

В объединенный диссертационный
совет 99.2.001.02 на базе ФГБОУ ВО
«Ульяновский государственный
технический университет» и
ФГБОУ ВО «Тольяттинский
государственный университет»
432027, г. Ульяновск,
ул. Северный Венец д. 32

ОТЗЫВ

официального оппонента Волкова Дмитрий Ивановича
на диссертационную работу Гордиенко Ярослава Михайловича на тему:
«Повышение эффективности шлифования заготовок деталей из титановых
сплавов за счет рационального применения прерывистых кругов на
вулканитовой связке», представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности 2.5.5 – «Технология и
оборудование механической и физико-технической обработки»

1. Актуальность темы диссертационной работы

Титановые сплавы являются одними из наиболее востребованных
конструкционных материалов в машиностроении, обладая высокой удельной
прочностью, термической и химической стойкостью. Однако их применение
сопряжено со значительными технологическими трудностями при
механической обработке, особенно при шлифовании. Низкая шлифуемость
титановых сплавов приводит к образованию структурных дефектов, в
частности, шлифовочных прижогов, вызывающих необратимое ухудшение
физико-механических свойств поверхностного слоя.

Существующие методы шлифования не позволяют в полной мере
решить проблему одновременного снижения термических и динамических
нагрузок. Использование прерывистых шлифовальных кругов, хотя и
снижает тепловое воздействие, вызывает повышенные вибрации, приводящие
к ухудшению качества обработанной поверхности. Отсутствие научно
обоснованных методик проектирования таких кругов, учитывающих
специфику титановых сплавов и рационально использующих преимущества
современных связок, сдерживает повышение эффективности шлифования.

Поэтому работа Гордиенко Я.М., посвященная комплексному решению задачи повышения эффективности шлифования титановых сплавов за счет разработки конструкции прерывистого круга на вулканитовой связке и методов его применения, является актуальной и имеет важное научно-практическое значение.

2. Новизна проведенных исследований и полученных результатов

Новизна научных положений, защищаемых соискателем, заключается в том, что им:

- Разработана конструкция сборного прерывистого шлифовального круга на вулканитовой связке и методика расчета его конструктивных элементов, обеспечивающих минимальное влияние на вибрации и волнистость обработанной поверхности при эффективном теплоотводе.
- Получены аналитические зависимости для определения предельной рабочей скорости прерывистого шлифовального круга, учитывающие концентрацию напряжений в зоне крепления абразивных сегментов.
- Разработана и верифицирована аналитическая теплофизическая модель процесса прерывистого шлифования, комплексно учитывающая периодический характер нагрева и охлаждения в зоне обработки.
- Установлено количественное влияние физико-механических характеристик вулканитовой связки на демпфирование вибраций технологической системы.
- Получены регрессионные модели, отражающие взаимосвязь между вибрационными процессами, конструктивными характеристиками прерывистого шлифовального круга и геометрическими параметрами обработанной поверхности.

3. Степень обоснованности и достоверности основных положений и выводов диссертационной работы

При выполнении работы использовались современные методы теоретических и экспериментальных исследований. Численное моделирование напряженно-деформированного состояния абразивных сегментов и температурных полей выполнялось методом конечных элементов в программном комплексе COMSOL Multiphysics. Разработка конструкции прерывистого шлифовального круга проводилась в среде CAD-системы КОМПАС-3D.

Экспериментальные исследования выполнялись на универсальном плоскошлифовальном станке с использованием современного метрологического оборудования. Обработка экспериментальных данных проводилась с применением методов математической статистики.

Совпадение результатов теоретических и экспериментальных исследований, а также успешная апробация разработанной технологии в производственных условиях подтверждают достоверность полученных результатов.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается корректным использованием теории и сопоставлением теоретических и экспериментальных результатов.

Анализ основных выводов и научных положений показал, что все выводы обоснованы результатами исследований, представленными в соответствующих главах диссертации, и в полной мере отражают результаты, полученные соискателем.

Первый вывод констатирует, что автором разработана конструкция прерывистого шлифовального круга, конструктивные параметры которого обеспечили технологичность изготовления и ремонтпригодность инструмента, повышение качества обработанной поверхности и снижение расхода абразивного материала при обработке титановых сплавов. Данный вывод определяет п. 1 положений, выносимых на защиту, и соответствует п. 5, паспорта специальности 2.5.5 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки. Вывод базируется на результатах исследований выполненных в главе 2 разделы 1-2.

Второй вывод представляет разработку методики и проведение механических испытаний абразивных сегментов марки 63С 10-Н СМ1-5 В, в результате которых были установлены прочностные характеристики материала: предел прочности при растяжении 11,7 МПа; при сжатии 51,1 МПа; модуль упругости $0,73 \cdot 10^4$ МПа; коэффициент сопротивления материала 1,59 (Н·с)/м. Результат определяет п. 2 положений, выносимых на защиту и соответствует п. 4, паспорта специальности 2.5.5 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки. Вывод базируется на исследованиях, выполненных в главе 3 раздел 1. Результаты используются при дальнейших расчетах.

Третий вывод показывает, что автором разработана и верифицирована конечно-элементная модель для анализа напряженно-деформированного

состояния абразивного сегмента, показавшая обеспечение коэффициента запаса прочности не менее 3,9 и максимальных деформаций 8,29 мкм. На основе результатов моделирования установлены зависимости коэффициента концентрации напряжений от геометрии зоны крепления абразивного сегмента. Получены аналитические зависимости для определения предельной рабочей скорости прерывистого шлифовального круга и регрессионная модель для расчета коэффициента концентрации напряжений, которые можно использовать при проектировании прерывистого шлифовального круга на вулканитовой связке. Вывод определяет п. 3 положений, выносимых на защиту, и соответствует п. 4, паспорта специальности 2.5.5 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки. Вывод базируется на результатах исследований выполненных в главе 3 раздел 1.

Четвертый вывод показывает, что установлено влияние материала связки абразивных сегментов на вибрационную нагрузку технологической системы. Доказано, что применение абразивных сегментов на вулканитовой связке обеспечивает снижение вибрационной нагрузки на 14 % по сравнению с аналогами на бакелитовой и керамической связке. Вывод соответствует п. 4, паспорта специальности 2.5.5 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки. Вывод базируется на результатах исследований выполненных в главе 3 раздел 2.

Пятый вывод представляет результаты разработки аналитической модели для определения контактных температур при прерывистом шлифовании. Модель построена на известных положениях теории термодинамики и верифицирована численным моделированием и экспериментальными исследованиями. В результате установлено, что применение прерывистого шлифовального круга на вулканитовой связке обеспечивает снижение температуры в зоне шлифования на 11 % по сравнению с кругами на бакелитовой и керамической связке. Вывод определяет п. 4 положений, выносимых на защиту, и соответствует п. 2, паспорта специальности 2.5.5 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки. Вывод базируется на результатах исследований выполненных в главе 3 раздел 3. Модель позволила прогнозировать температурные режимы при шлифовании заготовок деталей из титановых сплавов прерывистым шлифовальным кругом на вулканитовой связке.

Шестой вывод приводит результаты повышения эффективности применения прерывистого шлифовального круга на вулканитовой связке при обработке заготовок из титановых сплавов. Установлено, что вибрации снижаются на 15 % в сравнении с прерывистым шлифовальным кругом на бакелитовой и на 26 % – с керамической связкой, параметр Ra шероховатости обработанной поверхности снижается на 15 % в сравнении с прерывистым шлифовальным кругом на керамической связке. Увеличение волнистости поверхности на 22 % (до 10 мкм) не превышает допустимых значений для большинства технологических процессов. Вывод определяет п. 5 положений, выносимых на защиту, и соответствует п. 3, паспорта специальности 2.5.5 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки. Вывод базируется на результатах исследований выполненных в главе 4 раздел 2. Результаты используются при внедрении в производство.

Седьмой вывод констатирует получение регрессионных моделей, позволяющих прогнозировать параметры шлифования, включая шероховатость, виброперемещения и температуру зоны шлифования, для шлифовальных кругов марки 63С 10-Н СМ1-5 В. Соответствует п. 5 научной новизны и п. 3, паспорта специальности 2.5.5 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки. Регрессионные модели приводятся в главе 4 раздел 3.

Восьмой вывод приводит результаты внедрения в производство. Автором разработаны методические рекомендации по проектированию и оптимизации технологического процесса плоского шлифования заготовок деталей из титановых сплавов, внедрение которых на ОАО «Авиаагрегат» обеспечило повышение производительности операций плоского шлифования на 12 – 17 % и полное исключение брака от шлифовочных прижогов. Годовой экономический эффект от внедрения разработанной технологии на ОАО «Авиаагрегат» составил 1325391 руб. Внедрение результатов работы на предприятии АО «Агрегат» обеспечило повышение производительности на 20 %, сокращение брака на 18 % и достижение стабильного качества обработанной поверхности. Вывод соответствует п.п. 3, 4 практической значимости. Вывод базируется на результатах, приведенных в главе 4 разделы 4, 5.

В целом, разработанные модели и результаты экспериментальных исследований доведены до уровня, обеспечивающего возможность их промышленного применения в задачах снижения уровня температуры,

шероховатости, нежелательных вибраций и повышения производительности при обработке шлифованием титановых сплавов.

4. Теоретическая и практическая значимость полученных результатов

Теоретическая значимость полученных результатов заключается в развитии теплофизической модели и ее обобщении на процесс прерывистого шлифования титановых сплавов инструментом на вулканитовой связке.

Значимость результатов исследований для практики заключается в том, что:

- Разработана конструкция сборного прерывистого шлифовального круга на вулканитовой связке и методика расчета его конструктивных параметров.
- Предложены рекомендации по проектированию параметров процесса шлифования заготовок из титановых сплавов.
- Внедрение разработанной технологии на предприятиях ОАО «Авиаагрегат» и АО «Агрегат» позволило повысить производительность обработки на 12-20%, полностью исключить брак от шлифовочных прижогов и получить годовой экономический эффект 1 325 391 руб.
- Результаты исследований внедрены в учебный процесс подготовки бакалавров и магистров Самарского государственного технического университета.

5. Оценка содержания и оформления диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Общий объем работы 214 страниц, включая 82 рисунка, 11 таблиц и 166 источников. Содержание автореферата полностью отражает основные положения диссертации.

Диссертационная работа соответствует специальности 2.5.5 - Технология и оборудование механической и физико-технической обработки. Результаты работы опубликованы в 9 научных работах, в том числе 3 статьи в изданиях из перечня ВАК РФ и 1 статья в издании, индексируемом в базе Scopus.

Во введение содержится комплексное обоснование актуальности исследований в области повышения эффективности шлифования изделий из титановых сплавов. Особого внимания заслуживает методологически грамотное оформление структурных элементов научного исследования.

В первой главе проведен аналитический обзор современных достижений отечественных и зарубежных научных школ в области теории шлифования позволил автору осуществить систематизацию существующих подходов к управлению качеством обработанной поверхности при обработке заготовок деталей из титановых сплавов. На основе проведенного анализа убедительно обоснована необходимость применения прерывистых кругов на вулканитовой связке, сформулированы цель и задачи исследования, а также аргументирован выбор методов научного исследования.

Во второй главе содержит детальное описание и инженерное обоснование конструкции сборного прерывистого шлифовального круга. Разработанные автором геометрические и математические модели позволяют оптимизировать количество и размеры абразивных сегментов, что обеспечивает минимизацию волнистости поверхности при сохранении эффективного теплоотвода.

В третьей главе представлен научно обоснованный выбор методик оценки прочностных характеристик инструмента. Заслуживает внимания разработка комплекса математических моделей, устанавливающих взаимосвязь конструктивных параметров с напряженно-деформированным состоянием сегментов. Проведенное численное моделирование и последующий статистический анализ результатов демонстрируют высокий уровень научной проработки. Особую ценность представляет исследование демпфирующих свойств вулканитовой связки и их влияния на вибродинамические характеристики процесса.

В четвертой главе содержит результаты экспериментальных исследований, подтверждающих эффективность разработанного инструмента. Проведенный сравнительный анализ с аналогами на других связках, установленные зависимости между технологическими параметрами и выходными характеристиками процесса, а также положительные результаты опытно-промышленных испытаний убедительно свидетельствуют о практической значимости работы и ее экономической эффективности.

Представленные материалы написаны корректным, технически грамотным языком, сопровождаются наглядными графическими иллюстрациями. Для подтверждения результатов диссертации автором проведен необходимый и достаточный объем расчетов и экспериментальных исследований на высоком научном уровне.

В автореферате и 9 публикациях автора достаточно полно отражено содержание диссертационной работы и выдвигаемые на защиту научные положения.

Содержание автореферата в полной мере соответствует содержанию диссертации в сжатом виде и представляет всю информацию о работе. Анализ содержания диссертации, автореферата и публикаций автора позволяют оценить работу как завершённую и соответствующую паспорту специальности, по которой данная диссертация представлена к защите.

6. Замечания и пожелания по диссертационной работе

1. Автором недостаточно раскрыт вопрос о влиянии изменения геометрии режущих кромок абразивных зерен в процессе износа на силовые и температурные характеристики процесса шлифования, что важно для более точного прогнозирования стойкости инструмента.

2. В регрессионных моделях, связывающих параметры обработки с выходными характеристиками, не в полной мере учтена стохастическая природа процесса шлифования.

3. Не представлена сравнительная оценка стоимости изготовления и эксплуатации разработанного прерывистого шлифовального круга по сравнению с серийными аналогами.

4. Требуется уточнения методика определения интервалов времени для расчета выходных и текущих параметров процесса шлифования.

5. Теплостойкость вулканитовой связки всего составляет 180 °С, а средняя температура шлифования превышает 350 °С, возникает вопрос о стойкости круга.

6. С чем связано повышение волнистости при шлифовании прерывистыми кругами на вулканитовой связке (рис.4.21).

7. Насколько СОЖ ЭКОГРИНД 10М с концентрацией 7% соответствует шлифованию титановых сплавов.

7. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней»

Диссертационная работа Гордиенко Ярослава Михайловича является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены научно обоснованные

технические и технологические разработки, имеющие существенное значение для экономики страны.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертация Гордиенко Ярослава Михайловича соответствует критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (п.п. 9-11, 13,14 раздела II «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденном Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г.), а ее автор, Гордиенко Ярослав Михайлович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5. Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

Официальный оппонент:

доктор технических наук, профессор кафедры «Инновационного машиностроения» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева»



Волков Дмитрий Иванович

10.11.2025

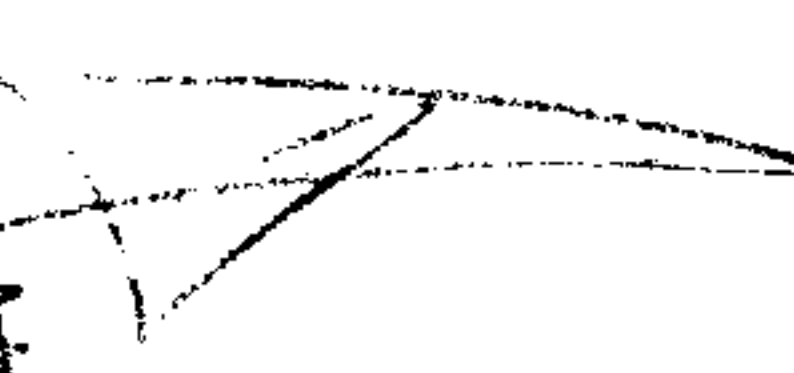
Специальность: 05.03.01 Процессы механической и физико-технической обработки, станки и инструмент

Е-mail: d_i_volkov@rsatu.ru. Тел.: 8(4885) 222-556

152934, г. Рыбинск, ул. Плеханова, д. 2, Первый корпус, каб. 226

ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева»

Подпись Волкова Д.И. подтверждаю ВРИО Ученого секретаря ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева»



И.С. Малышева