

УДК 629.12

*Елисеева О.В., старший преподаватель  
кафедры «Кораблестроение»  
ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный  
университет имени М.В. Ломоносова»  
Россия, г. Северодвинск*

*Романова Э.В., старший преподаватель  
кафедры «Проектирование  
подъёмно-транспортного  
и технологического оборудования»  
ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный  
университет имени М.В. Ломоносова»  
Россия, г. Северодвинск*

## **КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В СУДОСТРОЕНИИ**

*Аннотация:* В статье рассмотрены основные виды композитных материалов, конкурентные преимущества композитов и их недостатки. Также проанализирован один из способов создания изделия из композитного материала (процесс вакуумной инфузии).

*Ключевые слова:* полимерные композиционные материалы, судостроение, альтернативный материал, матрица, корпус, инфузия, стеклопластик.

## **COMPOSITE MATERIALS IN SHIPBUILDING**

*Abstract:* The article considers the main types of composite materials, the competitive advantages of composites and their disadvantages. One of the ways to

*create a product from a composite material is also analyzed (vacuum infusion process).*

**Key words:** *Polymer composite materials, shipbuilding, alternative material, matrix, hull, infusion, fiberglass.*

Наступил новый этап в судостроительстве с заменой обычных материалов на композитные.

Как и в других инженерных областях, основная борьба морской архитектуры заключается в том, чтобы достичь структуры как можно более легкой настолько это возможно. Для этого в тяжелых металлических плавучих конструкциях морские архитекторы используют более легкие материалы, в основном композиты на полимерной основе, для строительства некоторых конструктивных элементов, таких как переборка, палуба, мачта, гребной винт и т.д. [1].

В основном, в судостроительной промышленности для создания композитов применяют три элемента: наполнители, смолы, волокнистые материалы. В данной статье рассмотрим композиты и один из способов создания изделия из композитного материала.

Композиционные материалы обладают комплексом свойств и особенностей, отличающихся от традиционных конструкционных материалов, в частности предоставляют широкие возможности, как для совершенствования существующих конструкций самого разнообразного назначения, так и для разработки новых конструкций [2].

Композиты представляются собой комбинацию волокон и смолы в определенных пропорциях. Смола придает изделию конечную форму, а волокна играют роль армирования, упрочняя композитную деталь. Соотношение смола-волокно меняется в зависимости от требований по прочности и жесткости, предъявляемых к изделию. И если первичные нагруженные структуры требуют большего содержания волокна по сравнению

со смолой, для вторичных структур необходима смола, наполненная лишь четвертой частью волокон. Это относится ко всем областям, и соотношение смола-волокно определяется методом производства.

Полимерные композиты - самый большой класс композитов. Матрицей полимерных композитов являются термопласты, сохраняющие свои свойства при многократном нагревании и охлаждении, и терморезистивные смолы, принимающие при нагреве определенную структуру необратимым образом. Условно полимерные композиты можно разделить на несколько групп:

- Стеклопластики, содержащие до 80% волокон из силикатного стекла. Отличаются оптической и радио проницаемостью, низкой теплопроводностью, высокой прочностью, хорошими электроизолирующими свойствами, невысокой стоимостью.

- Углепластики с искусственными или природными углеродными волокнами на основе целлюлозы, производных нефти или угля. Углепластики легче и прочнее стеклопластиков, не прозрачны, не изменяют линейные размеры при изменениях температуры, хорошо проводят ток. Способны выдерживать высокие температуры даже в агрессивной среде.

- Боропластики с борными волокнами, нитями и жгутами. Очень твердые и изнаноустойчивые, не боятся агрессивных веществ. Не выдерживают эксплуатацию при высоких температурах.

Металлокомпозиты изготавливают на основе многих цветных металлов, например, меди, алюминия, никеля. Для наполнения берутся волокна, устойчивые к высоким температурам, не растворяющиеся в основе. Чаще всего используются металлические волокна или монокристаллы из оксидов, нитридов, керамики, карбидов, боридов. Благодаря этому получают композиты, гораздо более огнестойкие, прочные и изнаноустойчивые, чем исходный чистый металл.

Керамические композиты изготавливают методом спекания под давлением исходной керамической массы с добавлением волокон или частиц.

В качестве наполнителей чаще всего применяются металлические волокна — получают керметы. Они отличаются устойчивостью к тепловому удару, высокой теплопроводностью.

Керметы используются для производства износостойчивых и термостойких деталей, например, газовых турбин, электропечей. Также они востребованы для изготовления режущего инструмента, деталей тормозных систем, тепловыделяющих стержней для атомных реакторов.

Выбор композитных материалов для строительства корпусов и надстроек надводных кораблей из ПКМ обусловлен прежде всего строгими требованиями к их массе, прочности и негорючести. Тяжелая стальная надстройка оказывает значительное влияние на устойчивость корабля. Композитный материал легче, что позволяет разместить на корабле больше оборудования и вооружения, он не горит, а только тлеет, не выделяя вредных газов. Так же плюс композитных материалов в том, что они долговечны и у них отсутствует электрохимическая коррозия. Это гораздо выгоднее, чем применение металла. Надстройка корабля, изготовленная из композитных материалов с заданными свойствами, имеет значительно меньшую радиолокационную заметность, чем металлическая, что очень важно в современных условиях. «Композиты на основе армированных волокнами полимеров (FRP) имеют значительное применение в судостроении и судостроении в более широком диапазоне в течение десятилетий благодаря тому, что они являются оптимальным выбором с точки зрения долговечности, обрабатываемости и стоимости. Эти материалы обладают лучшей устойчивостью как к коррозии материалов, так и к воздействию морской среды, таким как ультрафиолетовое излучение, морская вода, организм и усталостные нагрузки, дополнительно обладая преимуществами соотношения прочности к весу (удельная прочность на растяжение) по сравнению с обычными материалами. Для реализации поведения этих широко используемых материалов при воздействии окружающей среды в течение

определенного периода (старения) возникла необходимость экономически эффективного строительства морских сооружений, а также оценки жизненного цикла этих сооружений» [3].

Несмотря на то, что композитные материалы имеют множество положительных сторон, у них есть и масса крупных недостатков, которые сдерживают их распространение. Из существенных недостатков можно выделить высокую стоимость производства, анизотропию свойств (непостоянство свойств композитных материалов от образца к образцу), низкую ударную вязкость (обуславливает высокую повреждаемость изделий из композитных материалов), высокий удельный объем, гигроскопичность, выделение токсичных паров при эксплуатации. Композиционные материалы обладают низкой эксплуатационной технологичностью, низкой ремонтпригодностью и высокой стоимостью эксплуатации. Часто объекты из композиционных материалов вообще не подлежат какой-либо доработке и ремонту.

Одним из способов создания изделия из композитного материала является процесс вакуумной инфузии. Применяемый способ производства помогает достичь снижения количества смолы, что ведет к относительно более высокому содержанию волокнистых материалов. Для достижения лучших механических свойств типовое содержание смол в композитном материале составляет 30-35% по весу.

По-прежнему, для повышения прочности, процесс вакуумной инфузии может быть объединен с использованием пенных наполнителей для получения лучшего качества ламината. Это значительно повышает прочность за счет незначительного увеличения веса. Наполнители позволяют изготавливать более крупные панели, с меньшей внутренней жесткостью и более четкой внутренней структурой. Они также лучше поглощают ударные нагрузки, вызывающие повреждения.

Полученные результаты показывают, что вакуумное давление, реализуемое при изготовлении композитов, оказывает влияние на механические свойства[4]. В результате используется меньше волокнистых материалов, меньше смол, что обеспечивает меньший вес при тех же прочностных характеристиках. Снижение веса композитного материала влияет на скорость и эффективность эксплуатации судна, построенного из него. Суда могут развивать большую скорость или перевозить больше грузов при такой же мощности пропульсивной установки и потреблении топлива.

Высокая коррозионная стойкость, способность к восприятию ударных нагрузок, отличное качество поверхности, красивый внешний вид обусловили широкое применение композиционных материалов практически во всех отраслях промышленности, в том числе и в судостроении. Можно сделать вывод, что композит – это материал будущего.

#### **Использованные источники:**

1. Nachtane, M., Tarfaoui, M., Saifaoui, D., El Moumen, A., Hassoon, O.H., & Benyahia, H. (2018). Evaluation of durability of composite materials applied to renewable marine energy: Case of ducted tidal turbine. *Energy Reports*, 4, 31–40. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2018.01.002>
2. Strungar, E.M., Feklistova, E.V., Babushkin, A.V., & Lobanov, D.S. (2019). Experimental studies of 3D woven composites interweaving types effect on the mechanical properties of a polymer composite material. *Procedia Structural Integrity*, 17, 965–970. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2019.08.128>
3. Neşer, G. (2017). Polymer based composites in marine use: History and future trends. *Procedia Engineering*, 194, 19–24. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.111>
4. Kim, D. (Dae-W., Hennigan, D.J., & Beavers, K.D. (2010). Effect of fabrication processes on mechanical properties of glass fiber reinforced polymer composites for 49 meter (160 foot) recreational yachts. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, 2(1), 45–56. <https://doi.org/10.2478/ijnaoe-2013-0019>