

УДК 726:2-523.4

Орехова А. Р., Дорофеев Е. П.
89142026711@mail.ru, 3d1@mail.ru
ТОГУ, г. Хабаровск, Россия

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Абстракт. Строительная сфера постоянно развивается, открываются новые места, строятся различные объекты. Композиционные материалы стали неотъемлемой частью данной области. В наше время сложно представить масштабные строительные работы без использования композита. Стойкий, легкий и долговечный, он имеет значительные преимущества по сравнению с натуральными материалами, которые тяжелы и не имеют значительной способности изменять форму. Композит используется не только при строительстве жилых сооружений. Различные архитектурные элементы, такие как арки или купола, часто создаются с использованием композитных материалов. В статье рассмотрены различные типы композиционных материалов и особенности их использования.

Ключевые слова: композиционный материал, стеклопластик, углепластик, боропластик, керамический композит.

1. Композиционные материалы. Композиционные материалы (композиты, КМ) представляют собой искусственно созданные материалы, состоящие из двух или более гетерогенных и нерастворимых компонентов, связанных между собой физико-химическими связями. Одним компонентом композиционных материалов является армирование или нагрузка, обеспечивающая необходимые механические характеристики материала, а другим компонентом является матрица (или связующее вещество), которая обеспечивает совместную работу армирующих элементов. В качестве матрицы используются полимерные, металлические, керамические и углеродные материалы, в зависимости от типа композитного материала, получившего общее название. Отвердители представляют собой стеклянные, бор, углеродные, органические, усы и металлические нити с высокой прочностью и жесткостью. При формировании композиции эффективно используются индивидуальные свойства составляющих элементов композиций [1].

2. Свойства. Свойства композиционных материалов зависят от состава компонентов, количественного соотношения и прочности связи между ними. Комбинируя объемное содержание компонентов, в зависимости от назначения, можно получать материалы с требуемыми значениями сопротивления, теплостойкости, модуля упругости или получать композиции с необходимыми специальными свойствами, например магнитными и т. д.

Композиционные материалы имеют высокую удельную прочность, жесткость, высокую износостойкость и усталостную прочность. Из них могут быть изготовлены стабильные по размерам конструкции. Композиционные материалы являются очень перспективными конструкционными материалами для многих машиностроительных отраслей.

Композиционные материалы классифицируются на основе геометрии наполнителя, его положения в матрице и характера компонентов, расположения наполнителей и структуры. По природе компонентов, композиты делятся на четыре группы: 1) КМ, которые содержат компоненты из сплавов или металлов; 2) КМ, включая компоненты неорганических соединений оксидов, карбидов, нитридов и т.д.; 3) КМ, состоящие из неметаллических элементов, углерода, бора и т.д.; 4) КМ-содержащие компоненты органических соединений (эпоксидные, полиэфирные, фенольные и другие смолы). [1]

Композиты структурно подразделяются на несколько основных классов: волокнистые, слоистые, дисперсионно-твердые, твердо-дисперсионные и нанокompозитные. Волокнистые композиты армированы волокнами или усами. Механические свойства композита могут варьироваться в зависимости от ориентации размера и концентрации волокон. Кроме того, можно использовать армирование волокна для определения анизотропии материала по свойствам. При добавлении проводящих волокон электрическая проводимость может быть придана материалу вдоль заданной оси. В случае слоистых композитов матрица и наполнитель располагаются слоями [1].

3. Полимерные композиционные материалы. Полимерные композиционные материалы – это материалы, в которых полимерный материал служит матрицей. Их применение дает значительный экономический эффект.

Формирование деталей из полимерных композиционных материалов может быть достигнуто как методами, присущими формованию полимерных изделий, так и специальными методами (намотка и т. д.), присущими для этого класса материалов.

Стеклопластики относятся к полимерным композиционным материалам, армированным стеклянными волокнами, отлитыми из расплавленного неорганического стекла. Термореактивные синтетические смолы, а также термопластичные полимеры [4]. Рулонный стеклопластик (рис. 1) [2] используется для покрытия изоляционного слоя труб, расположенных снаружи и внутри помещений, и может использоваться при температуре от – 40 до + 60. Стеклопластиковая плита (рис. 2) [3], благодаря светопропусканию 92%, активно используется для кровли теплиц и изготовления навесов [4].



Рис. 1. Стеклопластик рулонный



Рис. 2 Стеклопластик листовой

Эти материалы обладают достаточно высокой прочностью, низкой теплопроводностью, высокими электроизоляционными свойствами, прозрачностью для радиоволн. Стеклопластики – дешевые материалы из полимерного композиционного материала. Их применение оправдано в серийном и массовом производстве, судостроении, радиоэлектронике, строительстве, в изготовлении оконных рам для стеклопакетов, в автомобильном и железнодорожном транспорте и т. д.

Углепластики (рис. 3) – это композиции из полимерной матрицы и упрочнителей в виде углеродных волокон (карбоволокон). Углеродные волокна получают из синтетических и природных волокон на основе целлюлозы, сополимеров

акрилонитрила и др. В зависимости от режима обработки и исходного сырья полученное углеродное волокно имеет различную структуру. [4]



Рис. 3. Углепластик

Для производства углеродного волокна используются те же массивы, что и для стекловолокна. Основными преимуществами углепластиков по сравнению со стеклопластиками являются их низкая плотность и более высокий модуль упругости. Углепластики очень легкие и прочные материалы. Углеродные волокна и углепластики имеют практически нулевой коэффициент линейного расширения.

Все углепластики хорошо проводят электричество, имеют черный цвет, что несколько ограничивает их диапазон. Они используются в авиации, ракетостроении, машиностроении, космической технике, медицинской технике, протезировании, а также в производстве велосипедов и другого спортивного инвентаря. 3) Боропластик (рис. 4) [4] представляет собой композицию из полимерного связующего и волокон, упрочняющих бор. Для получения борных сеток используются модифицированные эпоксидные и полиамидные связующие. Волокна могут быть в форме мононитей или в форме вспомогательных плетеных пучков стеклянных нитей или в виде полос, в которых борные нити переплетаются с другими нитями. [4]



Рис.4. Боропластик

Благодаря высокой твердости нитей материал обладает высокими механическими свойствами и высокой устойчивостью к агрессивным условиям. Волокна бора имеют высокую прочность на сжатие, сдвиг, твердость, термическую и электрическую проводимость. Однако высокая хрупкость материала усложняет их обработку и накладывает ограничения на форму боропластов.

Боропласты в основном используются в авиационной и космической технике для изготовления деталей, которые подвергаются длительным нагрузкам в агрессивной среде. Стоимость борных волокон очень высока благодаря особенностям их технологии производства [4].

4. Органопластики и текстолиты. Органопластики (рис. 5) [5] представляют собой композиты, состоящие из полимерного связующего и наполнителей. Наполнителями являются синтетические органические волокна, реже натуральные и искусственные в виде кабелей, ниток, тканей, бумаги и т. д. [5].



Рис. 5. Органопластик

В терморезистивных органопластиках обычно используют матрицу эпоксидные, полиэфирные и фенольные смолы, а также полиимиды. Органопласты имеют низкую плотность прочность на разрыв, ударопрочность и относительно высокие динамические нагрузки, но низкую прочность на сжатие и изгиб. Органопластики широко используются в автомобилях, кораблях, машиностроении, авиационной и космической технике, электронике, химическом машиностроении, производстве спортивного инвентаря и др.

Текстолиты [6] – слоистые пластики, армированные различными волокнистыми тканями. Связующие в текстолитах представляют собой широкий спектр терморезистивных и термопластичных полимеров, иногда также используются неорганические связующие на основе силикатов и фосфатов. В качестве наполнителя используются ткани самых разнообразных волокон – хлопок, синтетика, стекло, углерод, асбест, базальт и др. Применение текстолитов разнообразны [5].

5. Композиционные материалы с металлической матрицей. При производстве композитов с металлической матрицей (МКМ) используются алюминий, магний, никель, медь и др. Наполнители представляют собой либо высокопрочные волокна, либо тугоплавкие частицы, которые не растворяются в исходном металле и имеют различную тонкость. Укрепление металлов с помощью волокон, усов и проволоки значительно увеличивает как прочность, так и термостойкость металла. Используются оксидные, боридные, карбидные, нитридные металлические наполнители и углеродные волокна. Керамические и оксидные волокна из-за их хрупкости не допускают пластической деформации материала, что приводит к значительным технологическим трудностям при изготовлении изделий, в то время как использование более пластичных металлических наполнителей позволяет проводить риформинг. Такие композиты получают путем пропитки волокнистых пучков расплавленными металлами, электроосаждения, смешивания металла с порошком, а затем спекания и т. д. Армированные металлы используются в ракетостроении, авиационной технике и т. д. [7].

6. Керамические композиционные материалы. Керамические композиционные материалы (ККМ) [8] - материалы, в которых матрица состоит из керамики, а армирование выполнено из металлических или неметаллических наполнителей. Укрепление керамических материалов волокнами, а также дисперсными металлическими и керамическими частицами позволяет получать высокопрочные композиты [8]. Керметы на основе боридов переходных металлов характеризуются высокой термостойкостью, их используют для изготовления деталей ракетных двигателей. Магнитные, пористые и контактные материалы, широко используемые в промышленности, получают методами порошковой металлургии. Детали для газовых турбин, клапаны для электрических печей и детали для ракетной и реактивной техники изготавливаются из высокотемпературной металлокерамики. Твердые и износостойкие металлокерамики используются для изготовления инст-

рументов и режущих деталей. Кроме того, керметы используются в отдельных технологических областях — это топливные элементы ядерных реакторов на основе оксида урана, фрикционные материалы для тормозных устройств и т. д.

Углеродные керамические композитные материалы перспективны для использования при высоких температурах. «Керамика–керамика» имеет большие перспективы благодаря небольшой разнице модуля упругости матрицы и наполнителя, коэффициентов расширения и возможности работы до +2000 °С. Использование стеклокерамики и карбокерамики в конструкционных и теплозащитных целях является перспективным. Области применения композиционных материалов многочисленны. Помимо авиационно-космической, ракетной и других специальных отраслей техники, они требуются в турбостроении турбины, автомобилестроении, горном деле, металлургии, строительстве и т. д. Область применения этих материалов постоянно расширяется [8].

7. Преимущества, недостатки и применение. Поскольку композиты достаточно эффективны, применение в строительстве довольно распространено из-за ряда преимуществ этих материалов:

1) Изделия очень долговечные, например, некоторые типы композитных материалов. стекло, может конкурировать с металлом по сопротивлению. В то же время они гибки и терпимы к различным воздействиям.

2) Композиты отличаются своей легкостью по сравнению с аналогами. Легкие стекловолоконные балки гораздо лучше подходят для создания полов в больших помещениях, чем металлические. Полученная конструкция не потеряет прочность и качество, но в то же время требует гораздо меньше усилий при монтажных работах, но при этом требует гораздо меньших усилий во время проведения монтажных работ.

3) Материалы обладают высокой устойчивостью к агрессивным средам, поэтому можно создавать не только внутренние конструкции, но и использовать их для наружных работ, воздействия солнечных лучей, осадков и внезапного изменения температуры.

4) Химические реагенты не боятся композиционных материалов, поэтому их можно использовать, например, для строительства складов, где будут храниться химические продукты.

5) Благодаря новым технологиям современные композиты перестали быть опасными для огня, не дают распространяться пламени, практически не задымляют среду и не выделяют опасных токсичных веществ.

Композиты имеют не только преимущества, но и недостатки, которые препятствуют их распространению на строительном рынке. Материалы гигроскопичны, то есть они легко впитывают влагу, что приводит к дальнейшему разрушению. Следовательно, они должны быть дополнительно усилены при производстве влагонепроницаемых защитных устройств. Некоторые композитные материалы имеют низкую ремонтпригодность, что увеличивает стоимость их эксплуатации [9].

Заключение. На основании всего вышеизложенного была составлена схема (табл. 1) для выявления особенностей композитных материалов. На основании таблицы 1 был сделан вывод, что композиционные материалы являются одним из наиболее востребованных материальных ресурсов современного промышленного производства. Особенно широко и эффективно они используются в высокотехнологичных отраслях. Изделия из композиционных материалов отличаются высокой конкурентоспособностью по качеству и сравнительно низкой ценой. Одним

из основных преимуществ композитов является уникальное сочетание деформации, теплопроводности, прочности, ударопрочности, температуры, упругости, электричества, трения и других свойств, которые не присущи традиционным материалам. Тенденции данного направления во многом перекликаются в различных отраслях мировой промышленности, и таким образом положительно сказываются на развитии современного мира.

Таблица 1. Структурирование композиционных материалов

Композиционный материал (КМ)	Армирование	Матрица	Способ применения	Область применения	География применения
Полимерный КМ: а) стеклопластик б) углепластик	а) стеклянные волокна б) углеродные волокна	Термоактивные синтетические смолы	а) изготовление бассейнов, резервуаров, емкостей, контейнеров, цистерн и т.д. б) система внешнего армирования, создание цельных композитных деталей, энергетических реакторов, автомобильных деталей и т.д.	а) строительство, судостроение, радиоэлектроника, производство бытовых предметов, спорт инвентарь б) строительство, авиация, атомная промышленность, машиностроение, судостроение, ветроэнергетика	Европа, Азия и Северная Америка
Органопластики и текстолиты	Синтетические волокна	Эпоксидные, полиэфирные и фенольные смолы	Создание легких обшивок, шумоизоляция и т.д.	Авиация, машиностроение, радиоэлектроника	
КМ с металлической матрицей	Высокопрочные волокна, проволока, нитевидные кристаллы	Легкие и жаропрочные металлы и сплавы	Изготовление крупных деталей машин, контактов для силовой аппаратуры, подшипников, противопожарные экраны самолетов и т.д.	Машиностроение, радиоэлектроника, авиация	
Керамический КМ	Металлические или неметаллические волокна	Порошковая комбинированная матрица	Изготовление тяжелых нагруженных деталей газотурбинных двигателей, теплозащитных материалов, нагревателей промышленных печей, буровых инструментов и т.д.	Авиация, машиностроение, огнеупорная промышленность и космонавтика, металлургия, горно-рудная промышленность	

Библиографические ссылки на источники:

1. Композиционные материалы и их классификация [Электронный ресурс]. URL: <https://proiz-teh.ru/kompozicionnye-materialy.html> (дата обращения 01.10.2019).

2. Стеклопластик рулонный ТУ 6-48-87-92 РСТ-410-420 [Электронный ресурс]. URL: http://www.skimp.ru/goods/80956473stekloplastik_rst_410_420l_rulonny_tu_6_48_87_92_rst_410_420l (дата обращения 01.10.2019).
3. Навесы [Электронный ресурс]. URL: <http://u-tek.ru/stekloshifer/> (дата обращения 01.10.2019).
4. Полимерные композиционные материалы [Электронный ресурс]. URL: <https://proiz-teh.ru/kp-polimer.html> (дата обращения 02.10.2019).
5. Органопластики и текстолиты [Электронный ресурс]. URL: <https://proiz-teh.ru/kp-organoplastiki.html> (дата обращения 03.10.2019).
6. Композиционные материалы с металлической матрицей [Электронный ресурс]. URL: <https://proiz-teh.ru/kp-metal.html> (дата обращения 04.10.2019).
7. Керамические композиционные материалы [Электронный ресурс] URL: <https://proiz-teh.ru/keramicheskie-materialy.html> (дата обращения 04.10.2019).
8. Композитные материалы: виды, применение в строительстве и основные преимущества [Электронный ресурс] URL: <http://stroibloger.com/kompozitsionny-e-materialy-vidy-primenenie-v-stroitel-stve-i-osnovny-e-preimushhestva/> (дата обращения 05.10.2019).
9. Композитные материалы, что это такое? [Электронный ресурс] URL: <https://iv-proect.ru/krysha/kompozitnye-materialy-chto-eto-takoe.html> (дата обращения 5.10.2019).

Orekhova A. R., Dorofeev E. P.

89142026711@mail.ru, 3d1@mail.ru

PNU, Khabarovsk, Russia

COMPOSITE MATERIALS AND THEIR APPLICATION IN CONSTRUCTION

Abstract. The construction sector is constantly developing, new places are opened, various objects are built. Composite materials have become an integral part of this field. Nowadays it is difficult to imagine large-scale construction works without the use of composites. Resistant, lightweight and durable, it has significant advantages over natural materials that are heavy and do not have a significant ability to change shape. Composite uses not only in the construction of residential buildings. It is difficult to imagine a bridge or dam that does not use a carbon fiber slab. Various architectural elements, such as arches or domes, are often constructed using composite materials. This is beneficial for manufacturers, as it allows them to save significantly on structural construction, installation, storage and transportation of materials, as well as on reliability, quality and other performance characteristics of the future building. Following this information, we will consider various types of composite materials and identify their features.

Keywords: composite material, fiberglass, carbon fiber, boro-plastic, ceramic composite