

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВ ИХ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ.

Фролов А.В. – ...

Колузов А.В. – командир первого взвода 4 научной роты ФГАУ «Военный инновационный технополис «ЭРА»

Прокофьев М.А. - оператор 4 научной роты ФГАУ «Военный инновационный технополис «ЭРА».

Аннотация: Представлена классификация разработанных на данный момент композитных материалов. Выявлены преимущества и недостатки определенных типов материалов. Определены перспективы развития композиционных материалов в области гражданской и оборонной промышленности.

Ключевые слова: композит, материал, классификация, перспективы;

Введение

Композитными материалами (КМ) называют материалы, обладающие следующими признаками: в составе имеют не менее двух компонентов, различающихся по своему химическому составу или структуре и разделенных выраженной границей; имеют новые свойства, отличающиеся от свойств составляющих их компонентов, при этом свойства определяются каждым из компонентов; состав, форма и распределение компонентов “запроектированы” заранее.

На основании вышеизложенного, можно сделать вывод, что КМ - это синтетические материалы, произведенные с целью реализации указанных свойств с учетом функционального назначения детали или конструкции. Как правило, материал формируется при изготовлении детали. Один из его компонентов, составляющих сложный массив, называется «матрицей». Другие компоненты, усиливающие или армирующие матрицу, могут быть либо в форме «отсоединенных» частиц, нитей, волокон, пластин, изолированных друг от друга, либо в форме связанной структуры.[1]

Данные материалы в настоящее время широко применяются, как в гражданском, так и в военном производстве, что делает их обзор и классификацию актуальной задачей.

Обзор существующих композитных материалов

Композитные армированные материалы можно классифицировать по следующим признакам:

- материалу компонентов;
- типу арматуры и ее ориентации;
- способу получения композитных изделий из них;
- по назначению.

Рассмотрим подробнее каждый из этих признаков.

В зависимости от материала матрицы все КМ можно разбить на три группы: с металлической матрицей (металлические композиционные материалы МКМ); композиты с полимерной матрицей (полимерные композиционные материалы ПКМ); композиты с керамической матрицей (керамические композиционные материалы ККМ). Стоит отметить, что полимерные КМ обычно называют материалом армирующих волокон. ПКМ, армированные стекловолокном, называются стекловолокном, метало - металлопластиком, органическими - органопластиками и т. д.

Что касается металлических и керамических КМ, то для них нет четко установленных правил именования.

В зависимости от ориентации и типа все МК можно разделить на две группы - изотропные и анизотропные. Изотропные материалы - это те, которые имеют одинаковые свойства во всех направлениях. К их числу относятся дисперсионно-упрочненные и хаотично-армированные материалы. В первом случае, упрочняющие элементы имеют примерно равноосную форму, во втором упрочнения осуществляется дискретными частицами игольчатой формы, хаотично ориентированными в пространстве.

Анизотропными называют материалы, свойства которых зависят от направления. К таким относят материалы, волокна которых ориентированы в определенных направлениях - однонаправленные, слоистые и трехмерно армированные. Анизотропия конструкционных материалов конструкционна: ее специально закладывают в конструкционные материалы для изготовления конструкций, где она наиболее желательна. [2]

В технике обычно используют анизотропные конструкционные материалы с определенной симметрией свойств. При испытании их свойств гетерогенный материал представляется как некоторая идеализированная непрерывная однородная среда со структурной симметрией и свойствами.

К анизотропным относятся материалы со следующими типами укладки волокон:

- Продольно - поперечная укладка, которая показана на рис. 1. В этом случае обычно используются нуль-одномерные и двумерные наполнители. Нулевые и одномерные наполнители размещаются в плоскостях, параллельных друг другу. Одномерные наполнители также встречаются в параллельных плоскостях. Кроме того, в каждой плоскости они размещены параллельно и относительно других плоскостей под разными углами. Двумерные наполнители параллельны друг другу.

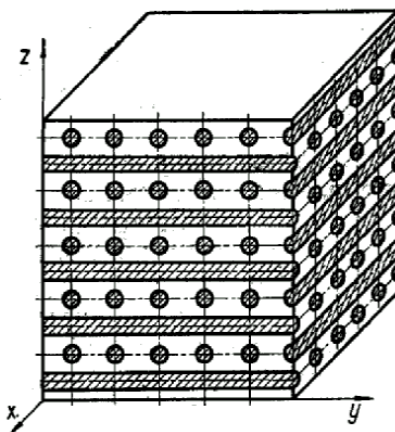


Рисунок 4.1. Схематическое изображение структуры КМ с продольно-поперечной укладкой волокон

- Однонаправленные композиционные материалы (рис. 4.2). В этом типе армирования используются нулевые и одномерные армированные наполнители. Нульмерные располагаются таким образом, что расстояние между ними вдоль одной оси значительно меньше двух других. Одномерные наполнители параллельны друг другу.

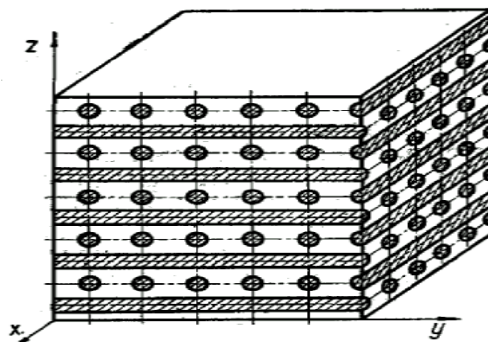


Рисунок 4.2. Схематическое изображение структуры однонаправленного КМ (черные области волокна, белые – матрица)

- Слоистые композиты, армированные в двух неортогональных направлениях под углом или путем укладки волокон в смежных слоях в форме звезды.

Так, например, для повышения прочности связи между одномерными наполнителями и полимерной матрицей вводится специальный наполнитель, такой как, например, частицы карбида кремния. Для этой же цели используется армирование наполнителями одинаковой формы, но разного состава. Таким образом, для увеличения модуля упругости композиционных материалов с полимерной матрицей, армированной стекловолокном, дополнительно вводятся борные волокна.

По способу получения полимерные материалы можно разделить на: литейные; прессованные; намоточные. ПКМ с хаотичной структурой обычно получают литьем и прессованием, а с ориентированной - намоткой и прессованием.

Литейные материалы получают путем пропитки арматуры расплавленным матричным сплавом или путем направленной кристаллизации сплавов специального состава с выходом армирующей фазы армирования непосредственно из расплава. Спекание, горячее прессование, диффузионная сварка, горячая штамповка и ковка молотком, взрывное прессование, электролитическое, химическое распыление и другие аналогичные методы используются для получения деформируемого МКМ. Стоит отметить, что Большинство этих твердофазных методов, кроме динамических, также используются для получения керамических композиционных материалов.

По назначению, рассматриваемые в рамках статьи, композиционные материалы можно разбить на:

- общего структурного назначения (для различных типов опорных конструкций для самолетов, ракет, кораблей, автомобилей, двигателей, сосудов под давлением, товаров народного потребления и т. д.);
- устойчивые к нагреву (для лопаток турбин, камер сгорания и других продуктов, работающих при высоких температурах);
- термостойкие (для изделий, работающих в условиях внезапного теплообмена);
- устойчивых к трению (для производства подшипники, шестерни и др.);
- противоударные (для авиационной брони, укрепления защиты танков и др.);
- с особыми свойствами (электрические, магнитные, ядерные и т. д.).^[3]

Применение композиционных материалов на производстве

В настоящее время наиболее часто используются композиты на основе полимерных матриц. Они полностью исследованы и позволяют использовать довольно простые технологии для производства крупных деталей и конструкций сложной

формы. Среди этой группы стекловолокно занимает первое место по объему использования (около 93%). Такие материалы характеризуются высокой прочностью, в несколько раз большей по сравнению с металлами, устойчивостью к усталостным нагрузкам и растрескиванию, а также коррозионной стойкостью при значительном снижении веса, что позволяет резко сократить затраты на производство, обслуживание и ремонт изделий.

В сочетании с довольно низкой стоимостью эти преимущества предопределили широкое использование стекловолокна в судостроении, строительстве, транспортном машиностроении, электротехнике, приборостроении и других областях технологии производства, например для различных контейнеров и трубопроводов.

Углерод и органопластики наряду со всеми положительными свойствами стекловолокна имеют в полтора раза меньший удельный вес, в 3-4 раза большую жесткость и большую прочность. Но из-за значительно более высокой стоимости они в настоящее время используются главным образом в аэрокосмической, оборонной и автомобильной промышленности. Из-за низкой стоимости углеродных волокон и, в частности, благодаря развитию производства волокон с низким содержанием смолы, использование этих соединений в настоящее время значительно расширяется. То же самое относится и к таким материалам, как углерод-углерод, которые в настоящее время используются только в аэрокосмической технике, где их механическая стойкость используется при высоких температурах в сочетании с малой массой, а также в медицине для создания протезных устройств костной опоры, где повышенная устойчивость, жесткость материала и хорошей биологической совместимости сыграли не последнюю роль. При дальнейшем снижении стоимости их можно будет применять в машиностроении, автомобилестроении, приборостроении и т.д.

В настоящее время используются алюминиевые сплавы на основе металлической матрицы из алюминия, бора или углеродного волокна и эвтектического никелевого сплава. Исследования в области металлических композиционных материалов с точки зрения времени и объема финансирования намного опережают аналогичную работу над полимерными композитами. То же самое относится и к керамическим КМ, хотя их использование в настоящее время очень ограничено, за исключением стеклобетона. При использовании КМ на основе металлов и, особенно, керамики их применение в областях где требуется работа при высоких температурах является перспективным, что в перспективе позволяет значительно повысить рабочие температуры приводных систем и, таким образом, значительно повысить их эффективность.

Перспективы развития композитных материалов

Композитные материалы обладают достаточным потенциалом для использования в качестве защитного материала для брони. По сравнению с классическими техниками и материалами изготовления брони можно выделить следующие основные преимущества композитных защитных элементов:

- высокая выживаемость
- устойчивость к множественным ударам;
- высокие технологические свойства для получения сложных изделий больших размеров;
- меньшая плотность, что значительно повышает эргономические свойства.
- возможность подгонки геометрии к имеющимся конструкциям;

В последнее время все чаще появляются научные статьи ^{[4][5]}, в которых композитный материал считается независимым или в сочетании с другими типами многообещающим элементом брони. Следует отметить, что наиболее перспективным направлением применения противобаллистических средств является их использование для создания

защитных конструкций сложной геометрической формы, в том числе крупных. Такие защитные системы могут быть в перспективе легко установлены и закреплены, например, под обшивкой транспортного средства.

Заключение

Таким образом, проведенный анализ показал, что существует большой потенциал для дальнейшего развития и совершенствования существующих композитных материалов, как в гражданской, так и в оборонной сфере, в частности для повышения баллистической эффективности средств защиты за счет использования в них именно композитных материалов различных структур.

Список литературы

1. Григорян В.А. Материалы и защитные структуры для локального и индивидуального бронирования / В.А. Григорян, И.Ф. Кобылкин, В.М. Маринин, Е.Н. Чистяков. – М.: РадиоСофт, 2008. – 406 с.
2. Benzait, Z., & Trabzon, L. (2018). A review of recent research on materials used in polymer–matrix composites for body armor application. // *Journal of Composite Materials*. 2018.
3. Краев И.Д., Шульдешов Е.М., Платонов М.М., Юрков Г.Ю. Обзор композиционных материалов, сочетающих звукозащитные и радиозащитные свойства // *Авиационные материалы и технологии*. 2016. №4(45). С. 60-67.
4. Комаров Г.А. Состояние, перспективы и проблемы применения ПКМ в технике // *Полимерные материалы*. 2009. № 2. С. 5-9.
5. Келина И.Ю. Ударопрочная керамика на основе карбида кремния / И.Ю. Келина, В.В. Ленский, Н.А. Голубева и др. // *Огнеупоры и техническая керамика*, 2010. - № 1-2. – С. 17– 24.