



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский политехнический  
университет Петра Великого»  
(ФГАОУ ВО «СПбПУ»)

ИНН 7804040077, ОГРН 1027802505279,  
ОКПО 02068574

Политехническая ул., 29, Санкт-Петербург, 195251  
тел.: +7(812)297 2095, факс: +7(812)552 6080  
office@spbstu.ru

14.06.2024 № 00-21-6-443  
на № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по научной работе

Ю.В. Фомин

2024г.



## О Т З Ы В

ведущей организации на диссертацию **Максимова Дмитрия Дмитриевича** на тему: «Технологическое обеспечение и повышение качества сложнопрофильных поверхностей из алюминиевого сплава марки АМц», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6. Технология машиностроения.

### 1. Актуальность темы диссертации

Производители изделий из алюминиевых сплавов, имеющих сложнопрофильные поверхности, сталкиваются с проблемой обеспечения равномерной шероховатости по всему обрабатываемому профилю. Сложности при обработке возникают ввиду высокой пластичности и теплопроводности алюминиевых сплавов, так при лезвийной обработке на передней поверхности режущего инструмента образуется нарост, который негативно влияет на качество обработанной поверхности. Мгновенный нагрев поверхности до высоких температур при лезвийной обработке (до 200°C с учетом применения СОЖ), а затем резкое охлаждение эмульсией, маслами и пр. приводит к локальной закалке, что негативно влияет на эксплуатационные свойства изделия. При шлифовании температура в зоне обработки достигает до 400°C с учетом применения СОЖ, наблюдается шаржирование, на поверхности возникают прижоги.

Применение магнитно-абразивной обработки позволяет обеспечить заданное качество сложнопрофильных поверхностей, однако на текущий момент недостаточно изучено распределение магнитного поля между полюсными наконечниками, магнитами и сложнопрофильной поверхностью, не выявлены зависимости качества обработанной сложнопрофильной поверхности от технологических параметров обработки. Отсутствуют методики подбора технологических параметров. Разработка способа магнитно-абразивной обработки сложнопрофильных поверхностей и устройства для его осуществления позволит обеспечить равномерность обработки по всему профилю.

ВХ. № 9-144 от 17.06.24

Таким образом, диссертация Максимова Д.Д. посвящена решению актуальной научно-технической задачи, а тема диссертации является актуальной.

## **2. Научная новизна диссертации**

Научная новизна диссертации заключается в следующем:

1. Установлены математические зависимости шероховатости поверхности и удельного съема материала от технологических параметров магнитно-абразивной обработки сложнопрофильных поверхностей из алюминиевого сплава марки АМц.

2. Установлены закономерности изменения твердости сложнопрофильной поверхности из алюминиевого сплава марки АМц в результате магнитно-абразивной обработки.

## **3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций**

Теоретические исследования представлены в виде широкого научного обзора исследований в области магнитно-абразивной обработки и обработки алюминиевых сплавов, патентного обзора существующих технических решений. Определена проблема несоблюдения эквидистантности полюсных наконечников или магнитов и обрабатываемой сложнопрофильной поверхности при магнитно-абразивной обработке. Проведено компьютерное моделирование распределения магнитного поля в рабочем зазоре при магнитно-абразивной обработке. Автором предложено техническое решение, на которое получен патент на изобретение.

Экспериментальные исследования проведены на универсальном токарном станке с применением устройства, разработанного согласно патенту на изобретение. Проведена серия предварительных экспериментальных исследований, в ходе которых установлены диапазоны технологических параметров обработки, смазочно-охлаждающая жидкость, ферроабразивный порошок. Основная серия экспериментов включает в себя четыре варьируемых параметра и 31 опыт, по результатам которых построены математические регрессионные модели зависимости шероховатости и удельного съема материала от технологических параметров обработки. Адекватность модели оценивалась по критерию Фишера.

Экспериментально исследовано влияние метода окончательной обработки на производительность процесса и твердость поверхности. Автором проведено сравнение метода шлифования и магнитно-абразивной обработки.

Экспериментальные исследования проведены на исправном оборудовании с применением поверенных средств измерения и приборов.

Теоретические и экспериментальные исследования, представленные автором, должным образом подтверждают обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций.

## **4. Научные результаты, их ценность**

В результате экспериментальных исследований влияния технологических параметров магнитно-абразивной обработки на шероховатость поверхности и удельный съем материала установлены закономерности влияния величины магнитной индукции, времени обработки, частоты вращения и амплитуды движения устройства в процессе магнитно-абразивной обработки на шероховатость обработанной сложнопрофильной

поверхности из алюминиевого сплава марки АМц и удельный съём материала. Установлено, что каждый технологический параметр обработки, рассматриваемый в эксперименте, оказывает влияние на шероховатость поверхности Ra и удельный съём материала q. Минимальные значения шероховатости сложнопрофильной поверхности достигаются при следующих значениях технологических параметров: магнитная индукция  $B=0,7-1,15$  Тл; время обработки  $t=4-8$  мин; частота вращения заготовки  $n=460-750$  мин<sup>-1</sup>; амплитуда осцилляции  $A=1-1,5$  мм.

Сравнение шлифования и магнитно-абразивной обработки по производительности и твердости обработанной поверхности показало, что применение метода магнитно-абразивной обработки сложнопрофильных поверхностей повышает производительность обработки в диапазоне частоты вращения заготовки  $n=115 - 750$  мин<sup>-1</sup> по сравнению со шлифованием в 1,4 раза, а также повышает твердость по всему обработанному профилю в 1,2 раза.

Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 13 печатных работах, в том числе в 3 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (Перечень ВАК), в 3 статьях – в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus; получен 1 патент на изобретение.

#### **5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации**

Автором разработан способ магнитно-абразивной обработки сложнопрофильных поверхностей и устройство для его осуществления (патент на изобретение RU 2787597 С1), включающий в себя схему магнитно-абразивной обработки сложнопрофильной поверхности, конструкцию устройство с постоянными магнитами, рабочие поверхности которых расположены параллельно касательным к обрабатываемой сложнопрофильной поверхности. Предлагаемые способ и устройство универсальны, могут быть применены на станках токарной и фрезерной группы.

Автором определены технологические параметры магнитно-абразивной обработки сложнопрофильной поверхности из алюминиевого сплава АМц, позволяющие обеспечить равномерную шероховатость  $Ra = 0,508$  мкм по всему обработанному профилю. Достигнутые значения шероховатости отвечают требованиям, предъявляемым к сложнопрофильным поверхностям деталей элегазового трансформатора. Комбинации технологических параметров магнитно-абразивной обработки влияют на качество обработанной сложнопрофильной поверхности, производительность и эффективность обработки.

Разработанные способ и устройство для его осуществления, полученные математические модели являются состоятельными и могут быть применены при составлении технологии обработки изделий, составлении рекомендаций к операции магнитно-абразивной обработки.

#### **6. Рекомендации по использованию результатов работы**

Результаты диссертации могут быть применены на предприятиях машиностроительного и энергетического комплексов, на которых изготавливают ответственные детали из алюминиевых сплавов со сложнопрофильными поверхностями.

В частности, результаты могут быть внедрены в технологический процесс изготовления корпусов, экранов, цилиндров и труб элегазового трансформатора на АО «Электроаппарат».

Рекомендации, разработанные на основе экспериментальных исследований, могут быть внедрены в производственные процессы предприятий, занимающихся изготовлением и ремонтом деталей со сложнопрофильными поверхностями.

Применение магнитно-абразивной обработки позволит заменить ручные операции, выполняемые с помощью ручных шлифовальных машин и абразивного инструмента, что существенно повысит производительность процесса окончательной обработки.

#### **7. Замечания и вопросы по работе**

1. На стр. 31 диссертации при перечислении допущений, которых принято придерживаться при расчете сил, действующих на абразивные частицы при магнитно-абразивной обработке, указано: «...плотность магнитного потока распределяется равномерно по всему рабочему пространству». Однако в дальнейшем автором проводится экспериментальное исследование, заключающееся в подборе геометрии и расположения магнитов относительно обрабатываемой поверхности, для определения равномерности магнитного потока в рабочем пространстве. Почему в данном случае не было принято указанное допущение?

2. На стр. 48 приведен недостаток применения плоских полюсных наконечников при магнитно-абразивной обработке сложнопрофильных поверхностей, заключающийся в возникновении «слепых зон». Возникает вопрос, почему нельзя повысить магнитную индукцию с целью уплотнения магнитно-абразивной щетки и устранения «слепых зон»?

3. Глубина наклепанного слоя измеряется по нормали к поверхности, а не так, как показано на стр. 38, рисунок 1.16.

4. На стр. 58, рисунке 2.12 (б, в) магнитное поле будет концентрироваться на острых кромках полюсных наконечников, поэтому следовало бы указать, что применение полюсных наконечников с острыми кромками негативно сказывается на характере распределения магнитного поля в рабочем зазоре.

5. На стр. 86, рисунок 3.1, а также на стр. 117, рисунок 4.5 указано расположение отрезков и зон, на которых измерялись шероховатость и твердость соответственно. Следовало бы пояснить, каким образом в ходе экспериментального исследования контролировалось соответствие измерения указанным отрезкам и зонам.

6. В диссертации в достаточной степени подтверждается эффективность применения магнитно-абразивной обработки по сравнению со шлифованием с точки зрения производительности и параметров качества, однако отсутствуют сведения об экономической эффективности.

Указанные замечания не снижают общей важности и обоснованности предлагаемого научно-технического решения.

#### **8. Заключение по диссертации**

Диссертация «Технологическое обеспечение и повышение качества сложнопрофильных поверхностей из алюминиевого сплава марки АМц», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по

специальности 2.5.6. Технология машиностроения полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм., а ее автор **Максимов Дмитрий Дмитриевич** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6. Технология машиностроения.

Отзыв на диссертацию и автореферат диссертации **Максимова Дмитрия Дмитриевича** обсужден и утвержден на заседании Института машиностроения, материалов и транспорта. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», протокол №11 от 07.06.2024 года.

Председатель заседания

Доцент высшей школы машиностроения

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический

Университет Петра Великого»

к.т.н., доцент



**Любомудров Сергей Александрович**

Секретарь заседания

Доцент Высшей школы машиностроения

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический

Университет Петра Великого»

к.т.н



**Арсентьева Ксения Сергеевна**

Подпись Любомудрова С.А. председателя заседания и Арсентьевой К.С. секретаря заседания заверяю

М.П.

