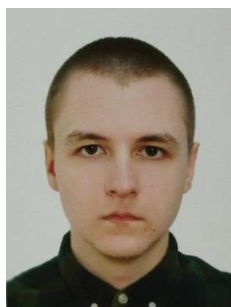


ИЗМЕНЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОЛУЧАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ЗАГОТОВОК ИЗ СТЕКЛОПЛАСТИКА ДЛЯ СУДОСТРОЕНИЯ



С. А. Сухенко, студент
E-mail: sukhienko.005@gmail.com
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

Д. А. Романюта, главный конструктор КБ НИЦС,
аспирант кафедры судостроения,
судоремонта и морской техники
E-mail: dmitrij.romanyuta@klgtu.ru
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

А. Г. Кисель, канд. техн. наук, доцент
E-mail: anton.kisel@klgtu.ru
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

Стеклопластик широко применяется в строительстве малых судов благодаря своим уникальным свойствам. Он состоит из армирующих волокон стекла, которые пропитаны полиэфирной или эпоксидной смолой и отверждены. Этот материал обладает высокой прочностью, легкостью и устойчивостью к коррозии, что делает его идеальным для использования в судостроении.

Целью исследований являлось определение закономерностей изменения шероховатости получаемой поверхности при фрезеровании стеклопластиковых заготовок с различными режимами.

В результате проведенных исследований установлен характер зависимости шероховатости получаемой поверхности от режимов фрезерования. Установлено, что для получения наиболее стабильного значения шероховатости необходимо назначать высокую скорость резания и низкую подачу.

Ключевые слова: *стеклопластик, фрезерование, шероховатость, судостроение, режимы обработки.*

ВВЕДЕНИЕ

Стекловолокно придает стеклопластику жесткость, прочность и стабильность формы, а полиэфирная смола служит связующим элементом, который позволяет формировать различные конструкции и детали. Стеклопластиковые компоненты могут быть произведены путем ручного ламинирования или с использованием автоматических машин. В результате получается легкое, но достаточно прочное изделие, которое может быть легко модифицировано и приспособлено под конкретные нужды [1].

Основными преимуществами стеклопластика являются его низкая плотность, высокая удельная прочность, устойчивость к влаге и химическим веществам, относительно небольшая стоимость, а также простота обработки и ремонта. Это делает его предпочтительным материалом для строительства корпусов лодок, катеров, яхт и других малых судов. Кроме

того, стеклопластик обладает хорошей теплоизоляцией, что помогает снизить энергопотребление судна и повысить комфорт пассажиров [2, 3].

Применение стеклопластика в конструкции маломерных судов включает создание различных элементов, таких как корпуса, палубы, надстройки, крыши рубки, детали интерьера и экстерьера. Благодаря своей гибкости и универсальности, особенностям технологии изготовления, этот материал позволяет создавать сложные и функциональные конструкции, которые соответствуют высоким стандартам качества и безопасности [4, 5].

При изготовлении корпусных деталей применяется, помимо других видов обработки, фрезерование. При этом важно получение качественной поверхности, так как это может влиять на прочностные характеристики изделия. Одним из основных показателей качества получаемых деталей является шероховатость поверхностей.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования является фрезерная обработка стеклопластиков, применяемых в судостроении при изготовлении корпусов судов.

Предмет исследования – зависимость шероховатости получаемой поверхности от режимов фрезерования.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель исследований – определение закономерностей изменения шероховатости получаемой поверхности при фрезеровании стеклопластиковых заготовок с различными режимами.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- выполнить фрезерную обработку заготовок из стеклопластика на основе различных режимов;
- определить шероховатость получаемых поверхностей;
- построить и оценить графики зависимостей шероховатости получаемой поверхности от режимов фрезерования.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Все образцы изготавливались из стеклопластиковой плиты средней толщиной 5 мм. В качестве армирующего материала использовалась ровинговая стеклоткань полотняного переплетения ТР-0,3. Направление укладки – параллельное. В качестве связующего материала взята эпоксидная смола «Этал-247» с отвердителем «Этал-45М». Количество уложенных слоев стеклоткани – 16 шт. Стеклопластиковая плита изготавливалась методом ручного (контактного) формования.

Испытания по фрезерной обработке проводились на станке модели СФ 676, технические характеристики которого представлены в таблице 1. При испытаниях применялись следующие режимы резания: скорость резания (V) принималась равной 40, 140 и 200 м/мин, подача (S) – 0,044, 0,017 и 0,001 мм/зуб фрезы. Материал режущих лезвий фрезы – твердый сплав ВК8.

Таблица 1 – Технические характеристики станка модели СФ 676

Класс точности	П
Длина рабочей поверхности стола, мм	630
Ширина стола, мм	260
Перемещение стола X, Y, Z, мм	450×300×380
Min частота вращения шпинделя, об/мин	50
Max частота вращения шпинделя, об/мин	2040
Мощность, кВт	3
Масса, кг	1050
Размеры (Д×Ш×В), мм	1200×1240×1780

После выполнения фрезерования шероховатость полученных поверхностей оценивалась на поверенном профилометре модели 296 производства завода «Калибр». Оценка шероховатости производилась в различных точках поверхностей. Для каждого режима производилось 10 измерений, по которым рассчитывалось среднее арифметическое значение шероховатости по R_a , мкм.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Внешний вид полученных поверхностей представлен на рисунках 1–3.



Рисунок 1 – Фото образца после эксперимента № 1 ($V = 42$ м/мин, $S = 0,044$ мм/зуб)



Рисунок 2 – Фото образца после эксперимента № 2 ($V = 140$ м/мин, $S = 0,017$ мм/зуб)



Рисунок 3 – Фото образца после эксперимента № 3 ($V = 200$ м/мин, $S = 0,001$ мм/зуб)

Результаты экспериментальных исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты экспериментальных исследований

№ эксперимента	V , м/мин	S , мм/зуб	$R_{a_{cp}}$, мкм
1	40	0,044	3,130
2	140	0,017	7,588
3	200	0,001	5,015

По полученным результатам также были построены графики зависимостей шероховатости от скорости резания (рисунок 4) и величины подачи (рисунок 5). На графиках точки,

соответствующие одному и тому же параметру режима резания (подаче или скорости резания), показывают измеренные значения шероховатости, полученные на образце в различных точках.

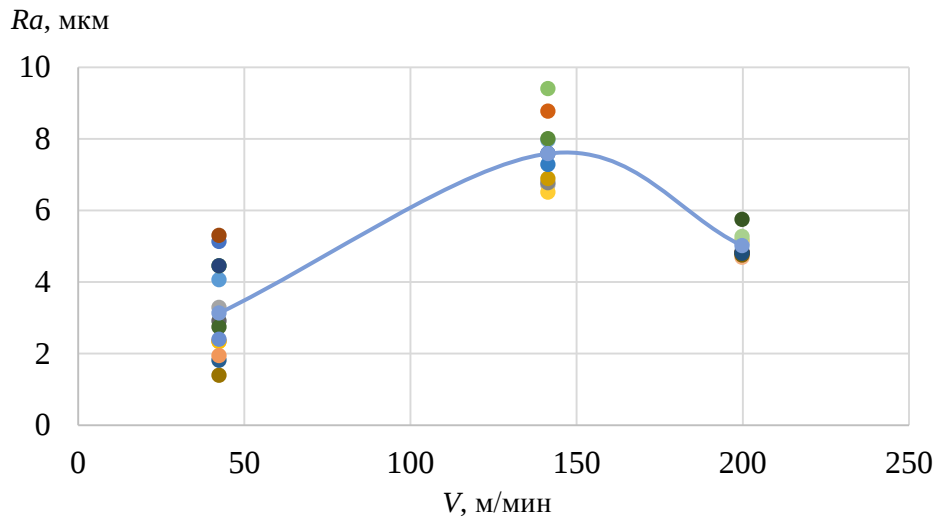


Рисунок 4 – Установленная зависимость получаемой шероховатости поверхности от скорости резания при фрезеровании образца из стеклопластика

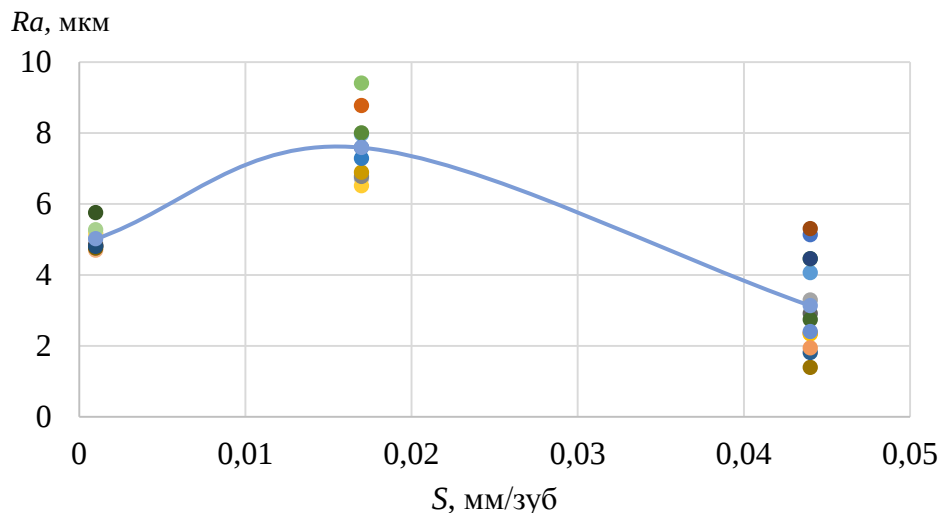


Рисунок 5 – Установленная зависимость получаемой шероховатости поверхности от величины подачи при фрезеровании образца из стеклопластика

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценка полученных результатов позволила сделать следующие выводы:

1. Зависимость шероховатости получаемой поверхности при фрезеровании стеклопластиков от скорости резания и величины подачи имеет нелинейный характер.
2. Наименьшее значение средней шероховатости (Ra) обеспечивалось при наименьшей скорости резания ($V=40$ м/мин) и максимальной подаче ($S = 0,044$ мм/зуб).
3. Наименьший разброс получаемой шероховатости (отклонение от среднего значения) обеспечивался при минимальной подаче ($S = 0,001$ мм/зуб) и максимальной скорости резания ($V = 200$ м/мин).
4. Для получения наиболее стабильного значения шероховатости необходимо назначать высокую скорость резания и низкую подачу.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлен характер зависимости шероховатости получаемой поверхности от режимов фрезерования. Установлено, что для получения наиболее стабильного значения шероховатости необходимо назначать высокую скорость резания и низкую подачу. Результаты будут полезны при производстве деталей из стеклопластика методом лезвийной обработки, в частности при изготовлении элементов корпусов малых судов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тихонов, Н. Ф. Стеклопластик для судостроения: новые возможности / Н. Ф. Тихонов, И. А. Стрельников // Трансформация российской науки в эпоху информационного общества: Материалы VII Международной научно-практической конференции (Москва, 17 июня 2024 г.). – Москва: Изд-во «Экономическое образование», 2024. – С. 349–353.
2. Теплостойкие электроизоляционные стеклопластики в судостроении / В. Е. Бахарева, И. В. Никитина, А. С. Саргсян [и др.] // Вопросы материаловедения. – 2017. – № 4 (92). – С. 100–119. – DOI 10.22349/1994-6716-2017-92-4-100-119.
3. Красильникова, О. А. Применение полимерных конструкционных материалов в судостроении / О. А. Красильникова, А. И. Кольчурин // European Research. – 2016. – № 5 (16). – С. 22–24.
4. Верхотурова, Л. В. Обзор современных композиционных материалов, применяемых в судостроении / Л. В. Верхотурова, О. А. Красильникова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: Материалы II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Комсомольск-на-Амуре, 8–12 апреля 2019 г.). В 4 ч. / отв. ред. Э. А. Дмитриева. – Ч. 3. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2019. – С. 12–14.
5. Алсайд, М. Обоснование применения многослойных композитных материалов в судостроении / М. Алсайд, А. Саламех // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2019. – № 2. – С. 37–47. – DOI 10.24143/2073-1574-2019-2-37-47.

CHANGING THE ROUGHNESS OF THE RESULTING SURFACE UNDER DIFFERENT MILLING MODES OF FIBERGLASS BLANKS FOR SHIPBUILDING

S. A. Sukhenko, student
E-mail: sukhienko.005@gmail.com
Kaliningrad State Technical University

D. A. Romanyuta, Chief Designer of the Design Bureau Shipbuilding Research Center,
Postgraduate student of the Department of Shipbuilding,
Ship Repair and Marine Engineering
E-mail: dmitrij.romanyuta@klgtu.ru
Kaliningrad State Technical University

A. G. Kisel, Ph.D., Associate Professor
E-mail: anton.kisel@klgtu.ru
Kaliningrad State Technical University

Fiberglass is widely used in the construction of small ships due to its unique properties. It consists of reinforcing glass fibers that are impregnated with polyester or epoxy resin and approved. This material has high strength, lightness and corrosion resistance, which makes it ideal for use in shipbuilding.

The purpose of the research was to determine the patterns of changes in the roughness of the resulting surface during milling of fiberglass blanks with different modes.

As a result of the conducted research, the nature of the dependence of the roughness of the resulting surface on the milling modes has been established. It has been found that in order to obtain the most stable roughness value, it is necessary to assign a high cutting speed and a low feed.

Keywords: *fiberglass, milling, roughness, shipbuilding, processing modes.*