ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 57605— 2017 (ИСО 14544:2013)

КОМПОЗИТЫ КЕРАМИЧЕСКИЕ

Метод испытания на сжатие при повышенной температуре

[ISO 14544:2013, Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) — Mechanical properties of ceramic composites at high temperature — Determination of compression properties, MOD]

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2017

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Объединением юридических лиц «Союз производителей композитов» совместно с Автономной некоммерческой организации «Центр нормирования, стандартизации и классификации композитов» на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии международного 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 11 августа 2017 г. № 878-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту ИСО 14544:2013 «Тонкая керамика (высококачественная керамика, высококачественная техническая керамика). Механические свойства керамических композитов при высоких температурах. Определение характеристик при сжатии» (ISO 14544:2013 «Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) — Mechanical properties of ceramic composites at high temperature — Determination of compression properties», MOD) путем изменения его структуры для приведения в соответствие с требованиями, установленными в ГОСТ Р 1.7—2014 (раздел 7); 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.

В настоящий стандарт внесены дополнительные подразделы 8.4—8.6, которые выделены путем заключения в рамки из тонких линий, в связи с тем, что в примененном международном стандарте не приведены формулы для расчета среднеарифметического значения, стандартного отклонения и коэффициента вариации.

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

Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой указанного международного стандарта приведено в дополнительном приложении ДБ.

В настоящем стандарте ссылки на международные стандарты заменены соответствующими национальными и межгосударственными стандартами. 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 (www.gost.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 2
5 Оборудование 2
6 Подготовка к проведению испытаний 4
7 Проведение испытаний 8
8 Обработка результатов 9
9 Протокол испытаний 10
Приложение А (обязательное) Определение наличия продольного изгиба 11
Приложение ДА (справочное) Оригинальный текст модифицированных структурных элементов примененного международного стандарта 12
Приложение ДБ (справочное) Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем международного стандарта 18
Приложение ДВ (справочное) Сведения о соответствии ссылочных национальных и межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте 19

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КОМПОЗИТЫ КЕРАМИЧЕСКИЕ

Метод испытания на сжатие при повышенной температуре

Ceramic composites. Test method of compression at elevated temperature

Дата введения — 2018—02—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на одно-, дву- и трехнаправленно армированные керамические композиты и устанавливает метод испытания на сжатие при повышенной температуре до 2000 °С.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 6507 Микрометры. Технические условия

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

ГОСТ Р 8.585 Государственная система обеспечения единства измерений. Термопары. Номинальные статические характеристики преобразования

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 следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **температура испытания *T*:** Температура образца посередине измерительной базы.

3.2 **длина узкой параллельной части *l*:** Длина участка образца, имеющего однородную и минимальную площадь поперечного сечения.

3.3 **измерительная база L_0:** Начальная длина участка между контрольными точками образца в пределах длины узкой параллельной части.

3.4 **термостатируемая зона:** Участок длины узкой параллельной части, включая измерительную базу, температура которого находится в пределах 50 °С от температуры испытания.

3.5 **площадь поперечного сечения A_0:** Начальная площадь поперечного сечения образца в пределах измерительной базы при температуре проведения испытания.

Издание официальное

Примечание — Различают два вида площади поперечного сечения образца:

- кажущаяся площадь поперечного сечения — это общая площадь поперечного сечения, $A_{0,a}$;

- эффективная площадь поперечного сечения — это общая площадь поперечного сечения с поправкой на наличие защитного покрытия, $A_{0,e}$.

3.6 **продольная деформация ΔL:** Изменение измерительной базы под действием нагрузки.

3.7 **деформация при сжатии ε:** Относительное изменение измерительной базы, определяемое как отношение $\Delta L/L_0$.

Примечание — Деформацию при максимальной нагрузке обозначают $\varepsilon_{c,m}$.

3.8 **напряжение при сжатии, σ:** Отношение нагрузки при сжатии, выдерживаемой образцом в процессе испытания, к площади поперечного сечения.

Примечание — Различают два вида напряжений при сжатии:

- кажущееся напряжение при сжатии, σ_a, при использовании кажущейся площади поперечного сечения;

- эффективное напряжение при сжатии, σ_e, при использовании эффективной площади поперечного сечения.

3.9 **максимальная нагрузка при сжатии, F_m:** Максимальная нагрузка, приложенная к образцу до его разрушения.

3.10 **предел прочности при сжатии $\sigma_{c,m}$:** Отношение максимальной нагрузки при сжатии к площади поперечного сечения.

Примечание — Различают два вида предела прочности:

- кажущийся предел прочности при сжатии, $\sigma_{c,m,a}$, при использовании кажущейся площади поперечного сечения;

- эффективный предел прочности при сжатии, $\sigma_{c,m,e}$, при использовании эффективной площади поперечного сечения.

3.11 **коэффициент пропорциональности E_p:** Наклон линейного участка кривой «напряжение—деформация», при его наличии.

Примечание — Различают два вида коэффициента пропорциональности:

- кажущийся коэффициент пропорциональности, $E_{p,a}$, при использовании кажущегося напряжения при сжатии;

- эффективный коэффициент пропорциональности, $E_{p,e}$, при использовании эффективного напряжения при сжатии.

4 Сущность метода

Сущность метода заключается в том, что образец, нагретый до температуры испытания, нагружают с постоянной скоростью перемещения активного захвата или постоянной скоростью деформации, при этом записывают нагрузку и деформацию.

Примечания

1 Длительность испытания не должна быть большой для уменьшения влияния ползучести материала.

2 Испытание с постоянной скоростью нагрузки допускается проводить в случае линейной зависимости кривой «напряжение—деформация».

3 Для защиты захватов рекомендуется использовать постоянную скорость перемещения активного захвата, если испытание проводят до разрушения образца.

5 Оборудование

5.1 Испытательная машина по ГОСТ 28840, обеспечивающая нагружение образца с заданной постоянной скоростью и измерение нагрузки с погрешностью не более 1 % от измеряемой величины.

5.2 Существует два способа нагружения образца.

- сжимающие плиты, которые крепят к датчику нагрузки и активному захвату испытательной машины. Поверхности сжимающих плит должны быть перпендикулярны к направлению действия нагрузки.

Примечания

1 Не рекомендуется использовать сжимающие плиты для испытаний одно- и двунаправленно армированных керамических композитов маленькой толщины из-за возможности возникновения продольного изгиба.

2 При необходимости, для создания однородного напряжения в образце между образцом и сжимающими плитами помещают прокладки, изготовленные из бумаги или картона, совместимых с материалом образца и сжимающих плит;

- зажимы, обеспечивающие фиксацию образца так, чтобы продольная ось образца совпадала с направлением действия нагрузки.

Зажимы и сжимающие плиты должны обеспечивать надежное крепление и точное центрирование образца. Центрирование образца не должно изменяться при нагреве.

Зажимы и сжимающие плиты делят на два типа:

- устанавливаемые в термостатируемой зоне;
- устанавливаемые вне термостатируемой зоны.

Примечание — При использовании зажимов и сжимающих плит, устанавливаемых вне термостатируемой зоны, между центральной частью образца и его концами присутствует температурный градиент.

5.3 Испытательная камера, обеспечивающая герметичность и контроль среды в процессе испытания

Предельное отклонение нагрузки из-за изменения давления в камере не должно превышать 1 % от шкалы датчика нагрузки.

При проведении испытаний в газовой среде газ выбирают в зависимости от свойств испытуемого материала и температуры испытания. Давление выбирают с учетом испытуемого материала, температуры, типа газа и датчика для измерений.

При проведении испытаний в вакууме его уровень не должен приводить к химической и/или физической нестабильности материала образца.

5.4 Термокриокамера, обеспечивающая нагрев образца в пределах 20 °С от температуры испытания.

5.5 Для измерения продольной деформации образца применяют экстензометры с погрешностью не более 0,15 % во всем диапазоне измерения продольной деформации.

Экстензометр должен проводить измерения в течение всего испытания. Рекомендуется использовать механические и оптические экстензометры. При использовании механического экстензометра измерительную базу определяют как расстояние между ножами экстензометра, установленного на образце.

Ножи экстензометра могут быть подвергнуты воздействию температур выше, чем температура испытания. Структурные изменения материала ножей экстензометра, вызванные температурой испытания, не должны ухудшать точность измерения продольной деформации. Материал ножей экстензометра должен быть совместим с материалом образца.

Примечания

1 Следует учитывать изменения калибровки экстензометра, которые могут иметь место при проведении измерений в условиях, отличных от условий калибровки.

2 Давление, оказываемое ножами экстензометра на образец, должно быть минимальным для предотвращения соскальзывания ножей экстензометра.

При использовании оптических экстензометров наносят контрольные точки на образец. Измерительную базу определяют, как расстояние между контрольными точками. Материал, используемый для нанесения контрольных точек, должен быть совместим с образцом и температурой испытания и не влиять на напряжение в образце.

Примечания

1 Не рекомендуется в качестве контрольных точек использовать элементы образца из-за концентрации напряжений, создаваемых в материале образца.

2 Не рекомендуется применять оптические экстензометры, если по цвету невозможно отличить контрольные точки от образца.

5.6 Термопары по *ГОСТ Р 8.585*.

5.7 Устройство, автоматически регистрирующее кривую «нагрузка—деформация».

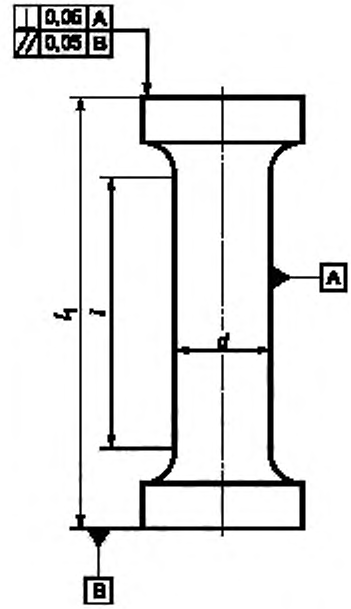
5.8 Микрометры по *ГОСТ 6507* с погрешностью измерения не более 0,1 мм.

6 Подготовка к проведению испытаний

6.1 Подготовка образцов

6.1.1 Образец выбирают в зависимости от материала, структуры армирования, типа нагрева и крепления.

Для испытания используют образцы, представленные на рисунках 1—5 и в таблицах 1—6.



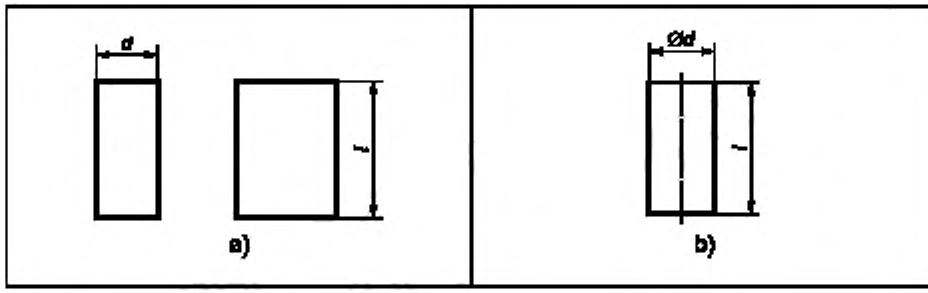
l — длина узкой параллельной части; l_t — общая длина; d — диаметр или ширина поперечного сечения образца

Рисунок 1 — Образец первого типа (дву- и трехнаправленно армированные керамические композиты)

Таблица 1 — Рекомендуемые размеры для образцов первого типа

В миллиметрах

Наименование и обозначение параметра	Значение параметра	Предельное отклонение
Длина узкой параллельной части l	≥ 15	± 0,5
Общая длина l_t	≥ 1,5l	± 0,5
Диаметр или ширина поперечного сечения образца d	≥ 8	—
Радиус r	≥ 10	± 0,2
Допуск параллельности обработанных граней	0,05	—
Допуск перпендикулярности обработанных граней	0,05	—
Соосность обработанных граней	0,05	—



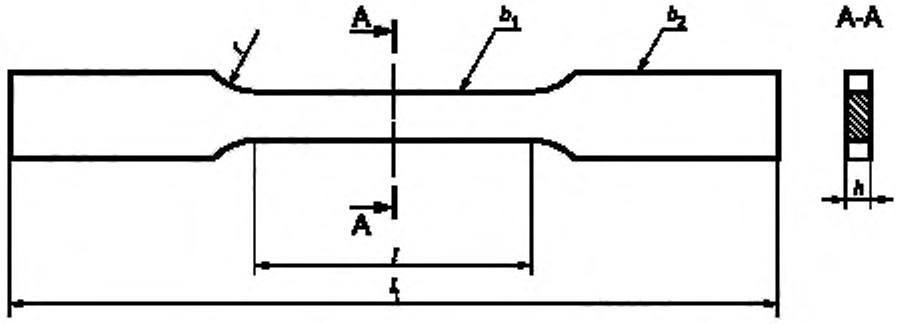
a — образец с квадратным сечением; b — образец с круглым сечением, l — длина узкой параллельной части; d — диаметр или ширина поперечного сечения образца

Рисунок 2 — Образец второго типа (одно-, дву-, трехнаправленно армированные керамические композиты)

Таблица 2 — Рекомендуемые размеры для образцов второго типа

В миллиметрах

Наименование и обозначение параметра	Значение параметра	Предельное отклонение
Длина узкой параллельной части l	≥ 10	± 0,5
Диаметр или ширина поперечного сечения образца d	≥ 10	± 0,2
Допуск параллельности обработанных граней	0,05	± 0,2
Допуск перпендикулярности обработанных граней	0,05	± 0,2



l — длина узкой параллельной части; l_1 — общая длина; h — толщина; b_1 — ширина в пределах длины узкой параллельной части; b_2 — ширина; r — радиус

Рисунок 3 — Образец третьего типа (трехнаправленно армированные керамические композиты)

Таблица 3 — Рекомендуемые размеры для образцов третьего типа

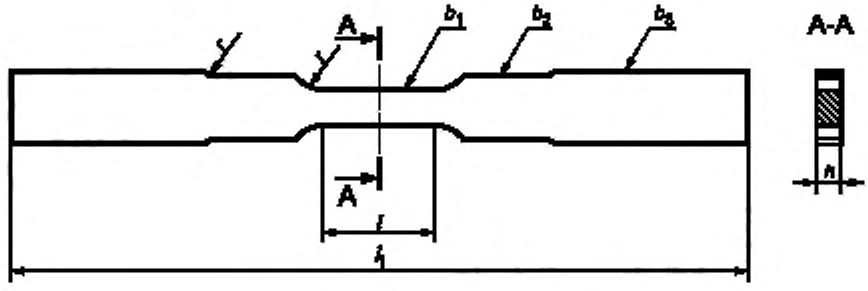
В миллиметрах

Наименование и обозначение параметра	Значение параметра	Предельное отклонение
Длина узкой параллельной части l	≥ 15	± 0,5
Толщина h	≥ 2	± 0,2
Ширина в пределах длины узкой параллельной части b_1	≥ 8	± 0,2
Ширина b_2	$b_2 = \alpha b_1$ (α от 1,2 до 2 включ.)	± 0,2
Радиус r	≥ 30	± 2
Допуск параллельности обработанных граней	0,05	—

Таблица 4 — Альтернативные размеры для образцов третьего типа

В миллиметрах

Наименование и обозначение параметра	Значение параметра	Предельное отклонение
Длина узкой параллельной части l	≤ 15	± 0,5
Толщина h	≥ 2	± 0,2
Ширина в пределах длины узкой параллельной части b_1	≥ 8	± 0,2
Ширина b_2	$b_2 = \alpha b_1$ (α от 1,2 до 2 включ.)	± 0,2
Радиус r	≥ 30	± 2
Допуск параллельности обработанных граней	0,05	—
Примечание — Образцы с данными размерами рекомендуется использовать, если образцы, указанные в таблице 3, имеют продольный изгиб и сложно измерить деформацию.		



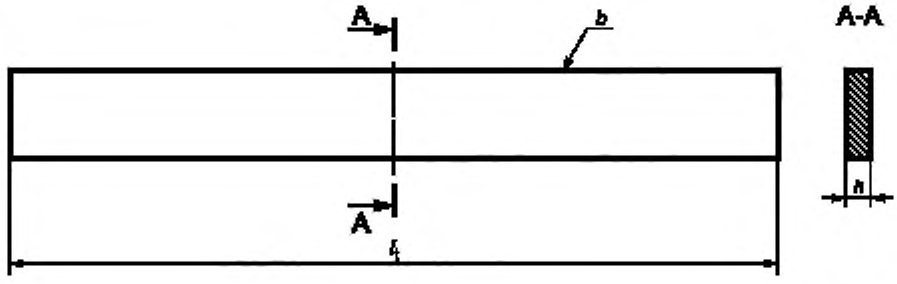
l — длина узкой параллельной части; L — общая длина; h — толщина; b_1 — ширина в пределах измерительной базы, b_2, b_3 — ширина; R — радиус

Рисунок 4 — Образец четвертого типа (дву- и трехнаправленно армированные керамические композиты)

Таблица 5 — Рекомендуемые размеры для образцов четвертого типа

В миллиметрах

Наименование и обозначение параметра	Значение параметра	Предельное отклонение
Длина узкой параллельной части l	≥ 15	± 0,5
Толщина h	3	± 0,2
Ширина в пределах длины узкой параллельной части b_1	От 8 до 20 включ.	± 0,2
Ширина b_2	$b_2 = \alpha b_1$ (α от 1,2 до 2 включ.)	± 0,2
Ширина b_3	$b_3 = \beta b_2$ (β от 1,2 до 2 включ.)	± 0,2
Радиус R	≥ 30	± 2
Допуск параллельности обработанных граней	0,05	—
Примечание — При использовании захватов, расположенных вне термостатируемой зоны, данный образец может разрушиться в термостатируемой зоне.		



h — толщина; b — ширина

Рисунок 5 — Образец пятого типа (одно-, дву- и трехнаправленно армированные керамические композиты)

Таблица 6 — Рекомендуемые размеры для образцов пятого типа

В миллиметрах

Наименование и обозначение параметра	Значение параметра	Предельное отклонение
Толщина h	≥ 2	± 0,2
Ширина b	От 8 до 20 включ.	± 0,2
Допуск параллельности обработанных граней	0,05	—
Примечание — Данный образец чаще всего используется при определении модуля упругости, т. к. разрушение образца в термостатируемой зоне может не произойти. Не допускается использовать образец при определении предела прочности.		

Образцы первого и второго типов используют со сжимающими плитами, образцы третьего, четвертого и пятого типов — с зажимами.

6.1.2 Образцы вырезают из изделий, изготовленных по соответствующему нормативному документу или технической документации, при этом следят за ориентацией относительно направления армирования и предполагаемой оси нагружения.

Требования к механической обработке образцов должны быть установлены в нормативном документе или технической документации на материал.

6.1.3 Для испытания используют не менее пяти образцов, если иное не установлено в нормативном документе или технической документации на изделие.

6.2 Определение термостатируемой зоны

Перед проведением испытания проверяют температурный градиент в пределах длины узкой параллельной части с помощью термопар, которые устанавливают на глубину до середины образца. Образец нагревают до температуры испытания и измеряют температуру минимум в трех точках — в двух контрольных точках и посередине.

Для определения длины термостатируемой зоны измеряют температуру за пределами измерительной базы. Предельные отклонения от установленной температуры испытания в точках измерения по длине узкой параллельной части образца не должны превышать:

- ± 50 °С для термостатируемой зоны;
- ± 20 °С для измерительной базы.

7 Проведение испытаний

7.1 Измеряют микрометром ширину и толщину образца в центре и на концах длины узкой параллельной части при комнатной температуре с точностью до 0,01 мм и определяют площадь поперечного сечения. Если на образце присутствуют контрольные точки, то измерительную базу измеряют при комнатной температуре с точностью ± 1 %.

7.2 Проверяют наличие продольного изгиба. Для этого во время испытания устанавливают два экстензометра на противоположных концах образца для определения наличия продольного изгиба. Если показания экстензометров идентичны, то продольный изгиб отсутствует.

Если во время испытания невозможно определить наличие продольного изгиба, то используют один из методов, приведенных в приложении А.

7.3 Образец устанавливают в зажимы/сжимающие плиты, соединенные с захватами испытательной машины таким образом, чтобы его продольная ось совпадала с направлением действия нагрузки.

7.4 Экстензометр устанавливают так, чтобы его продольная ось совпадала с осью образца, и обнуляют.

Если экстензометр настраивают при комнатной температуре, то показания экстензометра обнуляют после достижения и стабилизации температуры испытания.

7.5 Устанавливают скорость перемещения активного захвата так, чтобы образец разрушался в пределах 1 мин.

7.6 Удаляют из испытательной камеры воздух и пары воды. Для этого в камере создают вакуум или продувают ее инертным газом.

7.7 Нагревают образец до температуры испытания и выдерживают в течение определенного времени для стабилизации температуры.

Продолжительность нагрева до заданной температуры испытания и время выдержки при этой температуре указывают в нормативном документе или технической документации на материал. Контроль и измерение температуры в процессе испытания осуществляют с помощью термопар, которые устанавливают в соответствии с 6.2.

7.8 Нагружают образец с постоянной скоростью и записывают значения нагрузки и деформации вплоть до его разрушения.

7.9 Если разрушение образца происходит за пределами термостатируемой зоны образца, то полученный результат не засчитывают и проводят повторное испытание на новом образце. Также не учитывают результаты испытаний при выскальзывании образца из зажимов/сжимающих плит, соскальзывании экстензометра, при наличии продольного изгиба, изменении условий испытаний и неуказанных условиях испытания.

8 Обработка результатов

8.1 Предел прочности при сжатии

8.1.1 Кажущийся предел прочности при сжатии $\sigma_{c,m,a}$, МПа, вычисляют по формуле

$$\sigma_{c,m,a} = \frac{F_m}{A_{0,a}}, \quad (1)$$

где F_m — максимальная нагрузка при сжатии, Н;

$A_{0,a}$ — кажущаяся площадь поперечного сечения образца, мм^2.

8.1.2 Эффективный предел прочности при сжатии $\sigma_{c,m,e}$, МПа, вычисляют по формуле

$$\sigma_{c,m,e} = \frac{F_m}{A_{0,e}}, \quad (2)$$

где $A_{0,e}$ — эффективная площадь поперечного сечения образца, мм^2.

8.2 Деформация при максимальной нагрузке

Деформацию при максимальной нагрузке $\varepsilon_{c,m}$, мм^2, вычисляют по формуле

$$\varepsilon_{c,m} = \frac{\Delta L_{c,m}}{L_0}, \quad (3)$$

где $\Delta L_{c,m}$ — продольная деформация при максимальной нагрузке, измеренная экстензометром, мм;

L_0 — измерительная база, мм.

8.3 Коэффициент пропорциональности

8.3.1 Кажущийся коэффициент пропорциональности $E_{p,a}$, ГПа, определяемый между двумя точками (ΔL_1;F_1) и (ΔL_2;F_2), расположенными у верхнего и нижнего концов кривой «нагрузка—деформация», вычисляют по формуле

$$E_{p,a} = \frac{L_0}{A_{0,a}}\left(\frac{F_2 - F_1}{\Delta L_2 - \Delta L_1}\right) \cdot 10^{-3}, \quad (4)$$

где F_1, F_2 — нагрузка при сжатии на концах кривой «нагрузка—деформация», Н;

ΔL_1, ΔL_2 — продольная деформация на концах кривой «нагрузка—деформация», мм.

8.3.2 Эффективный коэффициент пропорциональности $E_{p,e}$, ГПа, определяемый между двумя точками (ΔL_1, F_1) и (ΔL_2; F_2), расположенными у верхнего и нижнего концов кривой «нагрузка—деформация», вычисляют по формуле

$$E_{p,e} = \frac{L_0}{A_{0,e}}\left(\frac{F_2 - F_1}{\Delta L_2 - \Delta L_1}\right) \cdot 10^{-3}. \quad (5)$$

8.3.3 Кажущийся модуль упругости E_a, ГПа, если на начальном участке есть линейная зависимость, вычисляют по формуле

$$E_a = \frac{FL_0}{A_{0,a}\Delta L} \cdot 10^{-3}, \quad (6)$$

где ΔL — продольная деформация на кривой «нагрузка—деформация», соответствующая F, мм;

F — нагрузка, действующая на образец, Н.

8.3.4 Эффективный модуль упругости E_e, ГПа, если на начальном участке есть линейная зависимость, вычисляют по формуле

$$E_e = \frac{FL_0}{A_{0,e}\,\Delta L} \cdot 10^{-3}, \quad (7)$$

Примечание — Для определения кажущегося и эффективного модулей упругости выбирают любые точки на линейном участке кривой «нагрузка—деформация».

8.3.5 Если на кривой «нагрузка—деформация» отсутствует линейный участок, то рекомендуется использовать пары значений «нагрузка—продольная деформация», соответствующие 0,1 $\sigma_{c,m}$ и 0,5 $\sigma_{c,m}$, если иное не установлено в нормативном документе или технической документации.

8.4 Среднеарифметическое значение

Среднеарифметическое значение измеряемого показателя вычисляют по формуле

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}, \quad (8)$$

где x_i — значение измеряемого показателя для каждого испытанного образца;

n — число испытанных образцов.

8.5 Стандартное отклонение

Стандартное отклонение измеряемого показателя вычисляют по формуле

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - n \cdot [\bar{x}]^2}{n-1}}. \quad (9)$$

8.6 Коэффициент вариации

Коэффициент вариации CV, %, вычисляют по формуле

$$CV = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100. \quad (10)$$

9 Протокол испытаний

Результаты проведения испытаний оформляют в виде протокола испытаний, содержащего:

- ссылку на настоящий стандарт;
- полную идентификацию материала образцов (свойства, код общероссийского классификатора предприятий и организаций (ОКПО) предприятия-изготовителя и т. д.);
- размеры и форму образцов;
- количество образцов;
- сведения об используемом оборудовании для испытаний;
- температуру испытания;
- скорость нагрева;
- скорость нагружения;
- кривую «нагрузка—деформация»;
- результаты испытаний, среднеарифметические значения и стандартные отклонения пределов прочности при сжатии, деформаций при максимальной нагрузке, коэффициентов пропорциональности, модулей упругости;
- характер и место разрушения;
- дату проведения испытания.

Приложение А
(обязательное)

Определение наличия продольного изгиба

А.1 Определение наличия продольного изгиба при нормальной температуре

На противоположных концах образца устанавливают два экстензометра при нормальной температуре. Если показания экстензометров идентичны, то продольный изгиб отсутствует. При наличии продольного изгиба изменяют геометрию образца.

А.2 Определение наличия продольного изгиба при помощи двух различных образцов

Испытание проводят на образцах разной толщины. Для этого используют два образца толщиной h и $2h$. Если до разрушения образцов результаты идентичны, то продольный изгиб отсутствует. Если результаты различны, то повторяют испытание на образцах толщиной $2h$ и $4h$.

Если невозможно провести испытание на двух различных образцах, то испытания проводят независимо. Сначала определяют модуль упругости, а затем предел прочности при сжатии.

Приложение ДА
(справочное)

Оригинальный текст модифицированных структурных элементов примененного международного стандарта

ДА.1 1 Область применения

Настоящий международный стандарт устанавливает условия определения характеристик композитных материалов с керамической матрицей, армированных непрерывными нитями, при сжатии и температурах до 2000 °С.

Настоящий международный стандарт применим ко всем композитным материалам с керамической матрицей и армированием непрерывными нитями, однонаправленным (1D), двунаправленным (2D) и трехнаправленным (xD, при $2 < x \leq 3$), нагружаемым вдоль одной из главных осей армирования.

Различают два вида сжатия:

a) сжатие между плитами;

b) сжатие с использованием зажимов.

Примечание — Данный раздел международного стандарта изменен в соответствии с требованиями ГОСТ 1.5—2001 (подраздел 3.7), а также в целях соблюдения норм русского языка, принятой терминологии и технического стиля изложения.

ДА.2 5 Средства испытания

5.1 Испытательная машина

Машина должна быть оснащена силомером для измерения нагрузки, прилагаемой к испытуемому образцу, класса 1 по ISO 7500-1.

Примечание — Данное соответствие должно сохраняться в условиях проведения испытания, т. е. при указанном давлении и температуре.

5.2 Нагрузочный модуль

Конфигурация нагрузочного модуля должна обеспечивать равенство показаний силомера и фактической нагрузки, прилагаемой к испытуемому образцу.

Характеристики нагрузочного модуля, включая систему выравнивания или обеспечения соосности и систему нагружения, не должны изменяться при нагреве.

Нагрузочный модуль должен поддерживать соосность оси образца с направлением приложения нагрузки без создания изгибающих или крутильных нагрузок на образец. Несоосность образца определяется и документируется.

Максимально допустимый изгиб не должен превышать 5 % при среднем напряжении 500×10^{-6}.

Крепление должно центрировать ось образца относительно оси прилагаемой нагрузки.

Примечание — Соосность образца определяется и документируется в порядке, описанном в CEN/TS 15867.

Существует два альтернативных способа нагружения.

a) Сжимающие плиты крепятся к силомеру и подвижной головке. Параллельность плит в зоне нагружения должна быть не хуже 0,01 мм при комнатной температуре. Поверхности плит должны быть перпендикулярны направлению приложения нагрузки.

Примечания

1 Не рекомендуется использовать плиты для испытаний на сжатие 1D и 2D материалов малой толщины из-за возможности выгиба.

2 При испытании макроскопически неоднородных материалов для приложения одинакового давления между образцом и плитами можно использовать совместимый прокладочный материал. Данный материал должен быть химически совместим с материалом образцов и плит.

b) Зажимы используются для фиксации и нагружения испытуемых образцов.

Конструкция зажимов должна исключать возможность выскальзывания образцов. Зажимы должны обеспечивать соосность оси образца с направлением приложения нагрузки.

Примечания

1 Соответствие данному требованию должно быть проверено и задокументировано, например, в порядке, изложенном в [1].

2 Зажимы или плиты располагают в зоне нагрева или снаружи печи.

3 Если зажимы или плиты расположены снаружи печи, возможно образование градиента температуры между центром образца, находящимся при заданной температуре и его концами, температура которых будет близка к температуре зажимов или плит.

5.3 Испытательная камера

Испытательная камера должна быть герметичной и обеспечивать надлежащий контроль окружающей образец среды в процессе испытания.

Колебания нагрузки из-за изменения давления в камере должны быть в пределах 1 % используемого диапазона измерения силомера.

При проведении испытаний в среде газа, газ выбирается в зависимости от свойств испытуемого материала и температуры испытания. Давление выбирают с учетом следующих факторов: испытуемого материала, температуры, типа газа и типа измерительного датчика.

При использовании вакуумных камер уровень вакуума не должен приводить к возникновению химической и/или физической нестабильности материала образца и штоков тензометра, если применимо.

5.4 Нагрев

Нагрев образца осуществляют таким образом, чтобы температурный градиент в пределах базовой длины был менее 20 °С при температуре испытания.

5.5 Тензометр

Тензометр должен обеспечивать непрерывную регистрацию продольной деформации образца при температуре испытания.

Примечание — Рекомендуется использовать тензометры с максимальной базовой длиной.

Отклонение показаний тензометра от линейности должно быть не более 0,05 % используемого диапазона измерения.

Обычно используют механические и электрооптические тензометры.

При использовании механического тензометра базовая длина — начальное расстояние по продольной оси между точками касания штоками тензометра испытуемого образца.

Штоки подвергают воздействию температур выше, чем температура образца. Структурные изменения материала штоков, вызываемые температурой, не должны ухудшать точность измерения деформации. Материал штоков должен быть совместим с материалом образца.

Примечания

1 Следует учитывать изменения калибровки тензометра, которые могут иметь место при проведении измерений в условиях, отличных от условий калибровки.

2 Давление, оказываемое штоками тензометра на образец, должно быть минимально необходимым для предотвращения соскальзывания штоков тензометра.

При использовании электрооптических тензометров для измерений в проходящем свете необходимо наличие контрольных меток на испытуемом образце. Для данной цели к поверхности образца перпендикулярно к оси можно прикрепить штырьки или флажки. Базовая длина в данном случае будет длиной между двумя контрольными метками. Материал, используемый для меток (и клей, при использовании), должен быть совместим с материалом образца и температурой испытания и не должен приводить к изменению поля напряжения образца.

Примечания

1 Не рекомендуется использовать в качестве флажков специально внесенные в геометрию образца элементы, из-за обычной концентрации напряжений, создаваемых в материале образца такими элементами.

2 Не рекомендуется применять электрооптические тензометры в случаях, когда метки невозможно отличить по цвету от образца.

5.6 Приборы для измерения температуры

Для измерения температуры следует использовать термопары, отвечающие требованиям МЭК 60584-1 и МЭК 60584-2. Если термопары не отвечают указанным требованиям или используются пирометры, к протоколу прикладывают соответствующие калибровочные данные.

5.7 Система регистрации данных

Для записи кривых «нагрузка—деформация» может использоваться откалиброванный самописец. Рекомендуется использовать цифровые системы регистрации в комбинации с аналоговым самописцем.

5.8 Микрометры

Микрометры, используемые для измерения размеров испытуемых образцов, должны отвечать требованиям ISO 3611.

Примечание — Данный раздел международного стандарта изменен в соответствии с требованиями ГОСТ 1.5—2001 (пункт 7.9.6), а также в целях соблюдения норм русского языка, принятой терминологии и технического стиля изложения.

ДА.3 7 Подготовка образцов

7.1 Обработка и подготовка

В процессе вырезки образца необходимо следить за его надлежащей ориентацией относительно направлений внутреннего армирования и предполагаемой оси нагружения.

Рекомендуется использовать способы механической обработки, исключающие повреждение материала. Параметры механической обработки должны прослеживаться.

Примечания

1 При вырезке образцов из пластины, покрытой антиоксидантом, поверхности резов остаются без защиты. Необходимо защитить их для предотвращения возможного окисления.

2 При использовании холодных зажимов поверхность части образца с температурой между температурой испытания и температурой зажима может потребовать соответствующей защиты от окисления.

7.2 Количество образцов

При любых условиях требуется не менее пяти действительных результатов испытания по 8.4.

Примечание — Данный раздел международного стандарта изменен в соответствии с требованиями ГОСТ 1.5—2001 (пункт 7.9.7), а также в целях соблюдения норм русского языка, принятой терминологии и технического стиля изложения.

ДА.4 8 Методика испытаний

8.1 Параметры испытания: температуры

8.1.1 Общие положения

Следующие проверки необходимо выполнить в репрезентативных условиях испытания. Проверки повторяют при любых изменениях материала, геометрии образца, конфигурации зажима и т. п. При проведении проверок необходимо обеспечить достаточное время для стабилизации температуры.

8.1.2 Термостатируемая зона

Перед испытанием температурный градиент в пределах калиброванной длины в печи должен быть в требуемом диапазоне температур. Проверку выполняют путем измерения температуры образца минимум в трех точках, две из которых будут контрольными точками для тензометра и одна — посередине.

Для определения длины термостатируемой зоны необходимо измерить температуру и за пределами базовой длины. Колебания температуры в пределах базовой длины должны быть в пределах 20 °С от температуры испытания. Колебания температуры в части калиброванной длины, включающей базовую длину, должны быть в пределах 50 °С от температуры образца.

Температуры измеряют в соответствии с 5.6. Если для измерения температуры в разных частях образца используют термопары, их следует вставлять (и герметизировать при необходимости) в холостой образец на глубину примерно до середины образца в направлении вставки.

8.1.3 Калибровка температуры

В процессе серии испытаний температуру образцов определяют прямым измерением образцов или косвенно, по показаниям измерительных приборов.

В последнем случае требуется калибровка. Взаимосвязь между измеренной температурой и температурой образца посередине базовой длины устанавливают заранее с холостым образцом во всем диапазоне температур испытания.

Примечание — Взаимосвязь между показаниями термоизмерительной системы и температурой испытания обычно определяется в процессе настройки термостатируемой зоны.

8.2 Параметры испытания: другие замечания

8.2.1 Скорость сдвига

Скорость сдвига должна обеспечивать разрушение образца в пределах 1 минуты. Скорость сдвига и режим нагружения указывают в протоколе. Если испытуемый материал при температуре испытания демонстрирует признаки ползучести, скорость сдвига можно значительно увеличить, но так, чтобы не возникала ударная нагрузка.

8.2.2 Измерения размеров испытуемых образцов

Площадь поперечного сечения определяют по центру образца и на концах калиброванной длины.

Площадь поперечного сечения изменяется при изменении температуры. Однако такие изменения очень трудно измерить. Поэтому площадь поперечного сечения определяют при комнатной температуре.

Размеры измеряют с точностью ± 0,01 мм. Для обработки результатов используют арифметические формулы.

Если на образце имеются метки, базовая длина, измеренная при комнатной температуре, должна быть известна с точностью ± 1 %. Если термическое расширение при изменении температуры от комнатной до температуры испытания меньше допуска измерения базовой длины, даже базовую длину можно измерять при комнатной температуре. Если это не так, базовую длину следует откорректировать с учетом термического расширения, или измерить при температуре испытания.

8.2.3 Выгиб

В процессе испытания на сжатие, образцы могут выгибаться. Для надежности результатов испытания, необходимо убедиться в том, что в условиях испытания выгиба не происходит.

Для этого необходимо установить два тензодатчика на противоположные стороны образца во время испытания.

Различия в показаниях тензодатчиков будут свидетельствовать о наличии выгиба. Если данный способ невозможен, можно установить два тензодатчика на образец, находящийся в условиях испытания, а затем использовать одну из методик, приведенных в приложении А. Отсутствие выгиба необходимо проверять каждый раз при смене материала или геометрии образца.

8.3 Порядок проведения испытания

8.3.1 Установка образца

Образец устанавливают в крепление таким образом, чтобы его продольная ось совпадала с продольной осью испытательной машины.

Необходимо следить за тем, чтобы на образце не возникали сгибающие или скручивающие нагрузки.

В некоторых случаях необходимо предварительное нагружение образца в течение всего времени нагрева во избежание нарушения соосности. Предварительное нагружение не должно выходить за пределы 5 % ожидаемой разрушающей нагрузки.

8.3.2 Настройка тензометра

Тензометр устанавливается таким образом, чтобы его продольная ось совпадала с осью образца. После этого он выставляется на нуль.

Если контактный тензометр регулируется при комнатной температуре, выход тензометра настраивается на нуль после достижения и стабилизации температуры испытания.

Примечание — Для материалов с большим коэффициентом термического расширения рекомендуется механически отрегулировать тензометр таким образом, чтобы с учетом теплового расширения образца его показания при температуре испытания были близки к нулю.

8.3.3 Создание инертной атмосферы

При проведении испытания в инертной среде перед заполнением инертным газом необходимо удалить из рабочей камеры воздух и пары воды. Это достигается вакуумированием корпуса (< 10 Па) или продувкой газом. При проведении испытания под вакуумом уровень вакуума регулируют в соответствии с п. 5.3.

8.3.4 Нагрев образца

Образец нагревается то температуры испытания и выдерживается в течение определенного времени до стабилизации температуры и, где применимо, до стабилизации показаний тензометра.

Существует два способа регулирования температуры:

- если температуру образца измеряют в процессе испытания образца, для контроля печи должна использоваться именно эта температура;
- если прямое измерение температуры образца в процессе испытания невозможно, необходимо использовать зависимость температуры образца от температуры печи, установленную, как указано в 8.1.

Следует удостовериться в том, что при нагреве напряжение в образце остается на начальном уровне.

8.3.5 Измерения

Обнуляют показания силомера.

Обнуляют показания тензометра.

Запускают запись зависимости «нагрузка — продольная деформация».

Регистрируют температуру и окружающие условия (газ, давление).

Нагружают образец.

При испытании в инертной атмосфере перед открытием испытательную камеру охлаждают в инертной атмосфере до температуры, при которой отсутствуют риски деградации материала.

Отмечают положение разлома относительно средней точки образца с точностью до 1 мм.

8.4 Действительность (валидность) испытания.

Следующие факторы делают испытание недействительным:

- неуказание условий испытания;
- несоответствие условий испытания;
- выскальзывание образца;
- соскальзывание тензометра;
- разрушение образца вне термостатируемой зоны;
- выгиб образца.

Примечание — Данный раздел международного стандарта изменен в соответствии с требованиями ГОСТ 1.5—2001 (пункт 7.9.8), а также в целях соблюдения норм русского языка, принятой терминологии и технического стиля изложения.

ДА.5 9 Обработка результатов

9.1 Начало координат образца

К протоколу испытаний должна прикладываться диаграмма, иллюстрирующая направление армирования материала относительно продольной оси образца.

9.2 Прочность при сжатии

Прочность на сжатие рассчитывают по одной из формул, приведенных ниже:

$$\sigma_{c,m,a} = \frac{F_m}{A_{0,a}}, \quad (1)$$

$$\sigma_{c,m,e} = \frac{F_m}{A_{0,e}}, \quad (2)$$

где $\sigma_{c,m,a}$ — кажущаяся прочность на сжатие при температуре испытания T, МПа;

$\sigma_{c,m,e}$ — эффективная прочность при сжатии при температуре испытания T, МПа;

F_m — максимальная растягивающая нагрузка, Н;

$A_{0,a}$ — кажущаяся площадь поперечного сечения образца, мм^2;

$A_{0,e}$ — эффективная площадь поперечного сечения образца с поправкой на защиту от окисления, мм^2.

При использовании эффективной площади поперечного сечения используемый поправочный коэффициент приводят и обосновывают в протоколе испытания.

9.3 Деформация при максимальной растягивающей нагрузке

$$\varepsilon_{c,m} = \frac{\Delta L_{c,m}}{L_0}, \quad (3)$$

где $\varepsilon_{c,m}$ — деформация при максимальной растягивающей нагрузке;

$\Delta L_{c,m}$ — продольная деформация при максимальной сжимающей нагрузке, измеренная тензометром, мм;

L_0 — базовая длина, мм.

9.4 Коэффициент пропорциональности или модуль псевдоупругости, модуль упругости

Коэффициент пропорциональности или модуль псевдоупругости, E_p, определяемый между двумя точками (A_1, F_1) и (A_2, F_2), взятыми у нижнего и верхнего конца кривой нагрузка—деформация, рассчитывают по следующим формулам:

$$E_{p,a}(\sigma_1,\sigma_2) = \frac{L_0 (F_2 - F_1)}{A_{0,a} (\Delta L_2 - \Delta L_1)} \cdot 10^{-3}, \quad (4)$$

$$E_{p,e}(\sigma_1,\sigma_2) = \frac{L_0 (F_2 - F_1)}{A_{0,e} (\Delta L_2 - \Delta L_1)} \cdot 10^{-3}, \quad (5)$$

где $E_{p,a}$ — кажущийся модуль псевдоупругости, ГПа;

$E_{p,e}$ — эффективный модуль псевдоупругости, ГПа;

F — растягивающая нагрузка, действующая на образец, Н;

$A_{0,a}$ — кажущаяся площадь поперечного сечения образца, мм^2;

$A_{0,e}$ — эффективная площадь поперечного сечения образца с поправкой на защиту от окисления, мм^2;

L_0 — базовая длина при температуре T, мм;

$\Delta L_{c,m}$ — продольная деформация измеренная на кривой зависимости от F, мм.

9.4.2 Если материал демонстрирует на начальном участке линейность зависимости, модуль упругости рассчитывают по формуле

$$E_a = \frac{FL_0}{A_{0,a}\,\Delta L} \cdot 10^{-3}, \quad (6)$$

$$E_e = \frac{FL_0}{A_{0,e}\,\Delta L} \cdot 10^{-3}, \quad (7)$$

где E_a — кажущийся модуль упругости при сжатии, ГПа;

E_e — эффективный модуль упругости при сжатии, ГПа;

F — нагрузка, действующая на образец, Н;

$A_{0,a}$ — кажущаяся площадь поперечного сечения образца, мм²;

$A_{0,e}$ — эффективная площадь поперечного сечения образца с поправкой на защиту от окисления, мм²;

L_0 — базовая длина при температуре T, мм;

ΔL — продольная деформация, измеренная на кривой зависимости от F, мм.

Для его определения могут использоваться любые точки (A, F) на линейному участке кривой «нагрузка—деформация».

9.4.3 Для материалов, не имеющих линейных участков на кривой «нагрузка—деформация», рекомендуется использовать пары значений «напряжение—деформация», соответствующие напряжениям $0{,}1\sigma_m$ и $0{,}5\sigma_m$ если сторонами не согласованы иные значения.

Примечание — Данный раздел международного стандарта изменен в соответствии с требованиями ГОСТ 1.5—2001 (пункт 7.9.9), а также в целях соблюдения норм русского языка, принятой терминологии и технического стиля изложения.

ДА.6 10 Протокол испытания

Протокол испытания должен содержать следующую информацию:

a) наименование и адрес испытательной лаборатории;

b) дату испытания, уникальный номер протокола на каждой странице, наименование и адрес заказчика, ФИО составителя;

c) ссылку на настоящий международный стандарт, т.е. испытание проводилось в соответствии с ISO 14544;

d) чертеж испытуемого образца или ссылочный документ;

e) описание испытанного материала (тип, артикул изготовителя, номер партии);

f) описание параметров испытания: система нагрева, прибор для измерения температуры, тензометр, крепление образца, датчик нагрузки, тип, чистота и давление инертного, уровень вакуума;

g) градиент температуры в пределах базовой длины и термостатируемой зоны;

h) скорость нагрева, температура испытания, скорость нагружения, скорость перемещения или нагружения;

i) количество выполненных испытаний и полученных действительных результатов;

j) графики кривых «нагрузка — продольная деформация»;

k) действительные результаты, средние значения и стандартные отклонения (для Гауссова распределения) прочности на сжатие, деформацию при максимальной сжимающей нагрузке, модуль псевдоупругости;

l) поправочный коэффициент, если использовалась эффективная площадь поперечного сечения, и метод ее определения (например, металлографическая подготовка и т. п.);

m) места разрушения у всех образцов, использованных для получения такого результата.

Примечание — Данный раздел международного стандарта изменен в соответствии с требованиями ГОСТ 1.5—2001 (пункт 7.9.10), а также в целях соблюдения норм русского языка, принятой терминологии и технического стиля изложения.

Приложение ДБ
(справочное)

Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем международного стандарта

Таблица ДБ.1

Структура настоящего стандарта			Структура международного стандарта ИСО 14544:2013		
Раздел	Подраздел	Пункт	Раздел	Подраздел	Пункт
6	6.1	6.1.1	6	6.1—6.3	—
		6.1.2, 6.1.3	7	7.1—7.2	—
	6.2	—	8	8.1	8.1.1—8.1.3
7	7.1	—		8.2	8.2.2
	7.2	—		8.2	8.2.3
	7.3	—		8.3	8.3.1
	7.4	—			8.3.2
	7.5	—		8.2	8.2.1
	7.6	—		8.3	8.3.3
	7.7	—			8.3.4
	7.8	—			8.3.5
	7.9	—		8.4	—
8	8.1	8.1.1, 8.1.2	9	9.1—9.2	—
	8.2	—		9.3	—
	8.3	8.3.1—8.3.5		9.4	9.4.1—9.4.3
	8.4—8.6	—	—		
9	—	—	10	—	—
Приложения		А	Приложения		А
		ДА—ДВ			—

Примечания

1 Сопоставление структуры стандартов приведено, начиная с раздела 6, т. к. предыдущие разделы стандартов и их иные структурные элементы (за исключением предисловия) идентичны.

2 Структура настоящего стандарта изменена относительно примененного международного стандарта для приведения в соответствие с требованиями, установленными в ГОСТ 1.5—2001 (подраздел 7.9).

3 Внесены дополнительные приложения ДА, ДБ и ДВ в соответствии с требованиями, установленными к оформлению национального стандарта, модифицированного по отношению к международному стандарту.

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 6507—90	NEQ	ISO 3611:2010 «Технические требования к геометрическим параметрам продукции. Оборудование для измерения размеров. Микрометры для внешних измерений. Конструкция и метрологические характеристики»
ГОСТ 28840—90	NEQ	ISO 7500-1:2015 «Материалы металлические. Верификация машин для статических испытаний в условиях одноосного нагружения. Часть 1. Машины для испытания на растяжение/сжатие. Верификация и калибровка силоизмерительных систем»
ГОСТ Р 8.585—2001	NEQ	IEC 60584-1(2013) «Термопары. Часть 1. Спецификация и допуски для ЭДС»; IEC 60584-2(1982) «Термопары. Часть 2. Допуски»
Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов: - NEQ — неэквивалентные стандарты.		

УДК 666.3.017:006.354 ОКС 81.060.30

Ключевые слова: композиты керамические, испытание на сжатие, повышенная температура

БЗ 8—2017/124

Редактор *А.Э. Елин*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 15.08.2017. Подписано в печать 23.08.2017. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,51. Тираж 22 экз. Зак. 1513

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