

УДК 67.02

## ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И МОДИФИКАЦИИ УГЛЕВОЛОКНА И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ЕГО ОСНОВЕ

**Злобина И.В., Бекренев Н.В.***Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина, Саратов,  
e-mail: irinka\_7@mail.ru*

В статье описаны особенности строения углеволокна, в том числе в качестве армирующего компонента в композиционных материалах, указаны области их применения, среди которых можно выделить аэрокосмическую отрасль, машиностроение, электротехнику. Так же обоснована необходимость дальнейшей работы в направлении поиска возможностей улучшения структурных, физико-механических, химических свойств углеволокна и материалов на его основе посредством различных видов модифицирующего воздействия, способствующих изменению структуры материала за счет перестроения химических связей, обусловленных достижением высокой степени вибрации частиц, в результате чего некоторые существующие связи будут упрочняться, а другие – могут быть разорваны. Освободившиеся атомы, в соответствии с валентностью будут формировать новые связи и, как следствие, приводить к изменению структуры материала.

**Ключевые слова:** углеволокно, композиционные материалы, модифицирующее воздействие.

## USE AND MODIFICATION CARBON AND COMPOSITE MATERIALS ON ITS BASIS

**Zlobina I.V., Bekrenev N.V.***Yuri Gagarin Saratov State Technical University, Saratov, e-mail: irinka\_7@mail.ru*

The article describes the features of the structure of carbon fiber, including as a reinforcing component in composite materials, given their applications, among which are the aerospace industry, mechanical engineering, electrical engineering. Also, the necessity of further work towards the search for opportunities to improve the structural, physical, mechanical and chemical properties of carbon fiber materials on its basis by the various kinds of the modifying effects of contributing to a change in the structure of the material at the expense of rebuilding the chemical bonds due to a high degree of vibration of the particles, resulting in which some existing connections will harden, and others – can be broken. Freed atoms, in accordance with the valence will form new relationships and, consequently, lead to a change in the structure of the material.

**Keywords:** carbon fiber, composite materials, modifying effect.

Современные композиционные материалы представляют собой результат развития материаловедения в направлении создания гетерогенных материалов, основанный на реализации сочетания уникальности свойств компонентов, в том числе и синергетического эффекта, с использованием специальных методов получения и обработки.

Создание современных композиционных материалов является примером определяющего влияния разработки новых технологий.

Уникальные свойства современных углепластиков и углерод-углеродных композитов в значительной мере достигнуты благодаря разработке методов получения высокопрочных и высокомодульных углеродных волокон [1].

В условиях работы конструкционных энергонапряженных материалов, близких к исчерпанию возможностей дальнейшего повышения свойств, применяемых традиционных сплавов, создание композитов является решением проблемы достижения комплекса уникальных свойств, в частно-

сти сочетания высокой прочности и малой плотности, то есть высокой удельной прочности [1].

В зависимости от состава, технологии получения и свойств композиционные материалы на основе углеволокна (УВ) можно разделить на несколько групп.

Уникальные характеристики упругости и прочности композитов определяют их все более широкое применение в качестве конструкционных материалов в различных областях современной техники. Дисперсные композиционные материалы (ДКМ) с равномерно распределенными дисперсными частицами армирующей фазы характеризуются упругими и прочностными свойствами, которые согласно теории дисперсного упрочнения определяются размером частиц, расстоянием между ними, объемной долей частиц, прочностью частиц, совершенством границы раздела частица – матрица, удельной энергией поверхности раздела, энергией дефектов упаковки, образующихся при расщеплении дислокаций и другими факторами [2].

Преимущество композитов с волокнистой структурой упрочнителя (ВКМ) состоит в высокой прочности в заданном направлении ориентации волокон, которая требуется по конструктивным соображениям. Это обеспечивает возможность максимально эффективного использования прочности волокон. При этом недостатком является обычно отсутствие эффекта упрочнения композита в перпендикулярном направлении.

Упругие свойства ВКМ рассчитываются согласно принципу аддитивности при условии неразрывности упругой деформации на границе раздела волокна и матрицы.

Одной из главных сфер применения УВ является авиакосмическая промышленность, в которой требуются материалы с высокой удельной прочностью и жесткостью. Примерно 25% массы искусственных спутников приходится на элементы, изготовленные из углепластиков – решетки солнечных батарей, антенны, системы трубопроводов и конструкции для крепления антенн. Замена алюминия на углепластик позволила снизить массу 1 м<sup>2</sup> солнечной батареи с 5 до 1,3 кг.

Развитие ракетостроения и освоение космоса стимулировало создание новых материалов, способных кратковременно противостоять высоким температурам [2,3].

Носовые конуса ракет и космические корабли при прохождении плотных слоев атмосферы подвергаются сильному аэродинамическому разогреву. Граничный газовый слой, с которым соприкасается движущаяся ракета или космический корабль имеет температуру порядка 5000 – 6500°С.

Ни один из известных в природе на сегодняшний день материалов не может длительное время противостоять действию столь высоких температур и большим скоростям газовых потоков при прохождении ракет в слоях атмосферы.

Теплозащитные свойства композиционных материалов увеличиваются по мере возрастания плотности пластика при расположении волокна в пластике параллельно потоку газа и уменьшении содержания смолы в пластике.

К недостаткам УВ и, особенно графитизированных, относится их высокая теплопроводность. Поэтому в состав углепластиков помимо УВ входят и другие жаростойкие волокна с меньшей теплопроводностью, такие как SiC волокно и др.

На первых этапах применения УВ большое внимание уделялось конструированию изделий из углепластиков, в которых используется высокая удельная жесткость, высокие усталостные характеристики и высокий коэффициент затухания механических колебаний этих материалов. По совокупности этих характеристик углепластики превосходят все применяемые материалы [2].

Из углепластиков изготавливают некоторые детали текстильных станков, что позволяет повысить срок их службы с полугода до трех лет при увеличении скорости работы станка на 10%.

Другой областью применения углепластиков являются бумагоделательные и копировальные машины, а также машины для упаковки сигарет.

УВ применяются в качестве армирующего наполнителя в пластиковых втулках и подшипниках, в которых УВ используются для уменьшения ползучести и изнашиваемости материала.

Применение углепластиков в неподвижных конструкциях и деталях оказывается рентабельным, если требуется сочетание высокой жесткости, очень малого коэффициента теплового расширения и высокой коррозионной стойкости.

Углепластики используются для изготовления станин прецизионных станков и деталей приборов: рам для телескопов, кронштейнов, микрометров.

Другими примерами могут служить опоры линий электропередач, опоры для антенн, полые столбы телефонной связи, стрелы башенных кранов.

Применение УВ в химически- и коррозионностойких деталях и конструкциях связано с тем, что они обладают очень высокой стойкостью к действию концентрированных горячих водных растворов кислот и щелочей. Однако все же химическая и коррозионная стойкость композитов определяется связующими. Так, композит на основе УВ и полифениленсульфида применяются для изготовления клапанов коррозионностойких трубопроводов для кислот и щелочей с рабочими температурами от -40 до +150°С, эксплуатируемых под давлением 1,4 МПа. Антикоррозионные свойства емкостей для хранения химикатов улучшаются при покрытии их полимерами с большим содержанием УВ в качестве наполнителей [2,3].

УВ является почти столь же хорошим проводником электрического тока, как и используемый для получения электродов графит. Так, проводник из нескольких углеродных нитей эквивалентен по своим характеристикам многожильному электрическому проводу. В виде ваты или ткани УВ помимо электропроводности имеют еще целый ряд преимуществ: устойчивость к химическим реагентам, большая износостойкость, высокие электрохимические характеристики и независимость проводимости от температуры.

Благодаря высокой электропроводности УВ и, особенно графитизированные, применяются для разнообразных целей: из углеродных тканей изготавливают нагревательные элементы, в частности, для обогреваемой одежды, одеял, грелок, малых по размеру элементов, для обогрева помещений.

УВ применяют для изготовления нагревателей, используемых как при пониженных температурах в космических кораблях, так и в печах, работающих при высоких температурах.

Они используются также как наполнитель конструкционных пластиков для экранирования от электромагнитных помех.

Преимущество УВ состоит в том, что для достижения необходимой электропроводности волокнистого наполнителя требуется в 100 раз меньше, чем мелкодисперсной сажи. Кроме того, пластики с наполнителем из УВ могут служить для снятия электростатического заряда.

УВ применяют также для изготовления электродов. Такие электроды применяются для катодного восстановления металлов из использованных растворов электролитов, для очистки сточных вод в горнорудной промышленности и при производстве гальванопокрытий [2].

Сочетание высокой электропроводности и малой скорости изнашивания УВ используется в щетках электромоторов. Щетки изготавливают как целиком из волокнистого материала, так и в виде армированных металлов (меди или серебра). Для увеличения проводимости УВ наполняют тонкодисперсным металлическим порошком, в этом случае проводимость материала лишь незначительно уступает проводимости чистой меди.

Волокна с развитой удельной поверхностью могут служить активными сорбентами, обладающими очень высокой адсорби-

рующей способностью, которая даже выше, чем у активированного угля. Они используются для поглощения разнообразных веществ, включая радиоактивные. Такие волокна используют в аэрозольных фильтрах для удаления токсичных или загрязняющих воздух веществ. При сжигании фильтров из углеродных материалов после их использования остается небольшое количество золы, что особенно важно при очистке среды от радиоактивных загрязнений, в этом их преимущество перед фильтрами из стеклянного волокна.

Высокая термостойкость позволяет применять УВ для изготовления теплозащитных средств: ткани из УВ представляют собой прекрасные тепловые экраны [2,3].

Перечисленные характеристики УВ и области его применения обуславливают актуальность дальнейших исследований в данном направлении с целью варьирования физико-механических и электрофизических свойств, что осуществимо посредством изменения установленных режимов термообработки или дополнительного модифицирующего воздействия с помощью ультразвука, СВЧ электромагнитного поля и др. С помощью данных методов обработки существует возможность корректировать широкий спектр свойств – в частности, прочностные и электрофизические характеристики, что позволит еще больше расширить возможности применения композиционных материалов.

Высокая вероятность положительного влияния перечисленных методов модификации может быть обусловлена, на наш взгляд, изменением организации химических связей как в самом УВ, так и в связующем или полимере, для которого УВ является армирующим материалом, что произойдет благодаря воздействию волн, вызывающих колебания на высоких частотах. В ходе данного процесса некоторые существующие связи будут упрочняться, а другие – могут быть разорваны. Освободившиеся атомы, в соответствии с валентностью будут формировать новые связи. Соответственно описанные процессы будут оказывать непосредственное влияние на изменение свойств вследствие изменения материала на структурном уровне.

Благодаря реализации описанного эффекта, интенсивность которого зависит от выбранного метода обработки, комбинированного воздействия различных методов, подобранных параметров, использования

химических реагентов или различных рабочих сред, возможно добиться значительного увеличения численных характеристик структурных, физико-механических, химических свойств материалов.

В связи с выше изложенным, проведение научных изысканий по указанной тематике представляется целесообразным и актуальным.

### Список литературы

1. Шульга А.В. Композиты. Ч. 1. Основы материаловедения композиционных материалов. – М.: НИЯУ МИФИ, 2013. – 96 с.
2. Каданцева А.И. Углеродные волокна: учеб. пособие / А.И. Каданцева, В.А. Тверской. – М.: МИТХТ им. М.В. Ломоносова, 2008. – 55 с.
3. Структура, свойства и технология получения углеродных волокон: сб. науч. ст. / авт.-сост., пер. С.А. Подкопаев. – Челябинск: Челяб. гос. ун-т, 2006. – 217 с.