

О Т З Ы В

официального оппонента, доктора технических наук, доцента Бобровского Николая Михайловича на диссертацию *Минина Александра Олеговича* на тему: «Технологическое обеспечение качества растачиваемых поверхностей изделий из коррозионностойких алюминиевых сплавов на основе высокочастотного волнового воздействия», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6. – Технология машиностроения.

1. Актуальность темы диссертации

Диссертация соискателя посвящена вопросу технологического обеспечения и повышения качества растачиваемых поверхностей из алюминиевого сплава марки АМц. Известно, что при лезвийной обработке алюминиевых сплавов и алюминия на передней поверхности режущего инструмента образуется нарост, имеющий твердость выше, чем у материала обрабатываемой заготовки. С определенной периодичностью нарост срывается с передней поверхности режущего инструмента и внедряется в обрабатываемую поверхность. При шлифовании алюминия и алюминиевых сплавов возникает шаржирование, возможно образование прижогов. Как лезвийная, так и абразивная обработка алюминиевых сплавов характеризуются высокими температурами в зоне обработки (до 350-400°C) с учетом применения смазочно-охлаждающей жидкости. Указанные факторы негативно влияют на качество обработанной поверхности, связанное с получением ее неравномерной шероховатости, а также приводят к появлению поверхностных дефектов.

Элегазовые трансформаторы имеют ряд деталей, изготовленных из алюминиевых сплавов марок АМц, АМцМ, АМцН. Так, например, внутренняя поверхность корпуса элегазового трансформатора имеет требованиями к шероховатости по параметру $Ra \leq 1,6$ мкм. На данный момент обеспечение качества внутренней поверхности корпуса элегазового трансформатора осуществляется вручную, что значительно повышает трудоемкость и себестоимость изготовления.

Таким образом, диссертация посвящена решению актуальной научно-технической проблемы, для решения которой автором проведен ряд теоретических и экспериментальных исследований, позволивших научно обосновать ее предлагаемое решение.

2. Научная новизна диссертации

Научная новизна диссертации заключается в следующем:

1) Установлены закономерности влияния технологических параметров растачивания с применением высокочастотного волнового воздействия на шероховатость и микротвердость обработанной внутренней поверхности из алюминиевого сплава марки АМц.

2) Разработана математическая модель технологической системы механической обработки, учитывающая применение высокочастотного волнового воздействия и позволяющая оценить динамическую устойчивость системы при различных технологических параметрах.

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

О Т З Ы В

ВХ. № 9-112 от 23.05.25
А У У С

Обоснованность и достоверность научных положений подтверждается результатами теоретических и экспериментальных исследований, проведенным компьютерным моделированием распределения высокочастотных колебаний в зоне обработки внутренней поверхности. Соискателем проведен научный обзор литературы, посвященной особенностям растачивания отверстий в изделиях из коррозионностойких алюминиевых сплавов, патентный поиск технических решений, позволяющих производить высокочастотное воздействия на зону резания. По результатам патентного поиска предложено и разработано техническое решение, заключающееся в применении способа растачивания отверстий в изделиях из коррозионностойких алюминиевых сплавов, основанного на применении высокочастотного волнового воздействия в направлении, противоположном направлению схода стружки, получен патент на изобретение.

Комплексные экспериментальные исследования, в которых рассмотрено влияние типа высокочастотного концентратора, направления и точки приложения воздействия, технологических параметров обработки (частота и угол воздействия высокочастотного воздействия, подача резания и частота вращения заготовки), а также проведенная статистическая обработка результатов: экспериментов, позволили автору разработать математические модели, описывающие изменение шероховатости и микротвердости при различных значениях технологических параметров растачивания с применением высокочастотного волнового воздействия. Мининым А.О. проведены экспериментальные исследования влияния применяемого метода обработки на изменение динамической устойчивости технологической системы и граничных условий перехода к автоколебательному процессу. При проведении исследований автором применялись поверенные средства измерения и исправные приборы, станок и инструменты.

4. Научные результаты, их ценность

Научные результаты диссертации Минина А.О. выражены в следующих положениях, выносимых на защиту:

1. Разработанный и реализованный на практике способ растачивания отверстий в изделиях из коррозионностойкого алюминиевого сплава АМц, включающий в себя схему обработки, сочетание рабочих движений и высокочастотное волновое воздействие в направлении, противоположном сходу стружки, позволяет обеспечить параметры шероховатости внутренних поверхностей в диапазоне $Ra = 0,7 \dots 0,9$ мкм и равномерное упрочнение поверхностного слоя растачиваемых отверстий до значения $H_v = 360 \dots 440$ МПа.

2. Использование установленных математических зависимостей между параметрами технологического процесса и высокочастотным волновым воздействием позволяет получить заданные параметры шероховатости поверхности и микротвердости при растачивании отверстий в изделиях из коррозионностойкого алюминиевого сплава АМц.

3. Математическая модель технологической системы механической обработки, учитывающая применение высокочастотного волнового воздействия в направлении, противоположном сходу стружки, позволяет оценить динамическую устойчивость системы при различных технологических параметрах и подтверждает повышение динамической стабильности изготовления изделий из коррозионностойкого алюминиевого сплава АМц с заданными параметрами шероховатости $Ra = 0,7 \dots 0,9$ мкм.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований, как и сами исследования, проведенные Мининым А.О. на достаточно высоком уровне, безусловно обладают научной

ценностью. Ввиду острой производственной необходимости в разработке и внедрении новых современных методов окончательной обработки внутренних поверхностей изделий из алюминиевых сплавов разработанное соискателем обоснованное научно-техническое решение может быть предложено для реализации. Методики проведенных экспериментальных исследований могут быть рассмотрены авторами других работ по схожей тематике в качестве примера. Таким образом, исследования расширяют имеющуюся базу знаний в области высокочастотного воздействия на зону резания, а также способствуют проведению новых научных исследований в области технологического обеспечения и повышения качества внутренних поверхностей методом растачивания с применением высокочастотного волнового воздействия.

Основные научные результаты диссертационного исследования освещены в 9 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 (Перечень ВАК), в 2 статьях — в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus; получен 1 патент на изобретение.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Соискателем проведена серия экспериментальных исследований, по результатам которой установлены закономерности влияния частоты и направления воздействия, частоты вращения заготовки и подачи резания в процессе растачивания с применением высокочастотного волнового воздействия на шероховатость и микротвердость обработанной внутренней поверхности изделия из алюминиевого сплава марки АМц.

Разработан способ растачивания отверстий в изделиях из коррозионностойкого алюминиевого сплава, основанный на применении высокочастотного волнового воздействия (патент на изобретение RU 2787289 C1), включающий в себя схему высокочастотного воздействия.

Работоспособность установки, подготовленной для реализации способа, предварительно оценивалась методом компьютерного моделирования распределения высокочастотных колебаний в зоне обработки. По сравнению с существующими техническими решениями установка характеризуется своими малыми габаритами и возможностью переориентации под различные обрабатываемые поверхности. Статистически обработанные результаты экспериментальных исследований позволяли разработать математические модели, описывающие зависимость шероховатости и микротвердости от технологических параметров высокочастотного волнового воздействия. Установлено, что применение метода растачивания с применением высокочастотного волнового воздействия позволяет заменить процесс шлифования процессом чистового растачивания, обеспечивающим достижение равномерной шероховатости по всей обработанной поверхности ниже требуемого параметра $Ra \leq 1,6$ мкм, что должно положительно сказаться на эксплуатации элегазового оборудования, повысив срок его использования.

Автором установлены рекомендуемые режимы растачивания с применением высокочастотного волнового воздействия, позволяющие не только снизить параметр шероховатости в 3,5 раза, но и повысить производительность обработки по сравнению со шлифованием, а также микротвердость поверхностного слоя по всему обработанному профилю до 1,2 раза.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Основные результаты диссертации Минина А.О. могут быть внедрены в

производственные процессы предприятий, занимающихся изготовлением изделий из алюминиевых сплавов. Разработанные рекомендации по назначению технологических параметров растачивания с применением высокочастотного волнового воздействия могут быть использованы технологами при составлении технологических карт.

Диссертация Минина А.О. открывает перспективы дальнейшего развития исследований в области технологического обеспечения качества растачиваемых поверхностей при использовании метода высокочастотного волнового воздействия.

7. Замечания и вопросы по работе

1. В автореферате и рукописи диссертации имеются ошибки, связанные с оформлением. Следует соблюдать единообразие в использовании терминов и сокращений.

2. В качестве замечания методологического характера стоит отметить, что способы технологического обеспечения качества поверхностей, помимо механических, следовало бы описать более полно и привести их особенности (пункт 1.3 диссертации).

3. Насколько конструкция установки позволяет выполнять изменение направления высокочастотного волнового воздействия? Ведь при использовании инструмента с различными геометрическими параметрами, направление схода стружки будет изменяться.

4. В выводе об улучшении шероховатости в 3,5 раза после растачивания с применением высокочастотного волнового воздействия конкретнее было бы указать, что это получается в среднем.

5. При разработке экспериментальных исследований применения высокочастотного волнового воздействия не рассматривался вопрос стойкости применяемых волноводов, и не была указана периодичность их замены в результате изнашивания при контакте с поверхностью резца.

6. В рамках представленной работы основным показателем достигаемой шероховатости выступает высотный параметр R_a , мкм. Тем не менее, представляется целесообразным и более информативным также привести значение параметра опорной поверхности tr . Что обусловлено возможностью профилометра Mitutoyo Surftest SJ-210 реализовать измерение указанного показателя.

7. Из текста автореферата неясно, какой вид смазочно-охлаждающей жидкости применялся при растачивании отверстий.

8. Возникает вопрос, возможно ли применение разработанного способа и подготовленной установки на сверлильных и фрезерных станках, а также станках с ЧПУ?

9. В диссертационном исследовании не достаточно изложена физика процесса упрочнения обработанной поверхности в результате применения высокочастотного волнового воздействия. Детальное изучение механизма упрочнения позволило бы глубже понять особенности изменения структуры материала, механизм формирования остаточных напряжений и закономерности образования новых фаз, что могло бы способствовать повышению эффективности метода и расширению сферы его промышленного применения.

Указанные замечания не снижают научной и практической значимости результатов диссертации и носят рекомендательный характер.

8. Заключение по диссертации

Диссертация «Технологическое обеспечение качества растачиваемых поверхностей изделий из коррозионностойких алюминиевых сплавов на основе высокочастотного волнового воздействия», 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 **Минин Александр Олегович** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6. – Технология машиностроения.

Официальный оппонент

Главный научный сотрудник научно-исследовательской
лаборатории «Промышленные технологии инженерии
поверхности»

ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет»

д.т.н., доцент

Бобровский Николай Михайлович

Подпись Бобровского Н.М. заверяю

М.П. *14.05.2025* Коновалова М.А.

Сведения об официальном оппоненте:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тольяттинский государственный университет»

Почтовый адрес: 445020, Самарская область, г. Тольятти, ул. Белорусская, д. 16 В.

Официальный сайт в сети Интернет: www.tltsu.ru

эл. почта: inmash@tltsu.ru

телефон: +7 (8482) 63-00-44