ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 57926— 2017

КОМПОЗИТЫ КЕРАМИЧЕСКИЕ

Метод определения усталости при осевом циклическом растяжении с постоянной амплитудой и нормальной температуре

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2017

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Обществом с ограниченной ответственностью «Инновации 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 8 ноября 2017 г. № 1691-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к стандарту АСТМ Ц1360—10 (2015) «Стандартные практические указания по определению усталости при постоянной амплитуде, циклическом напряжении высококачественной керамики, армированной непрерывным волокном, при температурах окружающей среды» (ASTM C1360—10 (2015) «Standard Practice for Constant-Amplitude, Axial, Tension-Tension Cyclic Fatigue of Continuous Fiber-Reinforced Advanced Ceramics at Ambient Temperatures», MOD) путем изменения его структуры для приведения в соответствие с правилами, установленными в ГОСТ 1.5—2001 (подразделы 4.2 и 4.3), путем изменения содержания отдельных структурных элементов, которые выделены вертикальной линией, расположенной на полях напротив соответствующего текста. Оригинальный текст этих структурных элементов примененного стандарта АСТМ и объяснения причин внесения технических отклонений приведены в дополнительном приложении ДА.

При этом в него не включены разделы 5 и 7 примененного стандарта АСТМ, которые нецелесообразно применять в российской национальной стандартизации в связи с тем, что данные разделы носят справочный характер.

Указанные разделы, не включенные в основную часть настоящего стандарта, приведены в дополнительном приложении ДБ.

Дополнительные ссылки, включенные в текст стандарта для учета потребностей национальной экономики Российской Федерации и/или особенностей российской национальной стандартизации, выделены полужирным курсивом.

Измененные отдельные фразы выделены в тексте курсивом.

Внесение указанных технических отклонений связано с особенностями российской национальной стандартизации.

Исключены ссылки на АСТМ Ц1145, АСТМ Д3878, АСТМ Е4, АСТМ Е6, АСТМ Е83, АСТМ Е337, АСТМ Е467, АСТМ Е468, АСТМ Е739, АСТМ Е1012, АСТМ Е1150, АСТМ 1823, АСТМ IEEE/ АСТМ СИ10 вместе с положениями, в которых они приведены.

Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем стандарта АСТМ приведено в дополнительном приложении ДВ.

В настоящем стандарте ссылки на стандарты АСТМ заменены соответствующими национальными и межгосударственными стандартами. Сведения о соответствии ссылочных национальных и межгосударственных стандартов стандартам АСТМ, использованным в качестве ссылочных в примененном стандарте АСТМ, приведены в дополнительном приложении ДГ

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 и определения 1
4 Сущность метода 1
5 Оборудование 2
6 Подготовка к проведению испытаний 2
7 Проведение испытаний 2
8 Обработка результатов 3
9 Протокол испытаний 3
Приложение ДА (справочное) Оригинальный текст модифицированных структурных элементов примененного стандарта АСТМ 4
Приложение ДБ (справочное) Оригинальный текст невключенных структурных элементов примененного стандарта АСТМ 8
Приложение ДВ (справочное) Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем стандарта АСТМ 10
Приложение ДГ (справочное) Сведения о соответствии ссылочных национальных и межгосударственных стандартов стандартам АСТМ, использованным в качестве ссылочных в примененном стандарте АСТМ 11

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КОМПОЗИТЫ КЕРАМИЧЕСКИЕ

Метод определения усталости при осевом циклическом растяжении с постоянной амплитудой и нормальной температуре

Ceramic composites. Test method for determination of axial tension-tension cyclic fatigue at constant amplitude and normal temperature

Дата введения — 2018—06—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на керамические композиты и устанавливает метод определения усталости при осевом циклическом растяжении с постоянной амплитудой и нормальной температуре.

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

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 6507—90 Микрометры. Технические условия

ГОСТ 6616—94 Преобразователи термоэлектрические. Общие технические условия

ГОСТ 23207—78 Сопротивление усталости. Основные термины, определения и обозначения

ГОСТ Р 57143—2016 Композиты полимерные. Метод испытания на усталость при циклическом растяжении

ГОСТ Р 57922—2017 Композиты керамические. Метод определения механических характеристик при монотонном одноосном растяжении и нормальной температуре

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 и определения

В настоящем стандарте применены термины по ***ГОСТ 23207***.

4 Сущность метода

Сущность метода заключается в испытании образца на многократное растяжение при заданных напряжении (деформации) и амплитуде, при этом определяют циклическую долговечность (число ци-

Издание официальное

клов напряжений (деформаций), выдержанных нагруженным образцом до усталостного разрушения или до изменения модуля упругости при растяжении и т. п.).

Примечание — См. ДА.2 (приложение ДА).

5 Оборудование

5.1 Применяют оборудование (испытательная машина, захваты, устройства для измерения деформации) по ГОСТ Р 57922.

5.2 Микрометр по ***ГОСТ 6507*** с погрешностью измерения не более 0,01 мм.

5.3 Радиационный термометр, термопара по ***ГОСТ 6616*** или пирометр оптический.

6 Подготовка к проведению испытаний

6.1 Требования к изготовлению образцов, размеры, внешний вид образцов должны соответствовать ГОСТ Р 57922.

6.2 Требования к хранению и кондиционированию образцов по ГОСТ Р 57143, *если иное не установлено в нормативном документе или технической документации на изделие*.

6.3 Количество образцов для определения усталости при осевом циклическом растяжении с постоянной амплитудой и нормальной температуре устанавливают *в нормативном документе или технической документации на изделие*.

6.4 До проведения испытания по согласованию между заинтересованными сторонами или в соответствии с нормативным документом или технической документацией определяют следующие параметры испытания:

- максимальное и минимальное напряжение (деформации) цикла для каждого испытания;
- частоту циклов;
- закон нагружения;
- коэффициент асимметрии цикла напряжений (деформаций);
- амплитуду напряжений (деформаций) цикла;
- базу испытаний.

6.5 Проводят статические испытания в соответствии с ГОСТ Р 57922 для определения предела прочности при растяжении. Полученные результаты используют при выборе уровней напряжений (или деформаций) в циклических испытаниях.

7 Проведение испытаний

7.1 Испытания проводят при нормальной температуре и относительной влажности воздуха не превышающей 65 %.

Точность поддержания температуры ± 3 °С, относительной влажности воздуха ± 10 %.

7.2 Измеряют толщину и ширину рабочей части образца в трех местах (по краям и в середине), и вычисляют площадь поперечного сечения образца. В протоколе испытаний регистрируют среднее значение площади поперечного сечения образца.

7.3 Устанавливают образец в захваты испытательной машины, закрепляют датчики деформации, маркируют образец в соответствии с ГОСТ Р 57922.

7.4 При необходимости прикладывают предварительную нагрузку, которую определяют экспериментально, для каждого испытуемого материала. Обнуляют датчик деформации.

7.5 В соответствии с *эксплуатационной документацией* подготавливают к работе средство измерения температуры образца в ходе проведения испытания.

7.6 Проводят испытание на усталость. В ходе испытания максимальные и минимальные напряжения (деформации) не должны превышать номинальные значения более чем на 1 %.

7.7 При проведении испытания записывают количество циклов, значения максимальных и минимальных напряжений (деформаций) и другие параметры испытания (см. 6.4).

7.8 Испытание останавливают в случае усталостного разрушения, изменения модуля упругости при растяжении до заданного значения, достижения базы испытаний или другого признака, установленного *в нормативном документе, технической документации* или по согласованию между заинтересованными сторонами.

7.9 После проведения испытания определяют местоположение усталостного излома относительно середины рабочей части образца и характер усталостного излома (хрупкий или волокнистый).

7.10 Если усталостный излом находится за пределами рабочей части образца, результаты испытаний не учитывают и проводят повторные испытания на новом образце.

8 Обработка результатов

По результатам испытаний строят кривую усталости.

Примечание — См. ДА.3 (приложение ДА).

9 Протокол испытаний

Результаты проведения испытаний оформляют в виде протокола, содержащего:
- ссылку на настоящий стандарт;
- подробную информацию, необходимую для полной идентификации образца;
- размеры, внешний вид образцов;
- описание применяемого оборудования;
- количество образцов;
- метод подготовки образца;
- условия проведения испытаний;
- максимальное и минимальное напряжения (деформации) цикла для каждого испытания;
- частоту циклов;
- закон нагружения;
- коэффициент асимметрии цикла напряжений (деформаций);
- амплитуду напряжений (деформаций) цикла;
- кривую усталости;
- дату проведения испытания.

Примечание — См. ДА.4 (приложение ДА).

Приложение ДА
(справочное)

Оригинальный текст модифицированных структурных элементов примененного стандарта АСТМ

ДА.1

1 Область применения

1.1 В настоящих практических указаниях описано определение усталостных характеристик при постоянной амплитуде, циклическом напряжении высококачественных керамических композитов, армированных непрерывным волокном (ККМАНВ) при температурах окружающей среды. Настоящие практические указания основаны на опыте и существующих стандартах в области испытаний на растяжение ККМАНВ при температурах окружающего воздуха и описывают различные предлагаемые геометрические конфигурации испытательных образцов, методы изготовления образцов, режимы испытания (усилие, смещение или деформация), скорости и частоту испытания, допустимый изгиб и процедуры сбора данных, а также составления протокола. Настоящие практические указания не распространяются на испытания на осевую циклическую усталость компонентов или частей (например, элементы механизмов с неравномерными или многоосными напряжениями).

1.2 Настоящий метод испытания главным образом применяется для всех композитных материалов с матрицей из высококачественной керамики, армированной непрерывным волокном: в одном направлении (1-D), в двух направлениях (2-D), и трех направлениях (3-D), или с другими многонаправленными типами армирования. Кроме того, настоящие практические указания могут использоваться для композитных материалов со стеклянной (аморфной) матрицей, армированных однонаправленным, двунаправленным и трехнаправленным, а также другими многонаправленными типами армирования непрерывным волокном. В настоящих практических указаниях напрямую не рассматривается керамика, армированная дискретным волокном, нитевидными кристаллами или макрочастицами, хотя описанные в настоящем документе методы испытания могут в равной степени применяться для этих композитных материалов.

1.3 Величины, указанные в единицах СИ, считаются стандартными и соответствуют IEEE/АСТМ СИ10.

1.4 Настоящий стандарт не претендует на полноту описания всех проблем безопасности, связанных с его использованием, если таковые имеются. В обязанности пользователя данного стандарта входит обеспечение соответствующих мер техники безопасности и охраны труда, а также решение вопроса о применимости нормативных ограничений перед началом применения стандарта. Конкретные меры предосторожности приведены в разделе 7.

Примечание — Редакция раздела изменена для приведения в соответствие с требованиями ГОСТ Р 1.5—2012 (подраздел 3.1) и ГОСТ 1.5—2001 (подраздел 3.7).

ДА.2

4. Значение и применение

4.1 Настоящие практические указания могут использоваться для разработки материалов, сравнения материалов, обеспечения качества, определения характеристик, оценки надежности и формирования расчетных данных.

4.2 Композитные материалы с керамической матрицей, армированной непрерывным волокном, обычно характеризуются наличием кристаллической матрицы и армированием керамическим волокном. Эти материалы являются потенциальными материалами для применения в области строительства, требующей высокой степени устойчивости к износу и коррозии, а также устойчивости к разрушению при высоких температурах (т. е. вязкость). Кроме того, композиты со стеклянной матрицей, армированной волокном, являются потенциальными материалами для аналогичных, но возможно менее ресурсоемких практических целей. Несмотря на то, что методы испытания на изгиб широко используются для оценки механических характеристик монолитной высококачественной керамики, распределение неравномерного напряжения образца для испытания на изгиб помимо различных механических характеристик при растяжении и сжатии для ККМАНВ ведет к неоднозначности интерпретации результатов испытаний, полученных при испытаниях ККМАНВ на изгиб. Испытания на растяжение при одноосном нагружении позволяют получить информацию о механических характеристиках для равномерно нагруженных материалов.

4.3 Характеристики ККМАНВ при циклической усталости могут иметь заметные нелинейные эффекты (например, сдвиг волокон в матрице), которые могут быть связаны с передачей тепла образца в окружающую среду. Изменения температуры, частоты и отвод тепла могут повлиять на результаты испытания. Может потребоваться измерение воздействия этих переменных, чтобы более точно имитировать конечные условия некоторых вариантов практического использования.

4.4 Циклическая усталость имеет характер вероятностного феномена, согласно STP 91A (ссылка (1) и STP 588 (ссылка (2)). Кроме того, прочность ломких матриц и волокон ККМАНВ также имеет вероятностный характер. По этой причине для каждого условия испытания требуется достаточное количество образцов для статистического анализа и расчета. Указания по достаточному количеству для них указаны в STP 91A (ссылка (1)), STP 588 (ссылка (2))

и АСТМ Е739. Исследования, направленные на определение воздействия объема или площади поверхности испытательного образца на распределение усталостной прочности при циклическом нагружении для ККМАНВ, еще не завершены. Наличие множества различных геометрических конфигураций испытательных образцов для испытаний на циклическую усталость может обуславливать изменчивость измеряемых характеристик циклической усталости того или иного материала ввиду различий в объеме материала на рабочем участке испытательного образца.

4.5 Испытания на усталость при циклическом растяжении позволяют получить информацию о характеристиках материалов под действием циклических одноосных растягивающих напряжений. Состояния равномерного напряжения необходимы для эффективной оценки нелинейных характеристик зависимости «напряжение — деформация», которые могут формироваться под действием процесса суммарного повреждения (например, образование микротрещин в матрице, отклеивание матрицы/волокна, расслоение, распространение трещин при циклической усталости и т. д.).

4.6 Суммарное повреждение вследствие циклической усталости может зависеть от режима испытания, скорости испытания (связанной с частотой), разницы между максимальным и минимальным усилием (R или A), последствий обработки или сочетания составляющих материалов, а также факторов воздействия внешней среды (включая среду испытания и кондиционирование перед испытанием), или и того, и другого. Некоторые из этих факторов воздействия могут быть следствием механической коррозии или докритического (медленного) роста трещин, количественная оценка которых может быть затруднительной. К другим факторам, способным влиять на характеристики циклической усталости, относится: материал матрицы или волокон, наличие пустот или пористость, методы подготовки или изготовления испытательных образцов, объемная доля армирования, ориентация или последовательность укладки армирования, кондиционирование испытательных образцов, среда испытания, пределы усилия или деформации во время циклического нагружения, формы волн (т. е. синусоидальная, трапециевидная и т. д.), и вид разрушения ККМАНВ.

4.7 Результаты испытания на циклическую усталость образцов, изготовленных по стандартизированным размерам из определенного материала или выбранной части могут не в полной мере отражать характеристики при циклической усталости полного, полноразмерного конечного изделия или его эксплуатационные характеристики в различных внешних условиях.

4.8 Тем не менее, для целей контроля качества результаты, полученные на основе стандартизированных образцов для испытания на растяжение, могут считаться свойственными для материала, из которого они были отобраны, при учете условий первичной и вторичной тепловой обработки.

4.9 Характеристики при циклической усталости ККМАНВ зависят от свойственного сопротивления разрыву, присутствия дефектов или процессов суммарного повреждения или и того, и другого. Испытательный образец ККМАНВ может испытывать значительные повреждения без каких-либо видимых признаков, например, макроскопические трещины. Это может приводить к потере жесткости и остаточной прочности. В зависимости от цели проведения испытания, а не от окончательного разрушения, определенная потеря жесткости или остаточной прочности может представлять собой разрушение. В случаях возникновения разрыва рекомендуется проводить анализ поверхности разрыва и фрактографию, хотя это и выходит за рамки применения настоящих практических указаний.

Примечание — Редакция раздела изменена для приведения в соответствие с требованиями ГОСТ 1.5—2001 (пункт 7.9.5).

ДА.3

10 Обработка результатов

10.1 В целом — Основные формулы для расчета технических параметров приведены далее. Дополнительные указания по интерпретации и составлению протоколов испытаний на циклическую усталость приведены в STP 91A (ссылка (1)), STP 588 (ссылка (2)) и Практических указаниях Е739.

10.2 Техническое напряжение. Техническое напряжение вычисляют по формуле

$$\sigma = \frac{P}{A}, \tag{4}$$

где σ — техническое напряжение, МПа;

P — приложенная одноосная растягивающая нагрузка, H;

A — исходная площадь поперечного сечения, в мм^2.

Площадь поперечного сечения A вычисляют по формуле

$$A = wb, \tag{5}$$

где w и b — средняя ширина и средняя толщина рабочего участка соответственно, мм, согласно 9.1.

10.3 Техническая деформация. Техническую деформацию вычисляют по формуле

$$\varepsilon = \frac{(l - l_0)}{l_0}, \tag{6}$$

где ε — техническая деформация;

l — измерительная база экстензометра в любой момент времени, мм;

l_0 — исходная измерительная база, мм.

При использовании тензодатчиков деформацию измеряют напрямую и формула (6) не требуется.

10.4 Прочность при растяжении. Прочность при растяжении вычисляют по формуле

$$S_u = \frac{P_{max}}{A}, \quad (7)$$

где S_u — прочность при растяжении, МПа, и

P_{max} — максимальное усилие, Н

10.5 Модуль упругости. Модуль упругости вычисляют по формуле

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon}, \quad (8)$$

где E — модуль упругости;

$\Delta\sigma/\Delta\varepsilon$ — наклон кривой σ — ε в пределах линейной области, согласно описанию, в АСТМ Ц1275 (пункт 10.8). Обратите внимание, что модуль упругости невозможно определить в случае с материалами, демонстрирующими полностью нелинейные кривые σ — ε.

Примечание — Редакция раздела изменена для приведения в соответствие с требованиями ГОСТ 1.5—2001 (пункт 7.9.9).

ДА.4

11 Протокол

11.1 Серия испытаний. В протокол испытания необходимо занести следующие сведения о серии испытаний. В протоколе необходимо отразить все значительные отклонения от порядка выполнения испытания и требований в настоящих практических указаниях.

11.1.1 Дата и место проведения испытания.

11.1.2 Использованная геометрическая конфигурация испытательного образца (приложить технические чертежи). Для испытательных образцов с концевыми вкладками необходимо указать материал вкладок и тип адгезива, а также приложить чертеж вкладок.

11.1.3 Тип и конфигурация испытательной установки (при необходимости приложить чертеж или эскиз). В случае использования коммерческой испытательной установки, для ее описания достаточно указать производителя и номер модели. Правилами лабораторной практики также предусмотрена регистрация серийных номеров испытательного оборудования при их наличии.

11.1.4 Тип, конфигурация и разрешающая способность использованного тензометрического оборудования (при необходимости прикладывают чертеж или эскиз). При использовании коммерческого экстензометра или тензодатчиков, для их описания достаточно указать производителя и номер модели. Правилами лабораторной практики также предусмотрена регистрация серийных номеров испытательного оборудования при их наличии.

11.1.5 Тип и конфигурации использованного захвата (при необходимости прикладывают чертеж или эскиз). В случае использования коммерческого захвата, для его описания достаточно указать производителя и номер модели. Правилами лабораторной практики также предусмотрена регистрация серийных номеров испытательного оборудования при их наличии.

11.1.6 Тип и конфигурация использованных соединителей поезда нагрузок (при необходимости прикладывают чертеж или эскиз). В случае использования коммерческих соединителей поезда нагрузок, для его описания достаточно указать производителя и номер модели. Правилами лабораторной практики также предусмотрена регистрация серийных номеров испытательного оборудования при их наличии.

11.1.7 Число (n) испытательных образцов, прошедших действительное испытание (например, с разрывом на рабочем участке). Кроме того, в протокол необходимо занести общее количество испытанных образцов (n_T), чтобы обозначить ожидаемую степень успеха использования испытательных образцов тех или иных геометрических параметров и испытательных установок.

11.1.8 Все соответствующие данные о материале, в том числе исторические данные или идентификационные данные заготовки. Как минимум, в протокол вносится информация о дате изготовлении образца.

11.1.8.1 В случае с коммерчески доступными материалами, когда это целесообразно и возможно, в протокол вносится торговое обозначение и номер партии. Как минимум необходимо включить краткое описание армирования (тип, укладка и т. д.), указать объемное содержание волокна и объемную плотность.

11.1.8.2 В случае с некоммерческими материалами, когда это целесообразно и возможно, в протокол необходимо внести основные составляющие и соотношения, равно как и первичный технологический маршрут, включая сырое состояние и пути консолидации. Также в протоколе необходимо указать объемную долю волокна, пористость матрицы и объемную плотность. Полностью описать тип армирования, свойства и архитектуру армирования, включая свойства волокна (состав, диаметр, источник, номер партии и любой измеренной/указанного

свойства), покрытия поверхностей контакта (состав, толщина, структура, производитель и метод изготовления) и архитектуру армирования (тип/число нитей, плотность ткани, переплетение, число слоев, поверхностная масса волокна, последовательность укладки слоев, ориентация волокон в слоях и т. д.).

11.1.9 Описание метода подготовки испытательного образца, включая все этапы механической обработки, очистки, а также время и метод хранения перед испытанием.

11.1.10 Термообработка, покрытие или предварительное внешнее воздействие, если таковые применяются, либо к обработанному материалу, либо к изготовленному испытательному образцу.

11.1.11 Среда испытания и периодичность измерения, включая относительную влажность (см. АСТМ Е337), температуру окружающей среды и тип среды (например, наружный воздух, сухой азот, силиконовое масло и т. д.).

11.1.12 Режим испытания (регулировка нагрузки, смещения или деформации), форма волны, фактическая скорость испытания и коэффициент R или A.

11.1.13 Процент изгиба и соответствующая средняя деформация в образце, зарегистрированные в ходе испытания в начале и в конце серии испытаний. Кроме того, следует построить кривую зависимости процента изгиба от параметра (усилие, смещение, деформация и т. д.), чтобы упростить процесс определения влияния изгиба по траектории формы волны от минимального до максимального значения, и

11.1.14 Среднее, среднеквадратичное отклонение и коэффициент изменения для следующих измеренных параметров контрольного образца для каждой серии испытаний, определенных согласно АСТМ Ц1275.

11.1.14.1 Прочность при растяжении S_u.

11.1.14.2 Деформация при прочности на растяжение ε_u.

11.1.14.3 Прочность при разрыве S_f.

11.1.14.4 Деформация при прочности при разрыве ε_u.

11.1.14.5 Модуль упругости E (если применимо).

11.1.14.6 Напряжение при пределе пропорциональности σ_0 (если применимо) и метод определения.

11.1.14.7 Деформация при напряжении предела пропорциональности ε_0 (если применимо).

11.1.14.8 Удельная работа деформации U_R (если применимо).

11.1.14.9 Модуль вязкости U_T (если применимо).

11.1.15 Характеристики зависимости «напряжение — долговечность» (S — N) или «деформация — долговечность» (ε — N) в графическом виде, полученные в соответствии с АСТМ Е468 и АСТМ Е739. Пример графика зависимости «напряжение — долговечность» (S — N) для керамического композита, армированного волокном, показан на рисунке 2 (ссылка (5)), на котором в графическом виде показана зависимость напряжения (S) от числа циклов усталости циклов до разрыва (N). В качестве альтернативы или в дополнение можно построить графики зависимости «напряжение — время» (S — t_f) или «деформация — время» (ε — t_f) для всей серии испытаний.

11.2 Отдельные испытательные образцы — Протокол должен включать следующую информацию по каждому испытанному образцу. В протоколе необходимо отразить все значительные отклонения от порядка выполнения испытания и требований в настоящих практических указаниях.

11.2.1 Соответствующие общие размеры испытательного образца, если измерения проводились, например общая длина, длина рабочего участка, размеры участка захвата и т. д., мм.

11.2.2 Средняя шероховатость поверхности, мкм, если измерения проводились, рабочего участка и направление измерения.

11.2.3 Средние размеры поперечного сечения, если измерения проводились, или размеры поперечного сечения в плоскости разрыва, мм.

11.2.4 Графики периодической зависимости «напряжение — деформация» в случае ее регистрации и соответствующее число циклов.

11.2.5 Максимальное циклическое напряжение, деформация или смещение.

11.2.6 Минимальное циклическое напряжение, деформация или смещение.

11.2.7 Амплитуда циклического напряжения, деформация или смещения.

11.2.8 Коэффициент R или A.

11.2.9 Форма волны и частоты испытания, в том числе время выдержки.

11.2.10 Циклы или время до прекращения испытания, или и то, и другое, и критерий для прекращения испытания.

11.2.11 Места разрывов относительно середины рабочего участка в мм (+ по направлению к верхней части образца согласно маркировке и – по направлению к нижней части образца согласно маркировке 0, указывающей на середину рабочего участка), если применимо.

11.2.12 Внешний вид испытательного образца после разрыва согласно 9.4.

Примечание — Редакция раздела изменена для приведения в соответствие с требованиями ГОСТ 1.5—2001 (пункт 7.9.10).

Приложение ДБ
(справочное)

Оригинальный текст невключенных структурных элементов примененного стандарта АСТМ

ДБ.1

5 Мешающее воздействие

5.1 Среда испытания (вакуум, инертный газ, внешний газ и т. д.), включая влагосодержание (например, относительная влажность), может влиять на измеряемые характеристики при циклической усталости. В частности, от среды и скорости испытания в значительной степени зависят характеристики волокон, подверженных разрыву от медленного роста трещин. Чтобы свести к минимуму воздействия медленного роста трещин, испытания с целью оценки максимальной потенциальной прочности материала проводят в инертных средах или при достаточно высокой скорости испытания, или с учетом обоих этих условий. И наоборот, рекомендуется проводить испытания в средах или в режимах, или и то, и другое, и при таких скоростях, которые характерны для условий эксплуатации, чтобы оценить характеристики материала в условиях фактического использования. Независимо от проведения испытания в нерегулируемой среде наружного воздуха или в регулируемых средах необходимо отслеживать и заносить в протокол значения относительной влажности и температуры, как минимум, в начале и в конце каждого испытания, а также ежечасно (по мере возможности), если длительность испытания превышает 1 ч. Испытания в условиях 65 % относительной влажности (ОВ) проводить не рекомендуется.

5.2 Фактор воздействия скорости проведения испытания во многих ККМАНВ может играть важную роль в снижении характеристик при циклической усталости. В частности, высокие скорости испытания (т. е. высокая частота) могут вызывать локальный нагрев в результате трения при сдвиге расслоенных волокон внутри матрицы. Такой сдвиг может ускорять механическую деструкцию композита, приводя к быстрому разрушению при циклической усталости. И наоборот, низкие скорости испытания (т. е. низкая частота или формы волн с плоской частью) могут способствовать деструкции материала под действием максимальных растягивающих напряжения в течение более длительных периодов времени.

5.3 Во многих материалах амплитуда циклической формы волны является одним из основных факторов, определяющих характеристики при циклической усталости. Таким образом, выбор коэффициента усилия, R или A, может иметь значительное влияние на характеристики материала при циклической усталости. Коэффициент усилия $R = 1$ (т. е. максимальное равно минимальному) представляет собой испытание при постоянном усилии без изменений усилия с течением времени. Коэффициент усилия $R = 0$ (т. е. минимальное равно нулю) представляет собой максимальную амплитуду (т. е. амплитуда равна половине максимального) для циклической усталости при растяжении. Коэффициент усилия $R = 0{,}1$ часто выбирается для испытания на циклическую усталость при растяжении с тем, чтобы создать максимальную амплитуду и одновременно минимизировать вероятность провисания (т. е. ослабления) поезда нагрузок. Выбор R или A обусловлен конечным использованием результатов испытания.

5.4 Подготовка поверхности испытательных образцов, не являясь серьезной проблемой для ККМАНВ, все-таки может стать причиной дефектов изготовления, которые могут сильно влиять на характеристики при циклической усталости (например, форма и уровень полученных кривых напряжение — деформация, передел циклической усталости и т. д.). Повреждения от механической обработки, причиненные в ходе подготовки образцов, могут быть либо случайным фактором при определении циклической усталости или предельной прочности первоначального материала (т. е. более частое возникновение трещин, начинающихся на поверхности, в сравнении с трещинами, начинающимися в глубине образца), либо неотъемлемой частью прочностных характеристик, подлежащих измерению. Обработка поверхности также может приводить к возникновению остаточных напряжений. Универсальные или стандартизированные методы испытания для подготовки поверхности не существуют. Кроме того, характер изготовления определенных композитов (например, химическая инфильтрация из паровой фазы или горячая прессовка) может требовать проведения испытания образца в условиях его обработки (т. е. когда невозможно обработать поверхности образца, не снижая характеристик структуры волокна в плоскости). Обратите внимание, что этапы чистовой механической обработки могут или не могут устранять повреждения от механической обработки, причиненные в ходе первоначальной обработки. Таким образом, в протокол необходимо заносить историю изготовления испытательного образца, поскольку она может играть важную роль в формировании характеристик при циклической усталости.

5.5 Изгибание при однонаправленном испытании на растяжение может вызывать или способствовать неравномерному распределению напряжений при максимальных напряжениях на поверхности образца, приводящих к нехарактерным разрывам на поверхностях или вблизи геометрических переходов. Кроме того, при измерении деформации на поверхностях, на которых возникают максимальные или минимальные напряжения, изгибание может происходить над или под измерением деформаций в зависимости от расположения тензочувствительных приборов на испытательном образце. Аналогичным образом, разрыв от поверхностных дефектов может усиливаться или подавляться в результате присутствия неоднородных напряжений, вызванных изгибанием.

5.6 Разрывы, начинающиеся за пределами равномерно напряженного рабочего участка испытательного образца, могут быть обусловлены такими факторами, как концентрация напряжений или геометрические переходы, внешние напряжения от захвата, или микроструктурными свойствами испытательного образца, ограничивающими его прочность. В случае подобного разрыва вне рабочего участка результаты испытания обычно считают недействительными.

Кроме того, в случае геометрических конфигураций с нагруженной лицевой поверхностью усилие зажима является ключевой переменной в возникновении трещины. Недостаточное давление может приводить к сдвигу наружного слоя в слоистых ККМАНВ; при этом слишком большое давление может приводить к локальному раздавливанию ККМАНВ и вызывать разрыв в непосредственной близости от захватов.

ДБ.2

7. Меры предосторожности

7.1 При выполнении испытания по настоящим практически указаниям допускается высокая вероятность разлета фрагментов разорванного материала. Хрупкая структура высококачественной керамики и высвобождение энергии деформации способствует потенциальному выбросу неконтролируемых фрагментов при разрушении. В целях безопасности рекомендуется предусматривать средства по сдерживанию этих фрагментов, равно как и для последующей фрактографической реконструкции и анализа.

7.2 Оголенные волокна на кромках образцов ККМАНВ представляют собой опасность вследствие остроты и хрупкости керамического волокна. Лица, обращающиеся с этими материалами, должны быть осведомлены о таких условиях и правильных методах работы.

Приложение ДВ
(справочное)

Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем стандарта АСТМ

Таблица ДВ.1

Структура настоящего стандарта	Структура стандарта ASTM C1360—10 (2015)
*	5 Мешающее воздействие
5 Оборудование (6)	6 Испытательное устройство
*	7 Меры предосторожности
6 Подготовка к проведению испытаний (8)	8 Испытательный образец
7 Проведение испытаний (9)	9 Методика
8 обработка результатов (10)	10 Обработка результатов
9 Протокол испытаний (11)	11 Протокол
**	12 Ключевые слова
Приложение ДА (справочное) Оригинальный текст модифицированных структурных элементов примененного стандарта АСТМ	
Приложение ДБ (справочное) Оригинальный текст невключенных структурных элементов примененного стандарта АСТМ	
Приложение ДВ (справочное) Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем стандарта АСТМ	
Приложение ДГ (справочное) Сведения о соответствии ссылочных национальных и межгосударственных стандартов стандартам АСТМ, использованным в качестве ссылочных в примененном стандарте АСТМ	

* Данный раздел исключен, т.к. носит справочный характер.
** Данный раздел приведен в соответствие с требованиями ГОСТ Р 1.5—2012 (подпункт 5.6.2).

Примечания

1 Сопоставление структуры стандартов приведено, начиная с раздела 5, т. к. предыдущие разделы стандартов идентичны.

2 После заголовков разделов настоящего стандарта приведены в скобках номера аналогичных им разделов (подразделов) стандарта АСТМ.

Приложение ДГ
(справочное)

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

Таблица ДГ.1

Обозначение ссылочного национального, межгосударственного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного стандарта АСТМ
ГОСТ Р 57922—2017	MOD	ASTM C1275—2015 «Метод испытания на определение характеристик при монотонном растяжении высококачественной керамики, армированной непрерывным волокном, на твердых испытательных образцах прямоугольного сечения при температуре внешней среды»
ГОСТ Р 57143—2016	MOD	ASTM D3479/ D3479M—2012 «Стандартный метод определения характеристик сопротивления усталости при растяжении образцов из полимерных композитных материалов»
Примечание — В настоящей таблице использовано условное обозначение степени соответствия стандартов: - MOD — модифицированные стандарты.		

УДК 666.3.017:006.354 ОКС 81.060.30

Ключевые слова: керамические композиты, определение усталости при осевом циклическом растяжении, постоянная амплитуда, нормальная температура

БЗ 12—2017/10

Редактор *Р.Г. Говердовская*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *М.И. Першина*
Компьютерная верстка *А.А. Ворониной*

Сдано в набор 13.11.2017. Подписано в печать 17.11.2017. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,68. Тираж 22 экз. Зак. 2313.
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