

УДК 656.61.052; 629.123

Москаленко Михаил Анатольевич, д.т.н., профессор,
Морской государственной университет
имени адмирала Г.И. Невельского,
Владивосток
Moskalenko Mikhail Anatolievich,
Maritime State University named
after admiral G.I. Nevelskoy

Черняхович Станислав Евгеньевич, аспирант,
Морской государственной университет
имени адмирала Г.И. Невельского,
Владивосток
Chernyakhovich Stanislav Evgenievich,
Maritime State University named
after admiral G.I. Nevelskoy

Тузюк Илья Витальевич, аспирант,
Морской государственной университет
имени адмирала Г.И. Невельского,
Владивосток
Tuzyuk Ilya Vitalievich,
Maritime State University named
after admiral G.I. Nevelskoy

**МЕТОДЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ
СУДОВ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
METHODS OF MANUFACTURING SHIP HULL STRUCTURES
FROM POLYMER COMPOSITE MATERIALS**

Аннотация: Авторами рассматриваются применяемые в судостроении основные методы изготовления корпусных конструкций судов из полимерных композиционных материалов (ПКМ) в соответствии с требованиями классификационного общества.

Abstract: The authors consider the basic methods of manufacturing hull structures of ships from polymer composite materials (PCM) used in shipbuilding in accordance with the requirements of the classification society.

Ключевые слова: полимерные композиционные материалы, методы изготовления корпусных конструкций, контактное формование, вакуумная инфузия, напыление

Keywords: polymer composite materials, methods of manufacturing hull structures, contact molding, vacuum infusion, spraying

Введение

В 21 веке динамично развивается в различных отраслях промышленности применение современных композиционных материалов. Комбинируя компоненты можно получать композиты с заданными свойствами: повышенной прочностью, легкостью, гибкостью, химостойкостью. Особую популярность приобрели полимерные композиционные материалы (ПКМ) на основе смол и армирующих волокон в судостроении. Рассмотрим применение ПКМ при изготовлении корпусных конструкций судов.



Строительство судов из ПКМ регулируется требованиями правил национальных классификационных обществ, в Российской Федерации – Правилами классификации и постройки морских судов, часть XVI «Конструкция и прочность судов из полимерных композиционных материалов» (Правила) Российского морского регистра судоходства [1].

Материалы и методы

Правила определяют требования к компонентам из которых состоит ПКМ, методам изготовления, конструкции и прочности судов.

Для изготовления корпусных конструкций судов применяется ПКМ на основе отвержденного связующего, образующего полимерную матрицу и армирующего материала для однослойных и с применением заполнителей для сэндвичевых конструкций [2]. В основном при постройке композитных судов применяют стеклопластик – ПКМ на основе полиэфирных и винилэфирных смол и стекловолоконного армирующего материала.

Для изготовления корпусных конструкций Правила допускают несколько методов. Остановимся на наиболее часто применяемых в судостроении методах контактного и вакуумного формования, напыления [3].

Метод контактного формования заключается в послойном нанесении армирующего стекломатериала в формообразующую оснастку с пропиткой каждого слоя связующим. Каждый слой прокатывается валиками для удаления избыточного количества связующего и воздуха (рисунок 1). Метод помогает снизить затраты на процесс производства, так как не требует квалифицированной рабочей силы и дорогостоящего оборудования. К недостаткам метода можно отнести вредные условия труда и качество, значительно зависящее от исполнителей.



Рис.1 При контактном формовании каждый слой прокатывается валиками

Метод вакуумной инфузии [4] применяется для изготовления изделий из стеклопластика с использованием вакуумной пленки, специальной оснастки и оборудования для создания разряжения на поверхности формообразующей оснастки для всасывания связующего и пропитки предварительно выложенных армирующих стекломатериалов (рисунок 2). Метод дает оптимальное соотношение армирующего материала и связующего,



что повышает прочность изготавливаемой конструкции, оказывает минимальное вредное воздействие в производственных помещениях. Основными относительными недостатками метода являются необходимость в квалифицированных специалистах и дополнительные затраты на оснастку и оборудование.



Рис.2 Формовка корпуса методом вакуумной инфузии

Метод напыления применяется для изготовления неотчетственных корпусных конструкций [5]. Метод состоит в нанесении на формообразующую оснастку рубленных нитей стекломатериала одновременно с нанесением связующего при помощи специального оборудования (рисунок 3). Стекломатериал наносится слоями оператором, каждый нанесенный слой для уплотнения прокатывается валиками вручную. В отличие от методов вакуумного и контактного формования не требуется раскрой армирующего материала, вследствие чего снижается трудоемкость и количество отходов, возрастает скорость формовки. К минусам метода относится в первую очередь недостаточная прочность изготавливаемых конструкций для применения там, где требуется прочность и жесткость, высокий расход связующего приводящий к избыточному весу конструкций, вредные условия труда.





Рис. 3 Метод напыления рубленых нитей стекловолокна в формообразующую оснастку при помощи специального оборудования

Выводы

В судостроении в качестве ПКМ в основном применяется стеклопластик. Методы изготовления корпусных конструкций судов из стеклопластика, в том числе корпусов и надстроек, подробно регламентируются требованиями Правил. Правила рекомендуют преимущественное применение вакуумного метода формовки. Метод контактного формования должен применяться в местах недоступных для использования метода инфузии, например, для соединения элементов конструкции в узловых точках. Метод напыления допускается к применению только для корпусных конструкций прочность и жесткость которых не лимитируется расчетами прочности.

Список литературы:

1. Правила классификации и постройки морских судов, часть XVI «Конструкция и прочность судов из полимерных композиционных материалов». – Санкт-Петербург: Российский морской регистр судоходства, 2025. – 168 с. – Текст: непосредственный.
2. Материалы. – Текст: электронный // Группа компаний Композит: [сайт]. – URL: <https://composite.ru/materialy/> (дата обращения: 28.01.2025).
3. Кулик, В. И. Технология композитов на основе термореактивных полимерных связующих: учебное пособие / В. И. Кулик, А. С. Нилов. – Санкт-Петербург: Балтийский государственный технический университет, 2019. – 136 с. – Текст: непосредственный.
4. Методы инфузии для изготовления полимерных композиционных материалов (обзор). Часть 2 / А. В. Хрульков, К. И. Донецкий, М. Н. Усачева, А. Н. Горянский. – Текст: непосредственный // Научно-технический журнал "ТРУДЫ ВИАМ". – 2022. – № 7. – С. 50-62.
5. Fiberglass Chopped Strands Spray Lay-up Process. – Текст: электронный // Chongqing Dujiang Composites Co., Ltd.: [сайт]. – URL: <https://www.cqfiberglass.com/fiberglass-chopped-strands-spray-lay-up-process/> (дата обращения: 28.01.2025).

