ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 57970— 2017

КОМПОЗИТЫ УГЛЕРОДНЫЕ. УГЛЕРОДНЫЕ КОМПОЗИТЫ, АРМИРОВАННЫЕ УГЛЕРОДНЫМ ВОЛОКНОМ

Классификация

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2018

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Объединением юридических лиц «Союз производителей композитов» совместно с Автономной некоммерческой организацией «Центр нормирования, стандартизации и классификации 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 21 ноября 2017 г. № 1789-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к стандарту АСТМ Ц1836—16 «Стандартная классификация для конструкций из углерод-углеродного композитного материала, армированных волокном» (ASTM C1836—16 «Standard Classification for Fiber Reinforced Carbon-Carbon Composite Structures», MOD) путем изменения содержания отдельных структурных элементов, которые выделены вертикальной линией, расположенной на полях этого текста. Оригинальный текст этих структурных элементов приведенного стандарта АСТМ и объяснения причин внесения технических отклонений приведены в дополнительном приложении ДА.

В настоящий стандарт не включены ссылки на АСТМ Ц242, АСТМ Ц559, АСТМ Ц838, АСТМ Ц1039, АСТМ Ц1198, АСТМ Ц1259, АСТМ Ц1275, АСТМ Ц1773, АСТМ Ц1783, АСТМ Д4850, АСТМ Д6507, АСТМ Е6, АСТМ Е111, АСТМ Е1309, разделы 4, 5, подразделы 1.1—1.6, 6.5 примененного стандарта АСТМ, которые нецелесообразно применять в российской национальной стандартизации, так как они имеют поясняющий и справочный характер.

В настоящий стандарт не включен также раздел 3 примененного стандарта АСТМ, так как термины и определения, приведенные в данном разделе, нецелесообразно применять в российской национальной стандартизации, они заменены терминами по ГОСТ 32794. Указанные структурные элементы, не включенные в основную часть настоящего стандарта, приведены в дополнительном приложении ДБ.

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

В настоящем стандарте ссылки на стандарты АСТМ заменены ссылками на соответствующие межгосударственные стандарты. Сведения о соответствии ссылочных межгосударственных стандартов стандартам АСТМ, использованным в качестве ссылочных в примененном стандарте АСТМ, приведены в дополнительном приложении ДВ.

Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой указанного стандарта АСТМ приведено в дополнительном приложении ДГ. Разъяснение причин изменения структуры приведено в примечаниях в приложении ДГ

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Август 2018 г.

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, оформление, 2018

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 Классификация 1
Приложение ДА (справочное) Оригинальный текст модифицированных структурных элементов примененного стандарта АСТМ 4
Приложение ДБ (справочное) Оригинальный текст невключенных структурных элементов примененного стандарта АСТМ 6
Приложение ДВ (справочное) Сведения о соответствии ссылочных национальных и межгосударственных стандартов стандартам АСТМ, использованным в качестве ссылочных в примененном стандарте АСТМ 10
Приложение ДГ (справочное) Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем стандарта АСТМ 11

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КОМПОЗИТЫ УГЛЕРОДНЫЕ. УГЛЕРОДНЫЕ КОМПОЗИТЫ, АРМИРОВАННЫЕ УГЛЕРОДНЫМ ВОЛОКНОМ

Классификация

Carbon composites. Carbon composites reinforced with carbon fiber. Classification

Дата введения — 2018—06—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на углеродные композиты и устанавливает классификацию углеродных композитов, армированных углеродным волокном (далее — углерод-углеродные композиты).

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 32794 Композиты полимерные. Термины и определения

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 32794.

4 Классификация

4.1 Углерод-углеродные композиты классифицируют по следующим признакам:

- по типу волокна;
- по типу армирования;
- по методу уплотнения матрицы;
- по физическим свойствам;
- по механическим свойствам.

4.2 По типу волокна углерод-углеродные композиты подразделяются на:

- А — содержащие углеродное волокно на основе полиакрилонитрила (ПАН);

Издание официальное

- Р — содержащие углеродное волокно на основе пека;
- R — содержащие углеродное волокно на основе вискозы;
- Н — содержащие смесь углеродных волокон.

4.3 По типу армирования углерод-углеродные композиты подразделяются на:

- 1 — однонаправленные;
- 2 — двунаправленные;
- 3 — трехнаправленные.

4.4 По методу уплотнения матрицы углерод-углеродные композиты подразделяются на:

- S — композиты, матрица которых уплотнена инфильтрацией и пиролизом термореактивных смол;
- Р — композиты, матрица которых уплотнена инфильтрацией и пиролизом термопластичных смол (пеков);
- С — композиты, матрица которых уплотнена осаждением пара при химической реакции углеводородов;
- Н — композиты, матрица которых уплотнена инфильтрацией смол и пара при химической реакции.

4.5 По физическим свойствам углерод-углеродные композиты классифицируют, исходя из объемной доли волокна, объемной плотности и пористости (см. таблицу 1).

Таблица 1

Физическое свойство	Обозначение классификации				
Объемная доля волокна, %	6	5	4	3	2
	Не менее 60	От 50 до 59 включ.	От 40 до 49 включ.	От 30 до 39 включ.	Менее 30
Объемная плотность, г/см^3	А	В	С	D	Е
	От 1,8	От 1,6 до 1,79 включ.	От 1,4 до 1,59 включ.	От 1,2 до 1,39 включ.	Менее 1,2
Пористость, %	2*	2	5	10	15
	Менее 2	От 2 до 5 включ.	От 5 до 10 включ.	От 10 до 15 включ.	Св. 15

4.6 По механическим свойствам углерод-углеродные композиты классифицируют исходя из предела прочности при растяжении/предела прочности при растяжении в окружном направлении и модуля упругости при растяжении/модуля упругости при растяжении в окружном направлении (см. таблицу 2).

Таблица 2

Механическое свойство	Геометрия — направленность	Обозначение классификации				
Среднее значение предела прочности при растяжении/предела прочности при растяжении в окружном направлении, МПа	Пластина/брусок — главная ось 0 °. Стержень/труба — осевая/по кольцу	4	3	2	1	1*
		Не менее 400	От 300 до 399 включ.	От 200 до 299 включ.	От 100 до 199 включ.	Менее 100
Среднее значение модуля упругости при растяжении/модуля упругости при растяжении в окружном направлении, Гпа	Пластина/брусок — главная ось 0°. Стержень/труба — осевая/по кольцу	10	7	4	2	2*
		Не менее 100	От 70 до 99	От 40 до 69	От 20 до 39	Менее 20

Примечания

1 Для труб при классификации по пределу прочности при растяжении в окружном направлении и модулю упругости при растяжении в окружном направлении в обозначении приводят нижний индекс «Н».

2 Среднее значение предела прочности при растяжении рассчитывают для 10 образцов, модуля упругости при растяжении — для 5 образцов.

4.7 Примеры условных обозначений

Условное обозначение углерод-углеродных композитов включает в себя:

- аббревиатуру углеродного композита (С3);
- тип волокна, тип армирования, метод получения матрицы;
- физические свойства;
- механические свойства.

Примеры условных обозначений углерод-углеродных композитов:

1 Углеродный композит с углеродным волокном на основе ПАН, тип армирования двунаправленный, матрица уплотнена осаждением пара при химической реакции углеводородов, объемная доля волокна 45 %, объемная плотность 1,5 г/см^3, пористость менее 2 %, предел прочности при растяжении 360 МПа, модуль упругости 35 ГПа:

С3-А2С-4С2-32*

2 Углеродный композит с углеродным волокном на основе пека, тип армирования однонаправленный, матрица уплотнена инфильтрацией и пиролизом термореактивных смол, объемная доля волокна 52 %, объемная плотность 1,5 г/см^3, пористость менее 12 %, предел прочности при растяжении 250 МПа, модуль упругости 60 ГПа:

С3-Р1S-5С10-24

Приложение ДА
(справочное)

Оригинальный текст модифицированных структурных элементов примененного стандарта АСТМ

ДА.1

1.1 Данная классификация относится к конструкциям из углерод-углеродного (С-С) композитного материала, армированным волокном (плоские плиты, прямоугольные бруски, круглые стержни и трубки), изготовленным специально для элементов конструкции. Углерод-углеродные композитные материалы состоят из углеродных/графитных волокон (полиакрилонитрильных (ПАН), пековых или вискозных первичных волокон) в углеродной/графитной матрице, возникающей в результате пропитки жидкостью/пиролиза или химической инфильтрации из паровой фазы, или и того, и другого.

Примечание — Настоящий раздел стандарта АСТМ 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

6 Классификация углерод-углеродных композитов

6.3 Класс архитектуры. Углерод-углеродные композиты идентифицируют по классу на основе архитектуры волоконного армирования.

6.3.1 Класс 1 — одномерная (1D) намотка филамента или одномерная укладка одноосного мотка.

6.3.2 Класс 2 — пластины из двухмерных (2D) стопок полотна, укладка 0—90 перекрестными слоями одноосного мотка или двухмерное плетение/намотка.

6.3.3 Класс 3 — трехмерные (3D) витые, плетеные или вязаные волоконные заготовки.

Примечание 2 — Некоторые двухмерные пластины армированы ограниченной (< 5 % по объему волокна) сплошной прошивкой/пробивкой волоконным жгутом, их иногда называют архитектурой 2,5D. Для целей настоящей спецификации архитектуры (2,5D) с прошивкой/пробивкой были отнесены к композитам класса 3 (трехмерным).

6.6 Физические свойства. Три ключевые составляющие для классификации физических свойств — объемная доля волокна, объемная плотность и открытая пористость. В таблице 2 представлена система классификации углерод-углеродных композитов на основе объемной доли волокна, объемной плотности и открытой пористости. Скобу нагружают или сжимают (в зависимости от принципа действия устройства) таким образом, чтобы нагрузка передавала эксцентрическое усилие скобе и траверсе, имитируя промежуточное крепление к деревянной, стеклопластиковой, стальной или бетонной опоре.

6.6.1 Данные физические свойства измеряются на основе стандартов испытаний АСТМ, указанных в таблице 2.

Таблица 2 — Коды уровней классификации углерод-углеродных композитов по физическим свойствам

Код уровней					
	6	5	4	3	2
Объемная доля волокна, %, рассчитанная по данным производства	> 60 %	50 %—59 %	40 %—49 %	30 %—39 %	< 30 %
	A	B	C	D	E
Объемная плотность, г/см^3, рассчитанная путем измерения (АСТМ Ц559 или АСТМ Ц838) и/или погружения (АСТМ Ц1039)	> 1,8	1,6—1,79	1,4—1,59	1,2—1,39	< 1,2
	2*	2	5	10	15
Открытая пористость, %, измеренная путем погружения (метод испытаний по АСТМ Ц1039)	< 2 %	2 %—5 %	5 %—10 %	10 %—15 %	> 15 %

6.7 Механические свойства. Две ключевые составляющие для классификации механических свойств — предельная кольцевая прочность, прочность на растяжение (комнатная температура — КТ) и кольцевой модуль упругости/модуль упругости на растяжение (комнатная температура — КТ) по главной оси. В таблице 3 приведена система классификации структур углерод-углеродных композитов на основе этих двух ключевых механических свойств.

Таблица 3 — Коды уровней классификации углерод-углеродных композитов по механическим свойствам

Примечание 1 — В рамках процесса классификации свойства прочности на четырехточечный изгиб и изгибный модуль не является допустимой альтернативой упругим свойствам ввиду вариативности, обусловленной разными геометриями изгибаемых образцов и разными конфигурациями испытаний.

Механическое свойство	Геометрия — направленность	Код уровней				
		4	3	2	1	1*
Средние значения предельной прочности на растяжение и кольцевой прочности[1)] (КТ) по АСТМ Ц1275 и АСТМ Ц1773	Пластина/брусок — главная ось 0°. Стержень/трубка — осевая или по кольцу[A]	> 400 МПа	300—399 МПа	200—299 МПа	100—199 МПа	> 100 МПа
		10	7	4	2	2*
Средний модуль растяжения или кольцевой модуль[1)] (КТ) по АСТМ Ц1275, АСТМ Ц1773, АСТМ Е111, АСТМ Ц1198 и АСТМ Ц1259	Пластина/брусок — главная ось 0°. Трубка/стержень — осевая или по кольцу[1)]	> 100 ГПа	70—99 ГПа	40—69 ГПа	20—39 ГПа	> 20 ГПа

6.7.1 Данные свойства растяжения измеряют на основе стандартов испытаний, указанных в таблице 3. Средние значения рассчитывают на основе минимального количества испытательных образцов — десять образцов для расчета предельной прочности на растяжение и пять образцов для расчета модуля растяжения.

Примечание — Данный раздел стандарта АСТМ изменен в целях соблюдения норм русского языка, принятой терминологии и технического стиля изложения.

[1)] В случае композитных труб, где кольцевая прочность может стать главным требованием, система классификации может ссылаться на кольцевую прочность и кольцевой модуль вместо прочности на осевое растяжение и соответствующего модуля. Такие значения будут отмечены индексом «Н» на коде уровня: A_H, B_H и т. д.

Приложение ДБ
(справочное)

Оригинальный текст невключенных структурных элементов примененного стандарта АСТМ

ДБ.1

1.2 Система классификации обеспечивает возможность идентифицировать и группировать различные композитные материалы С-С на основании информации о типе волокна, классе его архитектуры, уплотнении матрицы, физических и механических свойствах. Данная система является высокоточным инструментом идентификации, который позволяет группировать разные виды композитных материалов С-С в отдельные классы, а также определять общую структуру и свойства определенного композитного материала С-С. Система может помочь специалистам керамической промышленности при разработке, выборе и применении С-С композитных материалов с необходимым составом, структурой и свойствами для соответствующего применения.

1.3 Система классификации присваивает определенный код соответствующему композитному материалу С-С, который включает в себя информацию о типе волокна, архитектуре армирования, виде матрицы, объемной доле волокна, плотности, пористости, прочности на растяжении и модуле растяжения (при комнатной температуре).

1.3.1 Рассмотрим пример кода классификации углерод-углеродного композитного материала — С3-А2С-4С2*-32 — классификация углерод-углеродного композитного материала/компонента (С3) с углеродным волокном на полиакрилонитрильной (ПАН) основе (А), в двухмерной (2) архитектуре волокна с матрицей инфильтрации паров химической реакции (С), объемной долей волокна 45 % (4), объемной плотностью 1,5 г/см^3 (С), открытой пористостью менее 2 % (2*), средней величиной предельной прочности при растяжении 360 МПа (3) и средним модулем упругости 35 ГПа (2).

1.4 Данная система классификации является универсальным инструментом идентификации, который использует ограниченный набор свойств композитного материала для точного распределения материалов по группам. Данная система не должна представлять собой полную, детальную спецификацию материала, так как в ней нет полной информации по составу, архитектуре, физическим, механическим, производственным и прочностным характеристикам, которые обычно указываются в полной технической спецификации. Руководство АСТМ Ц1783 содержит полные подробные указания и инструкции по подготовке развернутой спецификации материала для определенного композита С-С.

1.5 Единицы. Величины, указанные в единицах СИ, считаются стандартными. Другие единицы измерения в настоящем стандарте не используют.

1.6 Настоящий стандарт не претендует на освещение в полном объеме всех вопросов соблюдения техники безопасности (если таковые имеются), которые могут возникать в связи с его применением. Ответственность за установление соответствующих мер по технике безопасности и охране труда, а также определение применимости нормативных ограничений до начала использования настоящего стандарта лежит на его пользователе.

ДБ.2

3 Терминология

3.1 Основные определения

Определения многих терминов, встречающихся в данной классификации, можно найти в стандартной терминологии для изделий из графита (АСТМ Ц709), композитных материалов (АСТМ Д3878), тканей и методов испытаний тканей (АСТМ Д4850), а также в терминологии для механических испытаний (АСТМ Е6).

3.1.1 **открытая пористость:** Объемная доля всех пор, пустот и пазов в массе твердых частиц, взаимосвязанных друг с другом и соприкасающихся с внешней поверхностью, в связи с чем данную характеристику можно измерить глубиной проникновения газа либо жидкости.

3.1.2 **сплетенные волокна:** Тканое волокно, полученное путем перекрещивания трех или более концов нитей так, чтобы нити располагались по диагонали к вертикальной оси волокна.

3.1.2.1 Исследование. Сплетенные волокна могут иметь двух- и трехмерную архитектуру.

3.1.3 **объемная плотность:** Масса единицы объема материала с проницаемыми и непроницаемыми пустотами.

3.1.4 **ткань:** Для текстильных изделий — плоская структура, состоящая из нитей или волокон.

3.1.5 **волокно:** Волокнистый вид материи с отношением длин сторон > 10 и фактическим диаметром < 1 мм (синоним — филамент).

3.1.5.1 Исследование. Волокно/филамент является основным элементом ткани и других текстильных структур.

3.1.6 **содержание волокна/фракция (объем или вес):** Количество волокон в композитном материале, выраженное в весовых или в объемных процентах.

3.1.7 **волоконная заготовка:** Первичное формообразование волокнистого армирования, обычно без матрицы, но часто содержащее связующее вещество для облегчения производства, формируемое путем распространения/вплетения волокон в форму с приближенными к готовому изделию контуром и толщиной.

3.1.8 **графит:** Аллотропная кристаллическая форма элементного углерода, встречающаяся в виде минерала, обычно состоящая из гексагональной группы углеродных атомов (пространственная группа P 63/mmc), но также существующая в ромбоэдрической форме (пространственная группа R 3m).

3.1.9 **графитизация:** В производстве углерода и графита твердофазное превращение термодинамически неустойчивого аморфного углерода в кристаллический графит при высокотемпературной термообработке в инертной среде.

3.1.9.1 Исследование. Степень графитизации отображает диапазон дальнего трехмерного кристаллографического порядка, определяемый только в рамках исследования дифракции. Степень графитизации значительно влияет на многие свойства, такие как теплопроводность, электропроводность, прочность и жесткость.

3.1.9.2 Исследование. Термин графитизация широко используется для определения процесса термообработки углеродных материалов при T > 2200 °C, независимо от степени полученной кристаллизации. Но такое употребление термина некорректно. Следует избегать термина графитизация без внесения в протокол подтверждения дальнего трехмерного кристаллографического порядка, определяемого в рамках исследования дифракции, так как его использование может быть неверным.

3.1.10 **гибрид:** Композитный материал, содержащий не менее двух разных видов матриц или армирования. Каждая матрица или тип армирования могут различаться по своим (a) физическим и/или механическим свойствам, (b) иметь разную материальную форму или (c) химический состав.

3.1.11 **вязаная ткань:** Волокнистая структура, получаемая путем переплетения одного или более концов нити или аналогичного материала.

3.1.12 **пластина:** Любой волокнистый или армированный волокном композитный материал, состоящий из листов (слоев) с одной или более ориентациями относительно какого-либо направления отсчета.

3.1.13 **наложение:** Процесс изготовления, при котором несколько слоев материала располагаются в определенной последовательности и с определенной ориентацией.

3.1.14 **матрица:** Непрерывный компонент композитного материала, который окружает или обтекает залитое армирование в композитном материале и действует как механизм передачи нагрузки между дискретными компонентами армирования.

3.1.15 **слой:** В двухмерных слоистых композитных материалах — отдельный составляющий ряд при производстве или встречающийся в композитной структуре.

3.1.16 **жгут:** В волокнистых композитных материалах — непрерывная упорядоченная группа, как правило, параллельных коллимированных непрерывных нитей, обычно нескрученных (синоним — ровинг)

3.1.17 **однонаправленный композит:** Любой композитный материал, армированный волокном, у которого все волокна расположены в одном направлении.

3.1.18 **тканое полотно:** Волокнистая структура, полученная через переплетение жгутов или нитей, расположенных в двух или более направлениях, на специальном ткацком станке.

3.1.18.1 Исследование. Существует много разновидностей двухмерного ткацкого переплетения, например полотняное, сатиновое, саржевое, корзинное, ломаная саржа и т. д.

3.1.19 **нить:** В волокнистых композитных материалах — непрерывная упорядоченная группа, как правило, параллельных коллимированных дискретных или непрерывных филаментов, обычно скрученных.

3.1.19.1 **одиночная нить:** Конец, на котором каждый филамент скручен в одну и ту же сторону.

3.2 Определения терминов, характерных для настоящего стандарта:

3.2.1 **Одно-, двух- и трехмерное армирование:** Описание ориентации и распределения армирующих волокон и нитей в композитном материале.

3.2.1.1 Исследование. В одномерной структуре все волокна комбинированы с углеродной матрицей, где волокна ориентированы в едином продольном (*x*) направлении. В двумерной структуре все волокна расположены в плоскости *x*—*y* пластины, бруска или в оплетке по окружности (в направлении по оси и по окружности) стержня или трубы без соединения волокон по направлению оси *z* или по радиальному направлению В трехмерной структуре армирующее волокно расположено в плоскости *x*—*y* и в направлении *z* в пластине, бруске или в осевом, радиальном направлении или по окружности трубы или стержня.

3.2.2 **осевой предел прочности:** Для композитной трубы или твердого круглого стержня — предел прочности вдоль продольной оси стержня или трубки. Для композитной плоской пластины или прямоугольного бруска — предел прочности вдоль геометрической оси/направления.

3.2.3 **углерод-углеродный композитный материал:** Композит с керамической матрицей, у которого фаза армирования представлена непрерывными углеродными/графитовыми нитями в форме волокна, непрерывной нитью или тканым или сплетенным волокном, содержащимся в непрерывной матрице углерода/графита (1—6).

3.2.4 **углеродные волокна:** Неорганические волокна с первичным (> 90 %) элементным составом углерода. Эти волокна образуются посредством высокотемпературного пиролиза органических первичных волокон (обычно, полиакрилонитрильных (ПАН), пековых и вискозных волокон) в инертной среде (синоним — графитовые волокна) (7, 8).

3.2.4.1 Исследование. Термины «углерод» и «графит» часто взаимозаменяемы, однако углеродные волокна и графитовые волокна различаются по температуре производства и теплообработки, по количеству образуемого элементного углерода и получаемой кристаллической структуре углерода. Карбонизация углеродных волокон обычно происходит при приблизительно 2400 °F (1300 °C) с образованием от 93 % до 95 % углерода; у графитовых волокон — при 3450 °F до 5450 °F (от 1900 °C до 3000 °C), количество элементного углерода в волокне доводится до 99 %. (7, 8)

3.2.5 **осаждение/инфильтрация пара после химической реакции:** Химический процесс, при котором твердый материал осаждается на подложке или на пористой заготовке вследствие распада или реакции газообразного исходного вещества.

3.2.5.1 Исследование. Осаждение пара после химической реакции обычно происходит при повышенных температурах в условиях регулируемой среды.

3.2.6 **уплотнение при инфильтрации и пиролизе:** Для композитных материалов с углеродной матрицей производство матрицы и процесс уплотнения, при котором жидкое органическое исходное вещество (термореактивная смола или пековое волокно) инфильтрируется/внедряется в пористую заготовку или частично пористый композитный материал. Далее органическое исходное вещество пиролизуется в инертной среде для перехода из органической в углеродную форму с необходимой степенью чистоты и кристаллической структурой. Процесс инфильтрации/пиролиза можно неоднократно повторять для заполнения пор и увеличения плотности композитного материала.

3.2.7 **геометрическая структурная ось:** Для композитной плоской пластины или прямоугольного бруска — направляющая ось, определяемая осью/направлением нагрузки при максимально необходимом уровне прочности при растяжении. Такая ось обычно имеет наибольшую нагрузку на волокно. Данная геометрическая структурная ось не всегда должна быть расположена параллельно по отношению к самой длинной размерной оси пластины/бруска/структуры.

3.2.8 **пиролиз:** Для композитных материалов с углеродной матрицей — контролируемый тепловой процесс, при котором углеводородное исходное вещество распадается на элементный углерод в инертной среде (синоним — карбонизация).

3.2.8.1 Исследование. Пиролиз обычно приводит к потере веса и высвобождению углерода и паров углеводорода.

3.2.9 **прямоугольный брусок:** Твердый прямой стержень прямоугольного сечения с такими геометрическими параметрами, как ширина, толщина и длина продольной оси.

3.2.10 **круглый стержень:** Твердый прямой продолговатый цилиндр с такими геометрическими параметрами, как наружный диаметр и осевая длина.

3.2.11 **круглая трубка:** Полый продолговатый цилиндр с такими геометрическими параметрами, как наружный диаметр, внутренний диаметр и осевая длина.

3.2.12 **поверхностное уплотняющее покрытие:** Неорганическое защитное покрытие, которое наносится на внешнюю поверхность композитного материала С-С для защиты от окисления при воздействии высоких температур или от коррозии либо для повышения износостойкости и прочности материала на истирание. Для таких покрытий обычно используется прочный, непроницаемый, керамический материал.

ДБ.3

4 Значение и применение

4.1 Композитные материалы определяются фазой/фазами армирования в матрице. Состав и структуру этих составляющих компонентов в композитах специально регулируют для конкретной области применения с учетом специфических требований к их рабочим характеристикам. В случае углерод-углеродных композитов с волоконным армированием особое внимание уделяют выбору волокон армирования (состав, свойства, структура, контактное покрытие и т. д.), матрицы (состав, свойства и структура), структуры композита (составляющие фракции, архитектура армирования, контактное покрытие, структура пористости, микроструктура и т. д.) и условиям обработки (сборка, формование, уплотнение, обработка поверхности и т. д.). Может быть выбран широкий диапазон конечных инженерно-технических свойств (физических, механических, тепловых, электрических и т. д.) со значительной направленной анизотропией свойств (9—12).

4.2 Предложенная система классификации позволяет проектировщикам/пользователям/изготовителям определять и организовывать различные виды композитов С-С (на основе волокна, матрицы, архитектуры, физических и механических свойств) для применения в конструкциях разного типа. Систему могут использовать специалисты композитной промышленности при разработке, выборе и применении композитных материалов С-С с необходимым составом, структурой и свойствами для применения соответственно.

4.3 Данная система классификации является высококлассным инструментом идентификации, который использует ограниченный набор свойств композитного материала для точного распределения материалов по группам. Данная система не должна представлять собой полную, детальную спецификацию материала, т. к. в ней нет полной информации по составу, архитектуре, физическим, механическим, производственным и прочностным характеристикам, которые обычно указываются в полной технической спецификации. АСТМ Ц1783 содержит указания и инструкции по подготовке развернутой спецификации материала для определенного композита С-С.

ДБ.4

5 Углерод-углеродные композиты

5.1 Углерод-углеродные композиты состоят из углеродно-графитного армирующего волокна в углеродно-графитной матрице. Сочетание волокон и углеродной матрицы, волоконная архитектура (форма и структура волоконной заготовки, многомерное распространение волокна и объемное содержание волоконного армирования), состав фазы матрицы, микроструктура, плотность и пористость композита специально подобраны для получения оптимальных характеристик композита. Волокна могут быть подвержены поверхностной обработке для улучшения характеристик волокна/ткани или для контроля над связями между волокном и матрицей (9—15).

5.2 Механические, тепловые и физические свойства углерод-углеродных (С-С) композитов определяются сложным взаимодействием составляющих элементов (волокно, матрица, пористость) в плане химических свойств элементов, состава фазы, микроструктуры, свойств и содержания фракций; архитектуры волокна; связей между волокном и матрицей и влияния обработки на свойства составляющих элементов, их структуру и физические взаимодействия. Каждый из этих факторов может быть изменен для создания структуры/компонента с необходимыми механическими, физическими и тепловыми свойствами. Характеристики направления в композитах С-С могут быть изменены посредством анизотропной архитектуры армирования из углеродного волокна (9—15).

5.3 Углеродно-графитные волокна — это непрерывные филаменты малого диаметра (5—20 мкм), изготовленные из полиакрилонитрильных, пековых и вискозных первичных волокон. Механические и тепловые свойства углеродного волокна в значительной степени зависят от содержания углерода, кристаллической решетки, размера кристаллитов и направления волокон. Эти факторы обусловлены химическим составом первичных волокон и условиями обработки (намотка, карбонизация и графитизация). Углеродные волокна обычно классифицируют как высокопрочные (прочность на растяжение ~ 3—5 ГПа, модуль упругости ~ 200—400 ГПа) или высокомодульные (модуль упругости > 500 ГПа, прочность на растяжение < 3 ГПа). Углеродные волокна часто значительно различаются по своим механическим и тепловым свойствам в осевом направлении по сравнению с радиальным направлением анизотропии кристаллической структуры (8, 9).

5.4 Углеродные волокна обычно объединяют в плотные многофиламентные жгуты, которые могут быть свернуты или уложены в одномерные конструкции, сплетены/уложены/скручены/связаны в двухмерные конструкции или сплетены/уложены/скручены/прошиты в трехмерные конструкции. Каждая из этих волоконных конструкций производится с определенной архитектурой волокон и широким диапазоном состава волокна. В разных волоконных архитектурах могут быть разные показатели анизотропии армирования в зависимости от относительного содержания волокна в каждом ортогональном направлении.

Примечание 1 — Ряд существующих на рынке углеродо-углеродных композитов имеет двухмерную плетеную архитектуру полотна и упаковывается многослойными стопками. Композит С-С уплотняется для получения конечной конструкции с ортотропическими или квазиизотропическими механическими и тепловыми свойствами.

5.5 Углеродную матрицу в композитах С-С обычно изготовляют двумя способами: путем многоступенчатой жидкой инфильтрации/пиролиза или путем инфильтрации паров при химической реакции (1—6). В этих двух процессах формирования матрицы используют разные первичные волокна и разные условия обработки, что обуславливает различия в химическом составе, кристаллизации, структуре и микроструктуре (плотность, пористость и трещины) углеродной матрицы. Путем комбинации двух процессов уплотнения матрицы можно создать гибридную углеродную матрицу.

5.6 В некоторых композитах С-С неорганическое защитное покрытие наносится на внешнюю поверхность композита для защиты от окисления при воздействии высоких температур или от коррозии, либо для повышения износостойкости и прочности материала на истирание. Для таких покрытий обычно используют прочный, непроницаемый керамический материал.

5.7 Взаимодействие этих трех наборов переменных факторов [(1) — тип, свойства и покрытие углеродного волокна; (2) — состав волокна, структура жгута и архитектура; (3) — состав и свойства фазы матрицы, кристаллизация, плотность, структура и пористость] позволяет создавать композиты С-С с широким диапазоном механических и физических свойств, а также специально подобранными анизотропными характеристиками в основных направлениях.

ДБ.5

6.5 В таблице 1 обобщены коды классификации по типу, классу и уровню углерод-углеродных композитов.

Таблица 1 — Коды классификации углерод-углеродных композитов

Порядок	Свойство	Код классификации			
1	Тип — тип волокна	A — углеродное волокно на основе ПАН	P — углеродное волокно на основе пека	R — углеродное волокно на основе вискозы	H — гибрид углеродных волокон
2	Класс — архитектура волокон	1 — плетеный филамент или одномерные пластины одноосных мотков	2 — двухмерные пластины одноосных мотков или плетеные/витые/вязаные слои	3 — трехмерное плетение, жгут или намотка	—
3	Уровень — тип матрицы	S — термореактивная смола	P — термопластичная смола/пек	C — инфильтрация пара химической реакции (ИПХ)	H — гибрид смолы и ИПХ

Приложение ДВ
(справочное)

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

Таблица ДВ.1

Обозначение ссылочного национального, межгосударственного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного стандарта АСТМ
ГОСТ 32794—2014	NEQ	ASTM D3878 «Композитные материалы. Терминология»
Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов: - NEQ — неэквивалентные стандарты.		

Приложение ДГ
(справочное)

Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем стандарта АСТМ

Таблица ДГ.1

Структура настоящего стандарта			Структура стандарта ASTM C1836—16		
Разделы	Подразделы	Пункты	Разделы	Подразделы	Пункты
1	—	—	1	1.1—1.6	—
2	—	—	2	2.1	—
3	—	—	3	3.1	3.1.1—3.1.19
			3	3.2	3.2.1—3.2.12
—			4	4.1—4.3	—
—			5	5.1—5.7	—
4	4.1—4.4	—	6	6.1	—
				6.2	6.2.1—6.2.4
				6.3	6.3.1—6.3.3
				6.4	6.4.1—6.4.4
—				6.5	—
4	4.5—4.7	—		6.6—6.8	—
—			7	7.1	—
Приложения		ДА—ДГ	Приложения		—

Примечания

1 Структура настоящего стандарта изменена относительно примененного стандарта АСТМ для приведения в соответствие с требованиями, установленными в ГОСТ 1.5—2001.

2 Внесены дополнительные приложения ДА—ДГ в соответствии с требованиями, установленными к оформлению национального стандарта, модифицированного по отношению к стандарту АСТМ.

УДК 678.07:006.354 ОКС 01.040.71

Ключевые слова: углеродные композиты, углерод-углеродные композиты, классификация

Редактор *Е.В. Лукьянова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *М.В. Бучная*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 08.08.2018. Подписано в печать 21.08.2018. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,68.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» для комплектования Федерального информационного фонда стандартов, 123001 Москва, Гранатный пер., 4.
www.gostinfo.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru