению с податливостью системы C_{sy}.

Нагружают образец при очень малой скорости, например 0,05 мм/мин, вплоть до значения калибровочной нагрузки P_{cal}. Если используют ленточный самописец для наблюдения смещения, то запускают его со скоростью, в 100 раз превышающей скорость ползуна. Когда нагрузка достигает значения P_{cal}, останавливают ползун и разгружают образец.

Примечание — Нагрузка быстро увеличивается в процессе данного метода, поэтому необходимо следить за тем, чтобы не перегрузить датчик нагрузки.

Проводят прямую наилучшего согласования через линейный участок полученного рисунка «нагрузка — смещение», игнорируя, таким образом, начальную нелинейность за счет преодоления люфта, как показано на рисунке А.1.

Примечание — Данным преодолением люфта также пренебрегают в испытаниях на разрушение.

Выводят общую податливость, C_{total}, комбинации система — калибровочный образец (мм/Н) по этой прямой, как показано на рисунке А.1.

Примечание

$$C_{total} = \delta_{cal} / P_{cal}.$$

Рассчитывают значение C_{sy}, мм/Н, по формуле

$$C_{sy} = C_{total} - C_{cs}. \qquad (A.1)$$

Корректируют все значения смещения, измеренные во время испытаний на разрушение, т. е. при каждом значении длины трещины, которое было записано по формуле (А.2)

$$\delta_{cor} = \delta - PC_{sy}, \quad (A.2)$$

где δ_{cor} — скорректированное значение смещения, мм (для применения в формулах раздела 8);

δ — значение смещения, измеренное при испытаниях на разрушение, мм;

P — соответствующая нагрузка.

Обозначение

δ_e — эффективное смещение ползуна (пренебрегая начальной нелинейностью за счет преодоления люфта).

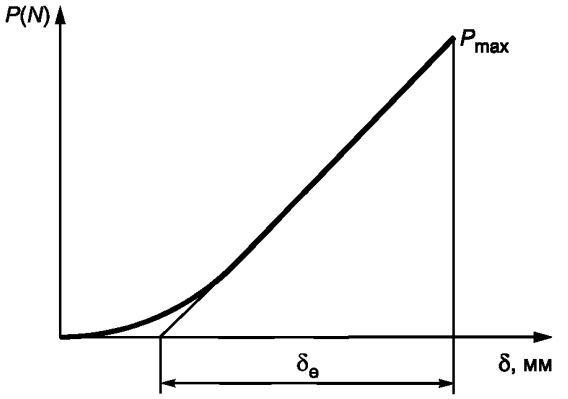


Рисунок А.1 — Схематическая картина зависимости «нагрузка — смещение», полученная в процессе измерения податливости системы

ДБ.3

Приложение D
(справочное)

Краткое описание базовой теории

D.1 Общие положения

Методы испытаний, установленные в данном международном стандарте, позволяют определить сопротивление разрушению конструкционных клеевых соединений в условиях нагружения при растяжении типа I. Рекомендуется использовать образцы типа двухконсольной балки (DCB) или конусной двухконсольной балки (TDCB).

Методы описывают измерение сопротивления страгиванию трещины и распространению трещины через клеевой слой. Точки страгивания трещины определяют непосредственно от пленки-вставки, опрессованной в середину клеевого слоя при изготовлении клеевого соединения, и от предварительно нанесенной в ходе испытания трещины типа I. Этими методами измеряют параметр энергии адгезионного разрушения типа I G_{IC}. G_{IC} можно также описать как критическую скорость выделения энергии деформации, скорость выделения энергии или способность соединения поглощать энергию при разрушении.

Образец типа двухконсольной балки (DCB) хорошо подходит для испытаний соединения, состоящего из клеевого слоя и тонких листов подложки из волоконно-композиционного материала, хотя могут быть использованы металлические подложки, которые обладают относительно высоким пределом текучести [см. рисунок 1 c].

Образец типа конусной двухконсольной балки (TDCB) сконструирован таким образом, что в большом диапазоне значений длины трещины скорость изменения податливости по мере роста трещины будет постоянной и, таким образом, независимой от значения длины трещины. Это имеет значение, поскольку:

a) можно испытывать относительно вязкие клеи без пластической деформации плеч образца;

b) подложки могут обладать относительно низким значением предела текучести и снова в ходе испытаний не возникнет пластической деформации;

c) измерение энергии адгезионного разрушения, G_{IC}, не зависит от длины трещины, a.

Существует три метода анализа для образцов DCB и TDCB. Метод на основе скорректированной теории балки (CBT) и экспериментальный метод определения податливости (ECM) считаются более точными методами определения значения G_{IC}.

Примечание — Образцы DCB более дешевые в изготовлении, поэтому являются образцами первого выбора, при условии отсутствия пластической деформации подложек. Для испытаний более прочных клеев и подложек с низкими значениями предела текучести, т. е. в соединениях, для которых более вероятно преодолеть условия испытаний LEFM, предпочтительнее выбирать образцы TDCB.

Чтобы получить линейную зависимость изменения податливости от длины трещины, высоту образца варьируют, конструируя балку из подложек таким образом, чтобы геометрический коэффициент, m, являлся константой [см. формула (D.1)]

$$m = \frac{3 \cdot a^2}{h^3} + \frac{1}{h}, \tag{D.1}$$

где a — длина трещины;

h — толщина подложек балки при длине трещины a.

В данном приложении приведены формулы для расчета энергии адгезионного разрушения, G_{IC}, в методе с применением теории двухконсольной балки (DCB) (методы анализа 1—3) и методе конусной двухконсольной балки (TDCB) (методы анализа 4—6).

D.2 Метод анализа 1: Теория простой балки (SBT). Двухконсольная балка (DCB)

Значение энергии адгезивного разрушения, G_{IC}, рассчитывают по формуле

$$G_{IC} = \frac{P^2}{2 \cdot B} \cdot \frac{dC}{da}, \tag{D.2}$$

где P — нагрузка, измеренная датчиком нагрузки испытательной машины;

B — ширина образца;

C — податливость, задаваемая δ/P.

Для тонких клеевых слоев по теории простой балки dC/da можно выразить по формуле

$$\frac{dC}{da} = \frac{8}{E_S \cdot B} \cdot \left(\frac{3 \cdot a^2}{h^3} + \frac{1}{h} \right), \tag{D.3}$$

где E_s — независимо измеренный модуль изгиба или модуль упругости при растяжении подложки.

Объединяя формулы (D.1), (D.2) и (D.3), можно рассчитать G_{IC}

$$G_{IC} = \frac{4 \cdot P^2}{E_S \cdot B^2} \cdot \left(\frac{3 \cdot a^2}{h^3} + \frac{1}{h} \right) = \frac{4 \cdot P^2}{E_S \cdot B^2} \cdot m. \tag{D.4}$$

D.3 Метод анализа 2: Скорректированная теория балки (CBT). Двухконсольная балка (DCB)

В выражении податливости по теории простой балки для идеально заделанного с обоих концов образца DCB будет недооценена податливость, поскольку на практике балку невозможно заделать с обоих концов идеально.

Энергию адгезионного разрушения, G_{IC}, рассчитывают по формуле (D.5), если используют рояльные петли или высверленные отверстия для приложения нагрузки, или по формуле (D.6), если применяют нагружающие блоки:

$$G_{IC} = \frac{3 \cdot P \cdot \delta}{2 \cdot B \cdot (a + |\Delta|)} \cdot F; \tag{D.5}$$

$$G_{IC} = \frac{3 \cdot P \cdot \delta}{2 \cdot B \cdot (a + |\Delta|)} \cdot \frac{F}{N}, \tag{D.6}$$

где N — поправка на блок нагружения;

F — поправка на большое смещение;

δ — смещение;

Δ — поправка на длину трещины для неидеально заделанной с обоих концов балки.

Поправку на большое смещение, F, и поправку на блок нагружения, N, рассчитывают, как по формулам (D.7) и (D.8)

$$F = 1 - \frac{3}{10} \cdot \left(\frac{\delta}{a} \right)^2 - \frac{3}{2} \cdot \left(\frac{l_1 \cdot \delta}{a^2} \right); \tag{D.7}$$

$$N = 1 - \left(\frac{l_2}{a} \right)^3 - \frac{9}{8} \cdot \left[1 - \left(\frac{l_2}{a} \right)^2 \right] \cdot \frac{l_1 \cdot \delta}{a^2} - \frac{9}{35} \cdot \left(\frac{\delta}{a} \right)^2, \tag{D.8}$$

где l_1 — расстояние от центра нагружающего штифта до середины плоскости плеча балки, образованной подложками, к которым присоединен блок нагружения;

l_2 — расстояние от центра нагружающего штифта до края блока (см. рисунок 1).

Модуль изгиба, E_f, рассчитывают как функцию длины трещины, a, по формуле (D.9), если используют рояльные петли или высверленные отверстия для приложения нагрузки, или по формуле (D.10), если применяют нагружающие блоки

$$E_f = \frac{8 \cdot (a + |\Delta|)^3}{C \cdot B \cdot h^3}; \quad (D.9)$$

$$E_f = \frac{8 \cdot N \cdot (a + |\Delta|)^3}{C \cdot B \cdot h^3}. \quad (D.10)$$

Такой расчет является хорошей проверкой метода, поскольку позволяет получить значение модуля изгиба, E_f, не зависимое от длины трещины.

D.4 Метод анализа 3: Экспериментальный метод определения податливости (ECM) или Метод Берри. Двухконсольная балка (DCB)

Логарифм податливости или приведенная податливость, *C/N*, если используются блоки нагружения, наносят на график против логарифма длины трещины, *a*. Наклон, *n*, графика определяет G_{IC} следующим образом

$$G_{IC} = \frac{n \cdot P \cdot \delta}{2 \cdot B \cdot a} \cdot F; \quad (D.11)$$

$$G_{IC} = \frac{n \cdot P \cdot \delta}{2 \cdot B \cdot a} \cdot \frac{F}{N}. \quad (D.12)$$

Ту же самую поправку на большое смещение, *F*, и поправку на блок нагружения, *N*, если их применяют, используют, как указано в методе скорректированной теории балки.

D.5 Метод анализа 4: Теория простой балки (SBT). Конусная двухконсольная балка (TDCB)

Аналогичен методу анализа 1, за исключением того, что значение *m* является постоянным для данной конкретной геометрии.

D.6 Метод анализа 5: Скорректированная теория балки (CBT). Конусная двухконсольная балка (TDCB)

Выражение G_{IC} по теории простой балки, описанное в методе анализа 4, неправильно оценивает податливость образца, поскольку:

a) положения нагружающих шпилек и окружающего их материала не учитывают при выводе формулы (D.4);

b) как и для образца DCB, поведение данного образца отличается от идеально заделанной с двух концов балки.

Поправки приводят к формуле (D.13)

$$\frac{dC}{da} = \frac{8 \cdot m}{E_s \cdot B} \cdot \left[1 + 0{,}43 \cdot \left(\frac{3}{m \cdot a}\right)^{\frac{1}{3}}\right]; \quad (D.13)$$

$$G_{IC} = \frac{4 \cdot P^2 \cdot m}{E_s \cdot B^2} \cdot \left[1 + 0{,}43 \cdot \left(\frac{3}{m \cdot a}\right)^{\frac{1}{3}}\right]. \quad (D.14)$$

При выводе формулы (D.13), значение *m* аппроксимируется до $3a^2/h^3$, т. е. член $1/h$ в формуле (D.1) опускается. Погрешность в значении G_{IC}, введенная таким приближением, незначительна, и межлабораторные испытания продемонстрировали хорошее согласование между значениями G_{IC}, полученными по формулам (D.14) и (D.2) для конусных балок, при изготовлении которых использовались подложки из алюминиевого сплава.

D.7 Метод анализа 6: Экспериментальный метод определения податливости (ECM). Конусная двухконсольная балка (TDCB)

Энергию адгезивного разрушения, G_{IC}, рассчитывают по формуле (D.2). Значения *C*, нанесенные на график против значений длины трещины, *a*, дают линейную зависимость.

Приложение ДВ
(справочное)

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

Таблица ДВ.1

Обозначение ссылочного межгосударственного, национального стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта
ГОСТ 12423—2013 (ISO 291:2008)	MOD	ISO 291 «Пластмассы. Стандартные атмосферы для кондиционирования и испытания»
ГОСТ Р 56977—2016	*	ISO 10365 «Клеи. Обозначение основных типов разрушений»

* Не является гармонизированным.

Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандарта:

- MOD — модифицированный стандарт.

УДК 678.017:006.354 ОКС 83.180

Ключевые слова: композиты полимерные, определение критической работы расслоения в условиях отрыва, клеевое соединение, метод двухконсольной балки, метод конусной двухконсольной балки

БЗ 9—2017/48

Редактор *Н.Н. Кузьмина*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.И. Першина*
Компьютерная верстка *Е.О. Асташина*

Сдано в набор 05.09.2017. Подписано в печать 03.10.2017. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,52. Тираж 21 экз. Зак. 1666.
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