

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»**

**Заключение диссертационного совета Д ПНИПУ.05.18  
по диссертации Волковского Артема Александровича  
на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

Диссертация «Технологическое обеспечение требуемой шероховатости и предотвращение дефектов при механической обработке изделий из углепластика на основе выбора режущего инструмента и рациональных режимов резания» по научной специальности 2.5.6 Технология машиностроения (технические науки) принята к защите «20» октября 2023 г. (протокол заседания № 13) диссертационным советом Д ПНИПУ.05.18, созданным по приказу ректора Пермского национального исследовательского политехнического университета от «5» октября 2022 г. № 93-О в рамках реализации предоставленных ПНИПУ прав, предусмотренных абзацами вторым - четвертым пункта 3.1 статьи 4 Федерального закона от 23 августа 1996 г. N. 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике» на основании распоряжения Правительства Российской Федерации от 23 августа 2017 г. N 1792-р.

Диссертация выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

**Научный руководитель** Макаров Владимир Федорович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Инновационные технологии машиностроения» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

**Официальные оппоненты:**

Янюшкин Александр Сергеевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чувашский государственный университет имени И.Н.Ульянова» Министерства науки и высшего образования, профессор кафедры «Технологии машиностроения».

Носенко Владимир Андреевич, доктор технических наук, профессор, Волжский политехнический институт, филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный технический

университет» Министерства науки и высшего образования, заведующий кафедрой «Технология и оборудование машиностроительных производств».

**Ведущая организация:**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный технический университет имени И.И.Ползунова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, г. Барнаул (отзыв ведущей организации утвержден 05.12.2023г. ректором «Алтайского государственного технического университета им. И.И.Ползунова» (АлтГТУ), доктором технических наук, профессором Марковым Андреем Михайловичем, диссертационная работа рассмотрена на кафедре «Технология машиностроения», протокол №2 от «25» октября 2023г., отзыв подписан заведующим кафедрой «Технология машиностроения» кандидатом технических наук, доцентом Балашовым Александром Михайловичем, доктором технических наук, профессором кафедры «Технология машиностроения» Леоновым Сергеем Леонидовичем и доктором технических наук, профессором кафедры «Технология машиностроения» Иконниковым Алексеем Михайловичем.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается областью их компетентности, научной деятельностью по специальности 2.5.6 Технология машиностроения, их известностью своими достижениями в данной отрасли науки, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования, глубокими профессиональными знаниями и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

На автореферат и диссертацию поступило 11 отзывов: Чигиринский Юлий Львович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» ВолгГТУ, г. Волгоград; Зверовщиков Александр Евгеньевич, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Технология и оборудование машиностроения» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», г. Пенза; Маслов Андрей Руффович, доктор технических наук, профессор кафедры МГ2 «Инструментальная техника и технологии», ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э.Баумана), г. Москва; Вайнер Леонид Григорьевич, доктор технических наук, доцент, профессор высшей школы промышленной инженерии, ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет», г. Хабаровск; Афонин Андрей Николаевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Информационные и робототехнические системы» ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» (НИУ «БелГУ»), г. Белгород; Непомилуев Валерий Васильевич, доктор технических наук,

профессор, профессор кафедры «Организация производства и управления качеством», ФБГОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет им. П.А.Соловьева», г. Рыбинск; Табаков Владимир Петрович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Инновационные технологии в машиностроении» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет», г. Ульяновск; Блюменштейн Валерий Юрьевич, доктор технических наук, профессор кафедры технологии машиностроения, ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева», г. Кемерово; Кугульдинов Сергей Данилович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технология производства и систем вооружения» ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова», г. Ижевск; Артамонов Евгений Владимирович, доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы, заведующий кафедрой «Станки и инструменты», ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», г. Тюмень; Киселев Евгений Степанович, доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, профессор кафедры «Инновационные технологии в машиностроении», ФГБОУ ВО Ульяновский государственный технический университет», г. Ульяновск.

Все полученные отзывы положительные, указанные недостатки не являются определяющими и не снижают высокой оценки работы. Во всех отзывах отмечено, что диссертационная работа является полным, законченным исследованием, соответствует установленным требованиям к кандидатским диссертациям, а ее автор, Волковский Артем Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6 Технология машиностроения.

По теме диссертации соискателем опубликовано 13 научных трудов, в том числе 4 работы – в ведущих рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени и 2 работы – в изданиях, индексируемых в международной базе цитирования Scopus. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем научных трудах. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Макаров В. Ф., Песин М. В., Волковский А. А. Инновационные технологии повышения производительности и качества механической обработки полимерных композиционных материалов // Научоёмкие технологии в машиностроении. 2023. - №. 9. - С. 27-38.

*В данной работе соискателем представлены результаты экспериментальных исследований влияния режущего инструмента и режимов последовательной лезвийно-абразивной обработки на*

*шероховатость поверхностного слоя. А так же соискателем проведены и представлены результаты исследований несущей способности конструктивно-подобных образцов из углепластика.*

2. Волковский А.А., Макаров В.Ф. Оценка качества обработанной поверхности при плоском шлифовании ПКМ // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение. Материаловедение. – 2023. – Т. 25, № 1. – С. 73–82.

*Соискателем проведены экспериментальные исследования механической обработки изделий из углепластика шлифовальными кругами различных марок и характеристик. Определены рациональные характеристики и режимы резания при плоском шлифовании углепластиков. Сформулированы основные положения при абразивной обработке полимерных композиционных материалов.*

3. Волковский А. А., Макаров В. Ф. Сравнительный анализ качества обработанной поверхности при прерывистом и традиционном шлифовании полимерных композиционных материалов на основе углеволокна // Наукоемкие технологии в машиностроении. 2023. – №. 2. – С. 15-25.

*В данной работе соискатель представляет результаты сравнительных исследований технологического обеспечения требуемой шероховатости поверхностного слоя в результате традиционной обработки и применения технологии прерывистого шлифования. Соискателем определены основные зависимости и описан характер механизма резания.*

4. Volkovskii A.A., Makarov V.F. The study of grinding polymer composite material/ A.A. Volkovskiy, V.F. Makarov// Proceeding of the 7th international conference on industrial engineering (ICIE 2021): Springer Intern. Publ., – (Lecture Notes in Mechanical Engineering. – 2022.– Vol.2.–pp.548-555.

*В данной работе соискатель демонстрирует результаты экспериментальных исследований абразивной обработки конструкций из углепластика шлифовальными кругами из электрокорунда белого и электрокорунда нормального.*

5. Volkovskiy A, Makarov V. Chip formation processes based on orthogonal processing of polymer composite material/ A. Volkovskiy, V Makarov// "Intelligent Information Technology and Mathematical Modeling 2021, ITMM 2021- Mathematical Modeling in the Socio-Economic and Informational Spheres". - Vol. 2131(4). – 2021.- 8P.

*В данной работе соискатель демонстрирует результаты экспериментальных исследований по механизму разрушения компонентов углепластика и обосновывает циклический характер стружкообразования.*

6. Макаров В.Ф., Волковский А.А., Сабирзянов А.И. Повышение производительности и качества обработки композиционных материалов на основе выбора и рационального применения абразивного инструмента // Наукоемкие технологии в машиностроении. – 2020. – № 9. – С. 40-48.

*Соискателем проведены экспериментальные исследования и сформулированы основные положения по применению абразивной обработки для формообразования поверхностей изделий из углепластика.*

**Диссертационный совет отмечает,** что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработаны** эмпирические математические модели для прогнозирования шероховатости поверхности при обработке конструктивно-подобных образцов (КПО) из углепластика ВКУ для двух процессов: ортогонального к направлению волокон фрезерования прямозубой концевой фрезой и последующего плоского шлифования периферией круга,

**предложены** научно обоснованные рекомендации по выбору характеристик лезвийного и абразивного инструментов, а также сочетанию управляемых параметров режима фрезерования и шлифования, обеспечивающих требования конструкторской документации по шероховатости и дефектам обрабатываемых поверхностей,

**доказано,** что для устранения дефектов поверхностей (деламинация, ворсистость поверхности, трещинообразование в матрице) после фрезерования необходима абразивная обработка, для которой характерно применение абразивного материала с высокой твердостью, имеющего острую режущую кромку при высокой скорости резания,

**введен** новый термин «циклический характер стружкообразования при резании ПКМ», сущность которого состоит в том, что волокна ПКМ не перерезаются, а вытягиваются и накапливаются на передней поверхности режущей кромки инструмента, что приводит к увеличению деформации волокон и росту сил резания до максимального значения с последующим их хрупким разрушением.

**Теоретическая значимость исследования** обоснована тем, что:

**доказаны** научные положения возможности повышения несущей способности изделий из ПКМ на основании применения разработанной технологии механической обработки ПКМ, включающей в себя последовательное применение лезвийной и абразивной обработки, обеспечивающей требуемую шероховатость и снижение величины дефектного слоя, что расширяет представление об изучаемом явлении,

**применительно к проблематике диссертации** результативно использован комплекс существующих методов исследования, в том числе экспериментальных методов исследования шероховатости поверхности, дефектов обработанных образцов, несущей способности образцов после фрезерования и последующей абразивной обработки, **изложен** механизм разрушения компонентов ПКМ при лезвийной обработке, стимулирующий образование дефектов поверхностного слоя и повышение шероховатости поверхности.

**изучены** количественные соотношения между шероховатостью поверхностей образцов и управляемых параметров режимов фрезерования и шлифования,

**проведена модернизация** существующих траекторий обработки плоских КПО, обеспечивающих повышение несущей способности изделий из углепластика.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** подтверждается тем, что:

**разработаны и переданы к использованию** технологические рекомендации к технологической подготовке производства изделий из углепластика на предприятие ООО «Лысьвенский инструментально-механический завод», обеспечивающие требования конструкторской документации по шероховатости дефектам поверхностей КПО из ПКМ и повышающих их несущую способность до 20%,

**определены** границы перспективного практического использования результатов исследований для фрезерования и последующего шлифования КПО из углепластика марки ВКУ,

**представлены** технологические рекомендации и алгоритм действий инженера-технолога участка механической обработки при разработке технологических процессов механической обработки изделий из углепластика марки ВКУ на основе выбора рационального режущего инструмента и режимов резания при последовательной лезвийной и абразивной обработке.

**Оценка достоверности результатов исследования** выявила:

**для экспериментальных работ** использовано сертифицированное оборудование (универсально-фрезерный станок JET 1452 TS DRO; плоскошлифовальный станок JET JPSG 1224AH; универсальная электромеханическая машина Instron 5965), показана статистическая воспроизводимость результатов исследования шероховатости поверхности, несущей способности КПО на рекомендуемых параметрах режима фрезерования и шлифования,

**теория** построена на фундаментальных положениях технологии машиностроения, резания материалов, металлорежущего инструмента, математической статистики, и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации,

**установлено** соответствие полученных автором результатов представленными в независимых источниках периодической и справочной печати результатами по исследованию процессов фрезерования и шлифования ПКМ,

**использованы** современные методики сбора и обработки исходной информации, измерения шероховатости и дефектов поверхностей.

**Личный вклад соискателя** состоит в определении цели и задач исследований, теоретическом анализе и моделировании процесса формирования шероховатости поверхности КПО из ПКМ при фрезеровании и шлифовании, формировании исходных данных и проведении экспериментальных исследований по шероховатости и несущей способности КПО из ПКМ, постановке, обработке и систематизации экспериментальных результатов, подготовке публикаций по материалам выполненной работы.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, и Порядком присуждения ученых степеней в ПНИПУ, утвержденным приказом ректора ПНИПУ от 09 декабря 2021 г. № 4334-В: в ней изложены научно обоснованные технические и технологические решения задачи обеспечения требуемой шероховатости и предотвращения дефектов при обработке изделий из углепластика марки ВКУ на основе выбора режущего инструмента и рациональных режимов резания при последовательной лезвийной и абразивной обработке, имеющие важное значение для современной машиностроительной отрасли.

На заседании «22» декабря 2023 г. диссертационный совет Д ПНИПУ.05.18 принял решение присудить Волковскому Артему Александровичу ученую степень кандидата технических наук (протокол заседания № 16).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 16 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за присуждение ученой степени – 12, против присуждения ученой степени – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета Д ПНИПУ.05.18,  
доктор технических наук, доцент Владимир Яковлевич Модорский

Ученый секретарь диссертационного совета Д ПНИПУ.05.18,  
доктор технических наук, профессор Роман Васильевич Бульбович

М.П.