ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Люй Лань «Закономерности формирования и эволюции усталостного повреждения оксидных покрытий, полученных при микродуговом оксидировании деформируемых алюминиевых сплавов», представленную на соискание

учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки)

1. Актуальность избранной темы

Актуальность избранной темы не вызывает сомнений. Алюминиевые сплавы незаменимы в качестве конструкционного материала в авиакосмической, машиностроительной и прочих отраслях промышленности. Для повышения тяговооруженности и срока службы элементов конструкций необходимо улучшить усталостную прочность алюминиевых сплавов, что предлагается решать путем модификации поверхности и нанесения покрытий. Метод микродугового оксидирования (МДО) является наиболее перспективным для модификации поверхности алюминиевых сплавов, за счет формирования твердого слоя из оксида алюминия с высокой адгезией к основе. МДО покрытия значительно повышают твердость и износостойкость поверхности деталей из алюминиевых сплавов и улучшают их коррозионную стойкость. Развитая поверхность, формируемая методом МДО, может выступать в качестве масляных карманов для смазывающих веществ, а также улучшает адгезию лакокрасочного покрытия к алюминиевым деталям. Усилия многочисленных исследователей направлены на совершенствование технологии МДО применительно к различным материалам. Поэтому установление взаимосвязей между технологическими параметрами МДО, структурой и свойствами формируемых слоев на алюминиевых сплавах является актуальным.

2. Степень обоснованности и достоверности научных положений, сформулированных в диссертационной работе

Результаты работы основаны на анализе влияния технологических параметров МДО алюминиевых сплавов, таких как продолжительность обработки, плотность тока и индуктивность цепи на морфологию поверхности, структуру поперечных сечений и свойства покрытий. В качестве контролируемых параметров разработанных покрытий диссертант использовал толщину, шероховатость, микротвердость и долговечность при циклическом нагружении образцов из алюминиевых сплавов с МДО-покрытиями. Испытания на циклическую долговечность сопровождались регистрацией сигналов акустической эмиссии и интерпретировались с их учетом.

Обоснованность научных положений и выводов обусловлены использованием надежных общепринятых методов исследования материалов, наличием поверенного оборудования, достаточной статистической выборкой экспериментальных данных и согласованностью результатов с литературными сведениями.

Научные положения, выносимые на защиту, являются обоснованными, так как базируются на результатах экспериментальных исследований, полученных диссертантом на современном научном оборудовании. При обосновании результатов исследований автор использовал известные теоретические зависимости в области материаловедения и механики разрушения материалов, на основе которых были получены новые данные. Результаты исследований подтверждены патентом на изобретение.

Достоверность основных результатов диссертационной работы базируется на всестороннем анализе выполненных ранее научно-исследовательских работ, применением в исследованиях апробированного научно-методического аппарата, достаточным объемом исходного материала и апробацией результатов исследований участием в 11 конференциях.

Выводы работы согласуются с полученными результатами, в своей основе обладают логической последовательностью и непрерывностью суждений.

3. Результаты исследования, их научная новизна и значимость

Цель диссертационной работы заключается в установлении закономерностей влияния технологических режимов микродугового оксидирования на характеристики и свойства оксидных покрытий, формируемых на деформируемых алюминиевых сплавах, и оценки влияния режимов МДО на процесс усталостного разрушения для повышения показателей их механических свойств и эксплуатационных характеристик.

Приведенные в работе научные положения, выводы и результаты соответствуют области исследования паспорта научной специальности ВАК РФ 2.6.17. Материаловедение (технические науки) по пунктам:

1. Разработка новых металлических, неметаллических и композиционных материалов, в том числе капиллярно-пористых, с заданным комплексом свойств путем установления фундаментальных закономерностей влияния дисперсности, состава, структуры, технологии, а также эксплуатационных и иных факторов на функциональные свойства материалов. Теоретические и экспериментальные исследования фундаментальных связей состава и структуры металлических, неметаллических материалов и композитов с комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств с целью обеспечения надежности и долговечности деталей, изделий, машин и конструкций (химической,

нефтехимической, энергетической, машиностроительной, легкой, текстильной, строительной);

- 5. Установление закономерностей и критериев оценки разрушения металлических, неметаллических и композиционных материалов и функциональных покрытий от действия механических нагрузок и внешней среды;
- 11. Разработка функциональных покрытий различного назначения и методов управления их свойствами и качеством.

Новизна полученных результатов состоит в установлении влияния индуктивности электрической цепи на характеристики и механические свойства покрытий, формируемых на деформируемых алюминиевых сплавах при микродуговом оксидировании в электролите на основе гексаметафосфата, силиката и гидроксида натрия.

Установлено увеличение циклической долговечности при изгибе алюминиевого сплава 7075 с МДО покрытием, за счет наличия барьерного оксидного слоя, препятствующего развитию усталостных повреждений в поверхностных слоях пластичной подложки в инкубационный период развития циклической усталости.

4. Значение научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, для теории и практики

Результаты по влиянию плотности тока, индуктивности цепи и продолжительности микродугового оксидирования деформируемых алюминиевых сплавов в электролите на основе гексаметафосфата, силиката и гидрокида натрия на технологические параметры формируемых покрытий могут быть полезны специалистам по оксидированию вентильных металлов.

Результаты диссертации были внедрены в учебный процесс при курсовом и дипломном проектировании, чтении курсов в области материаловедения и приняты к использованию при отработке технологии нанесения оксидных покрытий на корпусах изделий из алюминиевых сплавов на предприятии ООО «ЭСКО» с целью повышения эффективности технологического процесса.

5. Рекомендации по использованию результатов научных исследований

Результаты научных исследований могут быть использованы при разработке оксидных покрытий для повышения эксплуатационных свойств деталей из деформируемых алюминиевых сплавов.

6. Недостатки и замечания по диссертации

По диссертации есть несколько замечаний:

1. В тексте диссертации много орфографических и грамматических ошибок, которые снижают скорость прочтения текста диссертации, однако не искажают логику восприятия.

- 2. На рисунке 1.6 не указано время МДО обработки для отдельных изображений.
- 3. В диссертации слишком большое внимание уделено методам анодирования алюминия (С. 10-22), что больше чем для МДО.
- 4. В таблице 1.1 в качестве единиц измерения толщины пленки для МДО указаны нм (от 10 до 300 нм).
- 5. Судя по рисункам 3.16 микроструктура подложки из сплава 7075, полученная при одинаковом увеличении, существенно различается.
- 6. В разделе 3.2 проводили расчет энергии, потребленной ячейкой МДО. Почему экспериментально не измерили потребление энергии при МДО с помощью счетчика. Какова удельная энергоэффективность МДО по сравнению с другими методами нанесения покрытий.
- 7. В разделе 3.2 указывается: «Твердость материала косвенно коррелирует с износостойкостью, поэтому при определенном допущении можно данный параметр использовать при экспресс косвенной оценке износостойкости покрытий». Это некорректно, поскольку величину износостойкости невозможно вычислить, опираясь на значения твердости. В вашем контексте корректнее было сказать, что согласно модели Архарда, повышение твердости материала приводит к увеличению его износостойкости.
- 8. Чем обусловлено резкое снижение твердости покрытий при повышении индуктивности от 17,6 до 28 мГн, особенно при периоде 120 минут?
- 9. На С. 90 делается заключение «Таким образом, рост твердости покрытий, не является функцией пропорциональной зависимости от толщины». Какую функцию можно было ожидать от этих двух параметров?
- 10. Данные полученные методом акустической эмиссии не отражены в основных результатах или выводах диссертации. Поэтому неясно, какие результаты получены с помощью данного метода?
- 11. В работе не выдержана парадигма материаловедения: «технология-состав-структура-свойства-эксплуатационная эффективность», в части отсутствия состава (химического, фазового) и микроструктуры (форма и размер зерен оксида алюминия) разработанных покрытий. В первой главе сообщается, что МДО покрытия на алюминиевых сплавах состоят из оксида алюминия в а и у фазах с различным соотношением, но данные химического и фазового анализов разработанных покрытий не приводятся. Кроме того, электролит содержит силикаты и фосфаты, которые согласно литературным данным, могут присутствовать в составе оксидированного слоя и оказывать влияние на его свойства.
- 12. В части описания структуры оксидированного слоя упоминается присутствие дефектов в виде пор, однако не приведена их количественная

оценка. Почему не строили напрашивающиеся корреляции режимы – пористость – свойства?

Отмеченные выше недостатки не оказывают какого-либо значимого влияния на сформулированные в заключении выводы и не снижают в целом научной новизны и практической ценности работы.

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

Содержание автореферата полностью соответствует диссертации. Все указывает на то, что диссертант писал работу самостоятельно, а в частности большое количество орфографических ошибок. Диссертация написана логически грамотно, стиль изложения вызывает приятное впечатление, хорошо сделан обзор современного состояния исследований по методу МДО. Встречаются узко специфические термины, что говорит о разносторонних знаниях соискателя. Складывается впечатление, что диссертант хорошо владеет навыками проведения эксперимента и работы с научным оборудованием. Эксперимент хорошо спланирован, были проведены предварительные исследования.

По своей актуальности, уровню решённых задач, научной новизне, теоретической и практической значимости, обоснованности научных положений и выводов, достоверности полученных результатов, уровню апробации и опубликованию основных положений в печати диссертационная работа Люй Лань «Закономерности формирования и эволюции усталостного повреждения оксидных покрытий, полученных при микродуговом оксидировании деформируемых алюминиевых сплавов» соответствует требованиям пп. 9-14 Положения ВАК РФ, утверждённого постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук, а её автор Люй Лань заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки).

Согласен на включение в аттестационное дело и дальнейшую обработку моих персональных данных, необходимых для процедуры защиты диссертации, в том числе размещение их в сети Интернет.

Официальный оппонент,

старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт Материаловедения Дальневосточного отделения Российской академии наук, обособленного подразделения Хабаровского Федерального исследовательского центра Дальневосточного отделения Российской академии наук, кандидат физико-математических наук (специальность 01.04.07 – Физика конденсированного состояния)

Бурков Александр Анатольевич

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Хабаровский Федеральный исследовательский центр Институт Материаловедения Дальневосточного отделения Российской академии наук

Адрес: 680042, г. Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 153,

телефон: +7(4212) 22-69-56. E-mail: secretar@im.febras.net

«13» марта 2025 г.

Подпись А.А. Буркова заверяю

08000

HU JBO PAH

BOLOK TICOL HUHO