

О Т З Ы В

официального оппонента

доктора технических наук, профессора Петрова Владимира Марковича
на диссертацию Филипенко Ирины Анатольевны на тему: «Технологическое
повышение качества кромок листового проката из алюминиевого сплава
марки АМц методом магнитно-абразивной обработки», представленную на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.02.08 – Технология машиностроения

1. Актуальность темы диссертации

В настоящее время в промышленности все большее внимание уделяется требованиям к качеству изготавливаемых изделий, их надежности, долговечности и конкурентоспособности. Изделия из алюминиевых сплавов, в том числе собранные с помощью операций сварки, отличаются своими уникальными свойствами, которые способствуют их все большему распространению во всех отраслях промышленности. Ввиду высокой вязкости, обработка сплавов алюминия резанием, перед операцией сварки, является трудоемкой задачей, требующей специализированного инструментального и технологического обеспечения. Помимо обеспечения качества поверхностного слоя изделий, перед технологом стоит вопрос, обусловленный конструкторским решением, предполагающий создание неразъемного соединения в виде сварной конструкции. Обеспечение прочности сварного соединения изделий из алюминиевых сплавов является затруднительным, в связи с образованием на поверхности изделий естественной оксидной пленки, которая, с одной стороны, защищает поверхность изделий от воздействия внешней среды, повышая коррозионную стойкость. С другой, имея гораздо большую температуру плавления алюминия, остается в корне сварного соединения в виде дефектов. В связи с данным фактом возникает необходимость предварительной, специальной обработки кромок перед сваркой, причем способ должен быть щадящим с точки зрения силового воздействия на материал и низкотемпературный чтобы исключить воздействия, способные привести к росту оксидной пленки.

В связи с вышеуказанным, разработка способа магнитно-абразивной обработки изделий из алюминиевого сплава, характеризующегося низкой температурой резания, позволяющего формировать низкий показатель шероховатости поверхности, способствовать снижению поверхности окисления, удалять существующие загрязнения, дефектный и оксидный слой с поверхности

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-473 от 05.09.22
АУ УС

кромки, не катализируя активный повторный рост оксидной пленки, является актуальной задачей.

2. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их новизна

Достоверность сформулированных Филипенко И.А. научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается корректным применением методик планирования промышленного эксперимента, анализа и интерпретации полученных результатов, а также повторяемостью экспериментальных исследований, количеством проводимых измерений и используемым оборудованием.

На основе теоретических и экспериментальных исследований разработан способ магнитно-абразивной обработки плоских изделий из алюминиевого сплава марки АМц, включающий в себя схему обработки, подбор сочетания рабочих движений, диапазоны технологических параметров обработки, материал абразивного порошка, состав смазочно-охлаждающей жидкости, позволяющий производить равномерную обработку, исключая эффект шаржирования.

Научная новизна выводов и рекомендаций заключается в выявленных закономерностях влияния технологических факторов разработанного способа магнитно-абразивной обработки на такие параметры, как шероховатость, удельный съем материала с единицы площади и толщину снимаемого материала при обработке плоских изделий из алюминиевого сплава марки АМц. На основании анализа полученных результатов экспериментальных исследований были получены математические зависимости, позволяющие получить значения контролируемых параметров обработки в зависимости от значений технологических факторов. Также, установлено, что подготовка кромок перед сваркой магнитно-абразивным способом позволяет удалить существующие загрязнения и оксидную пленку с поверхности, тем самым способствуя увеличению прочности сварного соединения.

3. Научные результаты, их ценность

Научные результаты, полученные в диссертационном исследовании, сформулированы автором в трех положениях, выносимых на защиту:

1. Применение способа магнитно-абразивной подготовки кромок поверхностей плоских изделий из алюминиевого сплава марки АМц, включающий

в себя схему обработки, сочетание рабочих движений, диапазоны технологических факторов и технологический инструмент, позволяют удалить существующий оксидный и дефектный слой, обеспечить необходимую шероховатость поверхности до $Ra = 0,23$ мкм и произвести равномерную бездефектную обработку.

2. Разработанные регрессионные математические зависимости технологической системы, учитывающие влияние технологических параметров магнитно-абразивной обработки, позволяют получить значения шероховатости поверхности, удельного съема материала с единицы площади и толщины снимаемого материала при обработке плоских изделий из алюминиевого сплава марки АМц.

3. Разработанный и реализованный на практике способ магнитно-абразивной предварительной подготовки кромок поверхностей плоских изделий из алюминиевого сплава марки АМц обеспечивает увеличение предела прочности сварного соединения в 1,6 раз, работу разрушения в 4,5 раза по сравнению со сварными соединениями, кромки которых подготовлены ручным абразивным инструментом.

Идея работы заключается в применении метода магнитно-абразивной обработки для технологического обеспечения качества поверхности кромок плоских изделий из алюминиевого сплава марки АМц, позволяющее уменьшить площадь поверхности окисления за счет снижения шероховатости поверхности и удалении существующей оксидной пленки, что позволяет повысить прочность сварного соединения.

Доказательством *первого защищаемого положения* являются проведенные теоретические и экспериментальные исследования, на основании которых установлено, что удаление существующего оксидного и дефектного слоев подтверждается результатами экспериментальных исследований толщины снимаемого материала, ее взаимосвязи с шероховатостью поверхности, а также оптического контроля поверхностей кромок, из которых следует, что снятие слоя толщиной 9-14 мкм обеспечивает полное удаление дефектного и оксидного слоя (толщина которого не превышает 3 мкм) с обрабатываемой поверхности. Контроль шероховатости осуществлялся профилометром Mitutoyo SurfTest SJ-210 по 12 точкам и 3 повторениям в каждой. Установлено, что в исследуемом диапазоне технологических параметров, принятых по итогу предварительных экспериментов, формируемое значение показателя шероховатости поверхности находится в диапазоне $Ra = 0,233-0,847$ мкм. Шероховатость поверхности $Ra = 0,23$ мкм формируется при значении технологических параметров магнитной индукции $B=0,5$ Тл, времени обработки $t = 6$ мин, скорости подачи заготовки вдоль полюсных

наконечников $S=175$ мм/мин, частоты вращения заготовки $n=225$ мин⁻¹. Равномерность и бездефектность обработки подтверждается результатами измерений микротвердости поверхности до и после обработки, а также оптическим контролем геометрической формы кромок, показывающими равномерное скольжение частиц абразива о торцевую и боковую поверхности заготовки, исключая микроудар.

Доказательством *второго защищаемого положения* является применение методики центрального композиционного рототабельного планирования, позволяющего получить математическое представление отклика объекта исследования в виде полного полинома второй степени. Выбранный план состоял из 31 эксперимента, 16 из которых составляют ядро плана и представляют собой матрицу планирования полнофакторного эксперимента 2^4 , 8 экспериментов в «звездных» точках и 7 экспериментов в центре плана. Экспериментальные исследования проводились в рамках установленных по итогам предварительных экспериментов рациональных диапазонов технологических параметров магнитно-абразивной обработки. Контролируемыми параметрами являлись шероховатость поверхности, оцениваемая при помощи профилометра Mitutoyo SurfTest SJ-210, и количество снимаемого материала, оцениваемое при помощи измерительных весы марки ВЛТЭ 310. Перевод значений параметра количества снимаемого материала в параметры удельного съема материала с единицы площади и толщину снимаемого материала осуществлялся по общепринятым формулам. Таким образом, анализ результатов экспериментов согласно методике планирования, позволил получить регрессионные математические модели, позволяющие получить значения параметров шероховатости, удельного съема материала и толщины снимаемого материала, в зависимости от принимаемых значений технологических параметров.

Доказательством *третьего защищаемого положения* являются результаты экспериментальных исследований прочности сварного соединения изделий, кромки которых были подготовлены ручным абразивным инструментом и магнитно-абразивным инструментом с обеспечением показателя шероховатости поверхности $Ra=0,23$ мкм и $Ra=0,79$ мкм. Экспериментальные исследования проводились на образцах, сваренных попарно электродуговой сваркой в среде инертного газа аргон с одинаковыми параметрами, на универсальной испытательной машине ZwickRoell Z100. Контроль прочности показал, что сварные соединения изделий, кромки которых были подготовлены при помощи разработанного магнитно-абразивного способа, имеют прочность в 1,1 - 1,6 раза по сравнению с подготовкой кромок по существующей технологии.

Все защищаемые положения, сформулированные в диссертационной работе, соответствуют названию диссертации и цели исследования, являются обоснованными и опираются на результаты выполненных автором теоретических и экспериментальных исследований. Полученные в работе результаты являются новыми и могут быть использованы для обеспечения качества поверхностного слоя изделий из алюминиевого сплава марки АМц, а также в качестве способа предварительной подготовки свариваемых поверхностей для повышения прочности сварной конструкции.

Филипенко Ирина Анатольевна выполнила работу на актуальную тему, имеет широкий кругозор и хорошее знание проблемы, умение самостоятельно планировать и вести теоретические и экспериментальные исследования, а также навыки пользования приборами и аппаратными средствами контроля. Содержание автореферата полностью соответствует основным идеям и выводам диссертации. На все используемые литературные источники имеются необходимые ссылки.

Основные положения работы были доложены на международных конференциях и симпозиумах. Работа выполнялась в рамках гранта Российского фонда фундаментальных исследований, что подтверждает ее актуальность и научную новизну результатов. Результаты диссертационной работы 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, в 2 статьях - в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus; получено 2 патента на изобретение.

4. Теоретическая и практическая значимость работы

Значимость полученных соискателем результатов исследований подтверждается следующим:

- разработан способ магнитно-абразивной обработки плоских изделий, закрепленный патентами Российской Федерации на изобретение № 2710085 и № 2751392, позволяющий обеспечить равномерную и бездефектную обработку изделий без эффекта шаржирования, что особо актуально при обработке алюминиевых сплавов;

- разработан способ, включающий рациональное сочетание рабочих движений: главного движения, обеспечивающего силу резания (V_p) в процессе обработки, возвратно-поступательного движения заготовки вдоль полюсных наконечников (V_n) и осциллирующего движения (V_o); диапазоны технологических

параметров магнитно-абразивной обработки: магнитная индукция $B = 0,5-0,8$ Тл; время обработки $t = 6-10$ мин; частота вращения заготовки $n = 225-475$ мин⁻¹; скорость подачи заготовки вдоль полюсных наконечников $S = 75-175$ мм/мин; порошок марки Пр10Р6М5 фракцией 50-250 мкм; смазочно-охлаждающие жидкости на эмульсионной основе, позволяющий удалить дефектный и оксидный слой с поверхности, обеспечить шероховатость поверхности $Ra=0,23$ мкм. Разработанный способ реализован на магнитно-абразивном устройстве на базе фрезерного станка с ЧПУ;

- на основании анализа полученных результатов экспериментальных исследований, проведенных в соответствие с матрицей планирования центрального композиционного рототабельного плана, получены регрессионные математические зависимости, позволяющие получить значения шероховатости поверхности, удельного съема материала и толщины снимаемого материала при варьируемых технологических параметров магнитно-абразивной обработки, таких как магнитная индукция, время обработки, частота вращения и скорость подачи заготовки;

- установлено, что на формирование шероховатости поверхности кромок изделий из алюминиевого сплава марки АМц в процессе магнитно-абразивной обработки наибольшее влияние оказывают значения подачи, магнитной индукции и времени обработки, на удельный съем материала с единицы площади и толщину снимаемого материала наибольшее влияние оказывают величины значений магнитной индукции, времени обработки и частоты вращения;

- установлено, что применение разработанного способа магнитно-абразивной обработки в качестве предварительной операции подготовки кромок изделий из сплава АМц перед сваркой позволяет повысить прочность сварного соединения в 1,6 раз, а работу разрушения в 4,5 раз.

Ценность полученных практических результатов подтверждается актами промышленной апробации полученных результатов на предприятиях АО ВО «Электроаппарат» и ООО «ПО «Электромашина».

5. Замечания и вопросы по работе

1. В качестве общих замечаний применительно, как к рукописи диссертационной работы, так и автореферата можно отметить следующее: имеются ошибки и неточности, например, нагрузка на индентор P задается в «граммах» (стр.47 рукопись); неясно с чем имеем дело с заявленной твердостью или микротвердостью сплава (дословно «твердость сплава АМц $HV 10^{-1} = 40$ МПа», стр.48 рукопись); на стр.50 речь идет о режимах обработки (дословно «скорость

вращения заготовки – не более 500 об/мин», явно речь идет о частоте вращения заготовки); в подрисуночных подписях под микрофотографиями рукописи (рис.4.6,4.7,4.8,4.9, стр.105,107,108 и т.д. рукопись) отсутствуют данные об увеличении микроскопа и не везде имеется шкала удобная для понимания; в автореферате отсутствуют отдельные данные об измерительных приборах и испытательных стендах используемых в работе (нет сведений об аппаратных средствах в подрисуночных подписях рис.5,6,7, автореферат), и т.п.

2. Замечание носит методологический характер и заключается в том, что в первой главе диссертации достаточно широко раскрыты существующие способы зачистки кромок перед сваркой металлических поверхностей, однако в автореферате и актуальности исследования указывается только механический и химический способ, создавая впечатление, что автором не проработан вопрос в полной мере. В автореферате следовало бы сделать акцент и на другие способы подготовки исходя из особенностей алюминиевых сплавов и их быстрой окисляемости.

3. Пункт 1 «задач исследования» формулируется как «зависимости прочности сварного соединения от качества предварительной подготовки кромок», однако в первой главе диссертации не говорится о количественном выражении прочности и ее связи с качеством подготовки кромок, а широко раскрываются причины разрушения сварных соединений. В связи с этим следовало бы уточнить формулировку задачи более корректно.

4. В четвертой главе диссертации приводятся результаты исследований сварных соединений, кромки которых подготовлены традиционным механическим способом зачистки и предлагаемым магнитно-абразивным, при этом рассматривается два значения показателя шероховатости после магнитно-абразивной обработки, но не приводится значение шероховатости поверхности кромок, которые подготовлены механическим способом. В связи с этим возникает вопрос необходимости рассмотрения двух значений показателя шероховатости кромок после магнитно-абразивной обработки. По-видимому, это установленный экспериментально автором допуск в рамках которого имеем существенное улучшение физико-механических характеристик при испытаниях?

5. В диссертации приводятся данные о температуре в зоне резания при магнитно-абразивной обработке на основании литературных источников. Проводилось ли измерение температуры в зоне обработки при экспериментальных исследованиях разработанного способа?

6. В пункте 2.3.3 диссертации говорится, что степень заполнения рабочего пространства абразивным порошком рекомендовано принимать 0,8 от общего

объема, но не говорится, какое количество абразивного материала применялось при проведении исследований.

Данные замечания не носят принципиального характера и не снижают общей положительной оценки проведенных исследований, их следует рассматривать как советы автору по дальнейшей научной работе.

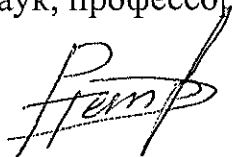
6. Заключение по диссертации

По содержанию, новизне, практической и теоретической значимости и целостности полученных результатов диссертация Филипенко И.А. является законченной научно-квалификационной работой, посвященной актуальной задаче обеспечения качества изделий из алюминиевого сплава марки АМц, а также повышению прочности сварного соединения за счет применения метода магнитно-абразивной обработки.

Диссертация «Технологическое повышение качества кромок листового проката из алюминиевого сплава марки АМц методом магнитно-абразивной обработки», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – Технология машиностроения полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 20.05.2021 № 953адм, а ее автор **Филипенко Ирина Анатольевна** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – Технология машиностроения.

Профессор кафедры технологии и производства артиллерийского вооружения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Доктор технических наук, профессор



Петров Владимир Маркович

ПОДПИСЬ
УДОСТОВЕРЯЮ

НАЧАЛЬНИК УПРАВЛЕНИЯ
КАДРОВ
СЕРГЕЕВА О.А.



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Балтийский государственный технический университет
«ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Почтовый адрес: 190005, г. Санкт-Петербург, ул. 1-я Красноармейская, д.1

Официальный сайт в сети Интернет: www.voenmeh.ru

e-mail: komdep@bstu.spb.su

Телефон: +7 (812) 316-23-94