

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 217.035.01 НА
БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИТАРНОГО
ПРЕДПРИЯТИЯ «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ ИМ. И.П. БАРДИНА»
МИНИСТЕРСТВА ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 24 мая 2017 г. № 1.2

О присуждении гражданину Российской Федерации **Полунину Антону Викторовичу** ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Влияние наночастиц SiO₂ на структуру, состав и свойства оксидных слоев, формируемых микродуговым оксидированием силуминов» по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» принята **к защите 21 марта 2017 г.**, протокол заседания № 1.1, диссертационным советом Д 217.035.01 на базе Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина» Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, по адресу: 105005, г. Москва, ул. Радио, д. 23/9, стр. 2 в соответствии с приказом № 105/нк от 11.04.2012 г. и частичными изменениями № 194/нк от 22.04.2013 г.

Соискатель, Полунин Антон Викторович, 1986 года рождения (г. Тольятти, Самарская обл.), в 2008 году окончил Самарский государственный аэрокосмический университет имени С.П. Королева (г. Самара). В 2014 году окончил аспирантуру в Тольяттинском государственном университете (г. Тольятти), удостоверение № 28/5 от

05.08.2015 г.: английский язык – удовлетворительно, история философии и науки (физико-математические науки) – отлично.

В 2016 г сдал кандидатский экзамен по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» на отлично, справка № 52 от 29.06.2016.

С 09.2010 работает инженером в НИО-4 «Оксидные слои, пленки и покрытия» Научно-исследовательского института прогрессивных технологий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тольяттинский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Диссертация выполнена в НИО-4 «Оксидные слои, пленки и покрытия» и в НИО-2 «Физика прочности и интеллектуальные диагностические системы» Научно-исследовательского института прогрессивных технологий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тольяттинский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Криштал Михаил Михайлович работает в должности ректора федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тольяттинский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Официальные оппоненты:

Крит Борис Львович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Технологии производства приборов и информационных систем управления летательных аппаратов» ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет)», лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники;

Белов Николай Александрович, доктор технических наук, профессор кафедры «Литейные технологии и художественная обработка материалов»

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

дали **положительные отзывы** на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «**Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ИФПМ СО РАН)**», г. Томск, в своем **положительном заключении**, подписанном Шаркеевым Ю.П., д.ф.-м.н., профессором, заведующим лабораторией физики наноструктурных биокompозитов ИФПМ СО РАН и Седельниковой М.Б., д.т.н., с.н.с. лаборатории физики наноструктурных биокompозитов ИФПМ СО РАН, **указала, что научная значимость работы определяется** установленными закономерностями изменения фазового состава оксидных слоев, формируемых микродуговым оксидированием силуминов, под влиянием наноразмерного SiO_2 , добавляемого в электролит; предложенным механизмом образования фаз сверхвысокого давления (стишовита и коэсита); расчетно-экспериментальным выявлением рентгеноаморфной фазы SiO_2 в оксидных слоях, обуславливающей снижение их теплопроводности. **Практическая значимость работы обусловлена** улучшением функциональных свойств покрытий и повышением производительности процесса МДО в 2–4,5 раза при обработке силуминов. Результаты исследования внедрены ЗАО «Лада-ФЛЕКТ» в производственный процесс изготовления вентиляционного оборудования, в частности для обработки лопаток промышленных осевых вентиляторов систем воздухообеспечения.

Соискатель имеет 17 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации – 10 работ, в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, – 6 работ.

Научные публикации посвящены изучению структурно-фазового состояния оксидных слоев, формируемых микродуговым оксидированием на алюминиево-кремниевых сплавах, и взаимосвязи структурно-фазового состояния слоев с их функциональными характеристиками

(износостойкостью); исследованию условий протекания процесса упрочнения силуминов методом МДО и их влиянию на фазовый состав формируемых оксидных слоев, в частности, на формирование в оксидных слоях высокотемпературных фаз $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (корунд) и SiO_2 (тридимит) и фаз SiO_2 сверхвысокого давления (коэсит и стишовит).

Результаты, представленные в опубликованных работах, могут быть использованы для разработки новых трибологических систем и элементов пар трения, а также теплоизоляционных элементов конструкций.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. **Полунин А.В.**, Ивашин П.В., Растегаев И.А., Боргардт Е.Д., Криштал М.М. Исследование износостойкости оксидных слоев, сформированных микродуговым оксидированием на силумине АК9ПЧ в модифицированном наночастицами диоксида кремния электролите // **Деформация и разрушение материалов**. №2. 2015. с. 21–25.

2. Криштал М.М., Ивашин П.В., Ясников И.С., **Полунин А.В.** Влияние добавок наноразмерных частиц SiO_2 в электролит на состав и морфологию оксидных слоев, формируемых при микродуговом оксидировании сплава АК6М2 // **Металловедение и термическая обработка металлов**. 2015. №7. с. 62–69.

3. Криштал М.М., **Полунин А.В.**, Ивашин П.В., Боргардт Е.Д., Ясников И.С. Об изменениях фазового состава оксидных слоев, формируемых микродуговым оксидированием на Al-Si и Mg сплавах, под влиянием добавок в электролит наночастиц SiO_2 // **Доклады академии наук. Физическая Химия**. 2016. Том 469. №1. стр. 58–60.

На диссертацию и автореферат поступило 16 **положительных** отзывов, 11 из которых имеют замечания. В отзывах отмечено: работа актуальна и своевременна, направлена на изучение фазового состава, структуры и свойств оксидных слоев на группе широко применяемых в промышленности литейных алюминийево-кремниевых сплавов (**СамГТУ, МГУ, МГТУ им. Н.Э Баумана, ФТИ РАН им. А.Ф. Йоффе, НИЦ Курчатовский институт,**

Институт химии ДВО РАН, ЦНИИЧМ им. И.П. Бардина, СибГУ, ТГУ им. Г. Р. Державина, АО НПО Сплав, ИФМ УрО РАН); рассмотрена взаимосвязь фазового состава, структуры и характеристик оксидных слоев и концентрации вводимого в электролит нанодиоксида кремния, определен оптимум добавки наночастиц SiO₂ в электролит при МДО силуминов (**УГАТУ, НИЦ Курчатовский Институт, МГУ, МГТУ им. Н.Э Баумана, ЦНИИЧМ им. И.П. Бардина, ИФМ УрО РАН);** выполнены расчеты, выявившие формирование в оксидных слоях рентгеноаморфной фазы (**ФТИ РАН им. А.Ф. Йоффе**), что подтверждено сравнением расчетных данных по теплопроводности с результатами измерений; предложен механизм формирования фаз сверхвысокого давления стишовита и коэсита в оксидных слоях, заключающийся в локальном термическом воздействии микродуговых разрядов на зону, прилегающую к каналу пробоя (**СамГТУ, УГАТУ, НИЦ Курчатовский институт, МГУ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, ТГУ им. Г. Р. Державина, ИФМ УрО РАН);** достигнуто значительное повышение производительности процесса химико-термического упрочнения алюминиево-кремниевых сплавов и функциональных характеристик оксидных слоев (**НИЦ Курчатовский институт, МГТУ им. Н.Э. Баумана, СамГТУ, ФТИ РАН им. А.Ф. Йоффе, ЦНИИЧМ им. И.П. Бардина, ИФМ УрО РАН);** результаты обладают практической полезностью для соответствующих отраслей промышленности, в первую очередь авиационного и ракетно-космического профиля, машиностроения (**МГТУ им. Н.Э. Баумана, НИЦ Курчатовский институт, ЦНИИЧМ им. И.П. Бардина);** работа выполнена на высоком научном уровне, представляет собой законченное тщательно выполненное научное исследование в области разработки новых способов получения оксидных слоев на алюминиевых сплавах и изучения физико-механических характеристик таких слоев, содержащий наночастицы SiO₂ (**ФТИ РАН им. А.Ф. Йоффе, СамГТУ, УГАТУ, СибГУ, ЦНИИЧМ им. И.П. Бардина, ИФМ УрО РАН);** получен большой объем значимых экспериментальных данных с глубоким уровнем

проработки рассматриваемых вопросов и с применением знаний из областей химии, электрохимии, термической обработки, а также физики искрового разряда и теории ударных волн (УГАТУ, ФТИ РАН им. А.Ф. Иоффе, ЦНИИЧМ им. И.П. Бардина, ТГУ им. Г. Р. Державина, ИФМ УрО РАН).

Краткий перечень замечаний:

В работе не рассмотрен вопрос влияния химического и фазового состава, исходной структуры сплава на качество и характеристики оксидных слоев (СамГТУ, УГАТУ); не нашли отражения электрический режим оксидирования (тип источника питания, соотношение анодных и катодных напряжений и токов, крутизна переднего фронта импульса и другие), информация о стабильности и долговечности электролита с добавками наночастиц SiO_2 , влияние времени МДО на момент выделения, количество и тип модифицированных фаз, температурного режима электролита, отсутствует информация о составе исходного электролита, в который добавляются наночастицы SiO_2 (АО НПО Сплав, СамГТУ, Институт химии ДВО РАН); не приводится обоснование выбора определённой дисперсности применяемых нанопорошков диоксида кремния, при объяснении механизма формирования функциональных покрытий не используется аппарат механики хрупкого разрушения твёрдых тел и методы конечно-элементного моделирования (МГУ им. М.В. Ломоносова); не рассмотрена гидродинамическая модель влияния наночастиц SiO_2 жидкости на импульсы или пиковые значения гидродавления в локальной зоне МДО (НИЦ Курчатовский институт, МГТУ имени Н.Э. Баумана); не используется аппарат корреляционного анализа, позволяющий количественно оценить функциональную взаимосвязанность рассматриваемых зависимостей в виде расчётных значений коэффициентов корреляции необходимой размерности (МГТУ имени Н.Э. Баумана); отсутствует сравнение по эффективности рассматриваемого микродугового метода модификации поверхности силуминов с другими известными технологиями модифицирования поверхности алюминиевых сплавов (Институт физики металлов УрО РАН);

новизна и оригинальность результатов не подтверждены патентом (Институт физики металлов УрО РАН); не ясно, в какой мере можно использовать полученные результаты для алюминиевых сплавов, широко используемых в ракетно-космическом машиностроении (МГТУ имени Н.Э. Баумана); не приведены данные исследования пористости покрытий, не очевидна необходимость проведения исследований влияния добавок наночастиц SiO₂ на микропрофиль МДО-покрытий, не проведен комплекс работ в области исследований коррозионной и эррозионной стойкости покрытий, не понятно, почему при увеличении концентрации наночастиц SiO₂ в электролите до 5 и 7 г/л происходит ухудшение эксплуатационных характеристик (УГАТУ).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается:

Крит Борис Львович – ведущий специалист в области технологии микродугового оксидирования вентильных металлов (Al, Mg, Ti) и их сплавов, исследования структуры, состава и свойств, формируемых методом МДО оксидных слоев, автор многочисленных публикаций (более 50) и монографий (3) по тематике микродугового оксидирования.

Белов Николай Александрович – ведущий специалист в области разработки и испытаний алюминиевых сплавов, различных систем легирования алюминиевых сплавов, теоретического исследования фазовых превращений в металлах и сплавах, а также в области их химикотермического упрочнения, автор более 300 публикаций и более 5 монографий.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «**Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ИФПМ СО РАН)**», г. Томск – является одним из крупнейших академических институтов в России в области исследования наноструктур и наноматериалов, механики структурно-неоднородных сред, прочности и упрочнения различных материалов, поверхностных явлений и композиционных материалов,

материаловедения покрытий и нанотехнологий, физического материаловедения.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Предложен способ повышения служебных характеристик оксидных слоев на силуминах, получаемых методом микродугового оксидирования (МДО), путем модифицирования электролита нанопорошком SiO_2 .

Установлено, что добавление нанопорошка SiO_2 в электролит при проведении микродугового оксидирования силуминов приводит к изменению макроструктуры и фазового состава оксидных слоев и существенному повышению их функциональных характеристик, а также к значительному ускорению процесса МДО.

Выявлен и описан характер изменения фазового состава оксидного слоя в зависимости от концентрации SiO_2 в электролите. Обнаружено образование в оксидном слое фаз высокого давления коэсита, стишовита и аморфной фазы.

Выявлена корреляция между структурно-фазовым состоянием оксидных слоев, формируемых методом МДО на силуминах, и их микротвердостью, шероховатостью износостойкостью и теплопроводностью.

Теоретическая значимость работы обоснована тем, что

Предложен механизм образования фаз высокого давления в оксидных слоях, а также проведены подтверждающие его оценки на основе общепринятых положений и законов механики сплошных сред.

Экспериментально-теоретическим путем показана взаимосвязь теплопроводности оксидных слоев на силуминах с наличием в них аморфной фазы SiO_2 , привносимой в слой из электролита. Выявленные изменения теплопроводности оксидных слоев на силуминах хорошо согласуются с данными зарубежных исследователей о теплопроводности оксидных слоев, полученных на деформируемых алюминиевых сплавах, при различных долях кристаллических и аморфных фаз. Это свидетельствует об общности

процесса формирования структурно-фазового состояния оксидных слоев методом МДО на литейных и деформируемых алюминиевых сплавах.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что использование предложенного метода позволяет не только улучшить функциональные свойства покрытий, но и приводит к повышению производительности процесса МДО в 2–4,5 раза. Результаты исследования были внедрены ЗАО «Лада-ФЛЕКТ» в производственный процесс изготовления вентиляционного оборудования, в частности, для обработки лопаток промышленных осевых вентиляторов систем воздухообмена. Повышена их эрозионная и коррозионная стойкость. Метод позволяет расширить диапазон применения промышленных силуминов.

Научная новизна и практическая значимость результатов исследования подтверждается получением положительного решения на «Способ микродугового оксидирования» (заявка на патент № 2015137089, приоритет от 31.08.2015).

Оценка достоверности результатов исследования:

Результаты базируются на применении в работе современных методов исследования структуры, элементного и фазового составов и служебных характеристик оксидных слоев; использованием апробированных экспериментальных методов, а также обоснованностью используемых в теоретическом анализе подходов и приближений и совпадением результатов анализа с имеющимися экспериментальными данными. Применены современные статистические методы обработки экспериментальных результатов. Надежность результатов и выводов подтверждается их непротиворечивостью, воспроизводимостью при повторении экспериментов, а также согласованностью с основными физическими представлениями и литературными данными.

Методология и методы исследования:

Научная методология исследований заключается в системном подходе к исследуемой проблеме, комплексном рассмотрении взаимосвязи состава, структуры и свойств оксидных слоев на силуминах, получаемых методом МДО. Экспериментальные данные были получены на аттестованном современном оборудовании с применением аттестованных методик. Метрологической основой послужили работы отечественных и зарубежных специалистов.

Личный вклад соискателя состоит в:

Анализе литературных данных по теме исследования; совместном с руководителем выборе способа решения выявленных проблем; постановке цели и задач исследования; планировании и проведении экспериментов по получению образцов оксидных слоев на группе силуминов; в выборе методов исследований, проведении исследований и испытаний синтезированных оксидных слоев; выполнении анализа и обобщения полученных экспериментальных данных.

Диссертация является законченной квалификационной работой, в которой **решена научная задача** – установлены взаимосвязи между структурно-фазовым состоянием и функциональными характеристиками оксидных слоев, формируемых микродуговым оксидированием на группе промышленных алюминиево-кремниевых сплавов, и соответствует критериям п.п. 9–14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013

Диссертационная работа по своим цели, задачам, содержанию, методам исследования и полученным результатам соответствует пункту 6 «Разработка новых и совершенствование существующих технологических процессов объёмной и поверхностной термической, химико-термической, термомеханической и других видов обработок, связанных с термическим воздействием, а также специализированного оборудования» паспорта

специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» (технические науки), и профилю диссертационного совета Д 217.035.01.

На заседании 24 мая 2017 г диссертационный совет Д 217.035.01 принял решение присудить Полунину А.В. ученую степень кандидата технических наук (протокол № 1.2).

При проведении тайного голосования диссертационный совет Д 217.035.01 в количестве 16 человек, из них 7 докторов наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов», участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» – 16, «против» – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель
диссертационного совета,
д.ф.-м.н., профессор

Ученый секретарь
диссертационного совета
д.т.н., с.н.с.



А.М. Глезер

Н.М. Александрова

Дата оформления заключения: 02 июня 2017 г.