

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Аванесяна Тачата Гагиковича
«Особенности высокотемпературного окисления и микродугового
оксидирования сплавов на основе γ -TiAl»,
представленной на соискание учёной степени кандидата химических
наук по специальности 05.17.03 – технология электрохимических процессов
и защита от коррозии

Тема диссертационной работы Аванесяна Т. Г., посвященной
получению материалов на основе γ -TiAl с высоким уровнем
эксплуатационных характеристик, несомненно, является **актуальной**, так как
в таких материалах остро нуждается авиационная промышленность.
Результаты работы показывают, что для создания материалов нового
поколения на основе γ -TiAl, предназначенных для длительной эксплуатации
при высоких температурах в окислительной газовой среде, необходимы
защитные покрытия и метод микродугового оксидирования (МДО) является
перспективным методом их получения.

На основе большого объема выполненных автором исследований
предложены модельные представления о механизме роста чередующихся
слоев оксидной пленки на сплавах на основе γ -TiAl при
высокотемпературном окислении на воздухе, что является несомненной
научной новизной работы.

Автором разработан технологический режим получения методом МДО
износостойкого покрытия на сплавах на основе γ -TiAl. Положительные
результаты лабораторных испытаний турбинных лопаток с покрытиями
имеют большое **практическое значение.**

В качестве замечания следует отметить, что не проведены стендовые
испытания турбинных лопаток с микродуговыми покрытиями.

Данное замечание не снижает общего положительного впечатления от работы.

С основными выводами, сделанными в данной работе, я полностью согласна и считаю, что диссертационная работа Аванесяна Т.Г. соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям (п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» от 24.09.2013 № 842), а её автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата химических наук по специальности 05.17.03 – технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

Ученый секретарь ОАО «НИИГрафит»,
канд. техн. наук



Фирсова Татьяна Данииловна

111524, г. Москва, ул. Электродная, д.2
+7 (495) 672 72 81
e-mail tfirsova@niigrafit.org

Подпись Фирсовой Татьяны Данииловны удостоверяю.

Первый заместитель директора

ОАО «НИИГрафит»

М.П.



Серегин Андрей Андреевич

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Аванесяна Тачата Гагиковича
«Особенности высокотемпературного окисления и микродугового
оксидирования сплавов на основе γ -TiAl»,
представленной на соискание учёной степени кандидата химических наук по
специальности 05.17.03 – технология электрохимических процессов и защита
от коррозии

Коэффициент полезного действия авиационных двигателей в значительной степени увеличивается с возрастанием температуры их эксплуатации и уменьшения веса. Однако, для увеличения температуры их эксплуатации и уменьшения веса необходимо применить новые жаропрочные и жаростойкие материалы, имеющие небольшую удельную массу. Одним из перспективных легких материалов для изготовления, в частности, авиационных турбинных лопаток являются сплавы на основе γ -TiAl с защитными покрытиями.

Диссертант Аванесян Т.Г. установил перспективность применения метода МДО для получения покрытий на сплавах на основе γ -TiAl, которые позволяют в значительной степени увеличить температуру их эксплуатации.

Он разработал и технологический режим получения износостойких покрытий на их поверхности.

Его модельные представления о механизмах высокотемпературного окисления сплавов на основе γ -TiAl, их микродугового оксидирования, являются, на мой взгляд, вполне корректными.

Хочу пожелать Аванесяну Т.Г. продолжить работу в этом направлении и разработать технологический режим, позволяющий получать одновременно износостойкие и термостойкие покрытия на изделиях из сплава на основе γ -TiAl.

Считаю, что диссертационная работа Аванесяна Т.Г. соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям (п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» от 24.09.2013 № 842), а автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата химических наук по специальности 05.17.03 – технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

Директор ООО НПФ «САНА-ТЕК»



В.В. Савва

Почтовый адрес: 140415, г. Коломна, Московская обл., ул. Левшина,
д. 19, оф. 34
e-mail: sanatek@yandex.ru

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Аванесяна Тачата Гагиковича «Особенности высокотемпературного окисления и микродугового оксидирования сплавов на основе γ -TiAl», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 05.17.03 – технология электрохимических процессов и защита от коррозии

Диссертационная работа Аванесяна Т.Г. является актуальной, так как посвящена разработке технологических режимов получения методом МДО жаростойких и устойчивых к термоциклированию материалов нового поколения на основе γ -TiAl сплавов с защитными покрытиями. В таких материалах остро нуждаются машиностроительная, судостроительная и, в первую очередь, авиационная промышленность.

Он установил, что изменяя pH электролита и концентрацию технического жидкого стекла в нем, можно реализовать равномерное распределение эффективных микроразрядов на поверхности сплавов на основе γ -TiAl и увеличить их поверхностную плотность. Разработанные им технологические режимы получения покрытий на сплаве на основе γ -TiAl, легированного 4,5% ат. Nb, 1,7% ат. Mo, позволяют значительно увеличить его износостойкость (более чем в 2 раза) или жаростойкость (не менее чем в 7,4 раза) при температуре 900 °C.

Диссертационная работа Аванесяна Т.Г. имеет не только большое практическое значение, но и научное, так как в ней: 1) разработаны корректные представления о механизме высокотемпературного окисления сплавов алюминидов титана как без покрытия, так и с микродуговым пористым покрытием; 2) высказан, на мой взгляд, корректный механизм зажигания катодных микроразрядов при проведении МДО сплавов на основе γ -TiAl в слабощелочных водных растворах, содержащих большую концентрацию технического жидкого стекла.

При выполнении диссертационной работы Аванесян Т.Г. использовал современные методы анализа. Сделанные им выводы не вызывают сомнений.

В статьях, которые были прочтены мною ранее, полностью отражено основное содержание автореферата.

Замечания по автореферату:

1. На стр. 13 в п. 2) приведено утверждение: «При реализации микроразрядов в катодный полупериод протекания тока происходит горение титана» и сделана ссылка на рисунок 2 с типичными осцилляциями на мгновенных значениях напряжения и фото-ЭДС. Наличие осцилляций может служить доказательством наличия микроразрядов в катодный полупериод, но не служит доказательством «горения титана».

2. Трудно воспринимается распределение элементов в покрытиях (рис. 4) из-за малой контрастности изображения.

Однако указанные замечания могут быть связаны с краткостью материала, представленного в автореферате, не затрагивают научной сути диссертационной работы и не влияют на её общую положительную оценку.

Диссертационная работа Аванесяна Т.Г. соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям (п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» от 24.09.2013 № 842), а соискатель заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата химических наук по специальности 05.17.03 – технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

Доцент кафедры «Биотехнические и
медицинские аппараты и системы»
ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный
технический университет имени Гагарина Ю.А.»
к.т.н.

 Геннадий Георгиевич Нечаев

тлф.: 8(8452) 99 86 46

почтовый адрес: 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77

e-mail: nechaevgg@rambler.ru

Подпись к.т.н., доцента Нечаева Г. Г. заверяю
Ученый секретарь Ученого Совета
ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный
технический университет
имени Гагарина Ю.А.»



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Аванесяна Тачата Гагиковича «Особенности высокотемпературного окисления и микродугового оксидирования сплавов на основе γ -TiAl», представленной на соискание учёной степени кандидата химических наук по специальности 05.17.03 – технология электрохимических процессов и защита от коррозии

В настоящее время все большее применение для получения покрытий, имеющих уникальные свойства, на изделиях из легких конструкционных сплавов находит метод микродугового оксидирования (МДО), часто упоминаемый как плазменно-электролитическое оксидирование или анодирование, искровое анодирование или микроплазменное оксидирование.

Процесс МДО включает образование большого числа короткоживущих микроразрядов, «перемещающихся» по поверхности рабочего электрода, температура которых лежит в интервале 3000 – 20000°С. Именно высокая температура в плазменных микроразрядах обеспечивает несомненные преимущества этого метода перед другими способами получения покрытий на алюминии, титане, магнии и сплавах на их основе.

Преимущества метода МДО:

1) покрытия обладают сочетанием высоких физико-химических (теплозащитная и антикоррозионная способности, удельное электрическое сопротивление, напряжение пробоя, стойкость к тепловым ударам) и механических (твёрдость, износостойкость, адгезия к металлической основе, сопротивление высокоцикловой усталости) свойств;

2) небольшие производственные площади и длительность технологического процесса, поскольку не требуется предварительная тщательная подготовка поверхности изделий и конструкций, которая является обязательной при применении других методов получения защитных покрытий на сплавах на основе Al, Mg, Ti;

3) высокая экологическая чистота процесса.

Аванесян Т.Г. доказал перспективность применения метода МДО для использования сплавов на основе γ -TiAl, имеющих высокие литейные свойства, жаропрочность, сопротивление усталости, временный предел прочности, в жестких эксплуатационных условиях.

Результаты диссертационной работы Аванесяна Т.Г. показали перспективность применения МДО-метода для увеличения свойств, которые определяют использование изделий из сплавов на основе γ -TiAl в авиационной промышленности.

Кроме того, диссертант создал корректные модельные представления о механизме высокотемпературного окисления сплавов на основе γ -TiAl на

воздухе. В данных модельных представлениях он показал: а) основные причины формирования параллельных слоев на основе TiO_2 и Al_2O_3 ; б) необходимость легирования сплавов на основе $\gamma\text{-TiAl}$ элементами, имеющими большую валентность, чем валентность титана, для увеличения их жаростойкости и термостойкости.

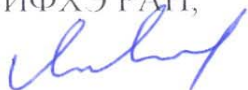
Одновременное жаростойкое легирование этих сплавов и получение защитных покрытий на их поверхности методом МДО позволит увеличить температуру эксплуатации изделий из сплавов на основе $\gamma\text{-TiAl}$. В таких изделиях остро нуждается авиационная промышленность, в частности, для создания двигателей нового поколения.

В качестве недостатка можно отметить отсутствие данных по эрозионной стойкости МДО покрытий на образцах из сплавов на основе $\gamma\text{-TiAl}$ при модельных испытаниях и на стенде.

Диссертационная работа Аванесяна Т.Г. только удачное начало работ в этом направлении. Несомненно, что разработке технологических режимов получения покрытий на сплавах на основе $\gamma\text{-TiAl}$ будет посвящено еще много научно-исследовательских работ.

Считаю, что диссертационная работа Аванесяна Т.Г. соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям (п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» от 24.09.2013 № 842), а автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата химических наук по специальности 05.17.03 – технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

Зав. лабораторией окисления и пассивации
металлов и сплавов ИФХЭ РАН,
д.х.н.



Н.Н. Андреев,

199071, Москва, Ленинский проспект, 31, к.4, ИФХЭ РАН;
nandreev@ipc.rssi.ru; тел: 8-(495)-330-1156.

Подпись д.х.н. Н.Н. Андреева заверяю:

Ученый секретарь ИФХЭ РАН, к.х.н.



И.Г. Варшавская

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Аванесяна Тачата Гагиковича «Особенности высокотемпературного окисления и микродугового оксидирования сплавов на основе γ -TiAl», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 05.17.03 – технология электрохимических процессов и защита от коррозии

В настоящее время материалы на основе TiAl являются наиболее перспективными для замены тяжелых никелевых жаростойких жаропрочных сплавов в турбиностроении. Однако широкое применение материалов на основе TiAl ограничивается их низкой термостойкостью и жаростойкостью. В связи с этим диссертация Аванесяна Т.Г., нацеленная на увеличение термостойкости, жаростойкости, а также износостойкости сплавов на основе γ -TiAl путем применения защитных микродуговых покрытий, является актуальной и своевременной.

Диссертантом впервые было проведено глубокое исследование влияния микродуговых покрытий на жаростойкость и термостойкость системы «сплав на основе γ -TiAl/покрытие». При этом им были разработаны модельные представления о механизме высокотемпературного окисления и микродугового оксидирования сплавов на основе алюминидов титана, что составляет научную новизну работы и служит основой для проведения дальнейших исследований и разработки технологии нанесения защитных покрытий. Кроме того, Аванесян Т.Г. в своей работе показал перспективность применения микродугового оксидирования (МДО) для увеличения износостойкости сплавов на основе γ -TiAl, их жаростойкости и термостойкости при высоких температурах.

Однако имеются замечания по определению износостойкости микродуговых покрытий:

1. Непонятно зачем одновременно с проведением трибологических испытаний на машине TRIBOMETER CSM проводились испытания с использованием шлифовально-полировального станка.

2. Какова корреляция величины износостойкости покрытия, полученная в условиях скольжения по стандартам ASTM G 99, G 133, с условиями реальной эксплуатации в турбоустановке, где имеет место не работа пары трения, а эрозия твердыми частицами или каплями жидкости.

3. В первом выводе автореферата сказано, что применение МДО увеличивает износостойкость сплавов на основе γ -TiAl при температурах, при которых такие сплавы обладают высокой термостойкостью и жаростойкостью. Вместе с тем, из автореферата непонятно при какой температуре проводились трибологические испытания.

Несмотря на указанные замечания, диссертационная работа отвечает всем требованиям ВАК, а диссертант Аванесян Тачат Гагикович заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 05.17.03 «Технология электрохимических процессов и защита от коррозии».

Заместитель Генерального директора,
Директор ИТПН ОАО НПО «ЦНИИТМАШ»


В.В. Береговский



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Аванесяна Тачата Гагиковича
«Особенности высокотемпературного окисления и микродугового
оксидирования сплавов на основе γ -TiAl»,

представленной на соискание учёной степени кандидата химических
наук по специальности 05.17.03 – технология электрохимических процессов
и защита от коррозии

В диссертационной работе Аванесяна Т.Г. описаны легкие конструкционные сплавы на основе γ – TiAl, рассмотрены особенности их высокотемпературного окисления и разработан перспективный способ создания на их поверхности защитных покрытий. Как позволяет судить содержание автореферата, Аванесян Т.Г. является специалистом в области газовой высокотемпературной коррозии металлических материалов, так как при описании особенностей окисления сплавов на основе γ -TiAl он использовал практически все основные механизмы их окисления: теория Вагнера – Хауффе, механизмы, объясняющие рост оксидных пленок по линейному и параболическому закону с учетом типа их проводимости, начальные стадии образования пленок на сплавах, состоящих из неблагородных металлов, высокотемпературной пассивации, диссоциативной диффузии. Кроме того, кратко описал широко применяемый в настоящее время, как в России, так и за рубежом метод микродугового оксидирования, позволяющий получать покрытия с высокими функциональными свойствами на изделиях из легких конструкционных сплавах. Показал перспективность применения этого метода для получения легких жаропрочных и жаростойких материалов на основе легких сплавов, остро необходимых для создания двигателей, в том числе авиационных, новых поколений: 5^{ого} и 6^{ого}.

Его работа, несомненно, является актуальной и имеет научное и практическое значение.

Однако, Аванесян Т.Г. разработал технологические режимы, позволяющие увеличить жаростойкость и износостойкость сплава Ti – 43,5 % Al – 4,5 % Nb – 1,7 % Mo, а рекомендует данные режимы для получения покрытий этим методом на всех сплавах на основе γ -TiAl. Вместе с тем таких сплавов имеется большое количество, и их разработка продолжается. Несомненно, что потребуются корректировка технологических режимов получения покрытий с заданными свойствами на поверхности изделий из других сплавов на основе γ -TiAl.

Указанное замечание в незначительной степени уменьшает общее положительное впечатление о диссертационной работе и ее достоинства.

Считаю, что диссертационная работа Аванесяна Т.Г. соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям (п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» от 24.09.2013 № 842), а автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата химических наук по специальности 05.17.03 – технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

Исполнительный директор
ООО «ДМ ТЕХНОЛОДЖИ»



Благирев А.В.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Аванесяна Тачата Гагиковича** «Особенности высокотемпературного окисления и микродугового оксидирования сплавов на основе γ -TiAl», представленной на соискание учёной степени кандидата химических наук по специальности «05.17.03 - технология электрохимических процессов и защита от коррозии».

Разработка технологий получения алюминидов титана на основе γ -TiAl со специальной микроструктурой, упрочняющим и модифицирующим легированием и надежными защитными покрытиями позволит в будущем использовать их в наиболее экстремальных эксплуатационных условиях. Это очень важно для увеличения надежности работы изделий из сплавов на основе γ -TiAl, в частности, турбинных лопаток авиационных газотурбинных двигателей.

Тема диссертационной работы Аванесяна Т.Г. направлена на разработку multifunctional покрытий на сплавах на основе γ -TiAl, что, несомненно, является актуальной задачей.

В работе созданы научные основы, необходимые для разработки технологических режимов получения методом МДО жаростойких, устойчивых к термоциклированию и износостойких покрытий на сплавах на основе γ -TiAl. В ней также разработаны представления о механизме высокотемпературного окисления сплавов на основе этого интерметаллида. Автор убедительно доказал, что для увеличения жаростойкости и термостойкости сплавов на основе γ -TiAl их необходимо легировать элементами, имеющими большую валентность, чем валентность титана и получать на их поверхности пористые покрытия на основе диоксида кремния. Аванесян Т.Г. доказал, что перспективным способом получения таких покрытий является метод МДО.

В диссертационной работе удачно сочетаются физико-химические методы исследования материалов, определение микротвердости и трибологических характеристик полученных покрытий.

Проведенные эксперименты подтверждают теоретические положения работы, что значительно повышает ценность сделанных выводов. Материалы, изложенные в диссертации, достаточно полно опубликованы.

Вместе с тем, считаю необходимым сделать следующие замечания:

1. Диоксид титана является полупроводником n-типа, т. к. имеет недостаток по кислороду по сравнению со стехиометрическим его содержанием в этом оксиде. Аванесян Т.Г. указывает, что диоксид титана является полупроводником p-типа и является оксидом с избытком по кислороду.
2. На стр.10 написано, что «съемку рентгеновских спектров со сплавов как без покрытий, так и с покрытиями проводили на рентгеновских дифрактометрах ДРОН УМ, Rigaku Ultima IV (TOKYO BOEKI) с использованием монохроматизированного $\text{Co K}\alpha$ -излучения». В

существующей терминологии данные дифракционных исследований принято называть дифрактограммами, а не спектрами.

Отмеченные недостатки не снижают ценности работы и, судя по автореферату, диссертационная работа соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям (п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» от 24.09.2013 № 842), а автор **Аванесян Тачат Гагикович** заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 05.17.03 «Технология электрохимических процессов и защита от коррозии».

Старший научный сотрудник
Института катализа
им. Г.К. Борескова СО РАН
кандидат химических наук

А.И. Низовский

Подпись с.н.с. к.х.н. А.И. Низовского
УДОСТОВЕРЯЮ

Заместитель директора Института катализа
им. Г.К. Борескова СО РАН
чл.-корр. РАН, профессор



В.И. Бухтияров

почтовый адрес: 630090, г, Новосибирск,
90, пр. Лаврентьева, 5
e-mail: alexniz@inbox.ru

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Аванесяна Тачата Гагиковича
«Особенности высокотемпературного окисления и микродугового
оксидирования сплавов на основе γ -TiAl»,

представленной на соискание учёной степени кандидата химических
наук по специальности 05.17.03 – технология электрохимических процессов
и защита от коррозии

Диссертационная работа Аванесяна Т. Г., посвященная исследованию особенностей высокотемпературного окисления сплавов на основе γ -TiAl и увеличению их жаростойкости, термостойкости и износостойкости, несомненно, является актуальной. Он доказал, что метод МДО является самым перспективным методом получения защитных покрытий на поверхности таких сплавов. При этом разработал научные положения, которые будут являться «инструментом» для получения легких конструкционных материалов нового поколения на основе сплавов γ -TiAl и защитных покрытий. Кроме того, он, используя накопленные литературные данные по кинетическим особенностям роста оксидных покрытий на алюминиде титана, легированных различными элементами, разработал корректный механизм их высокотемпературного окисления. Суммируя выше изложенное, можно утверждать, что диссертационная работа Аванесяна Т. Г. имеет высокую научную и практическую ценность.

Однако, при установлении механизма протекания процесса МДО он не учитывает образования барьерного слоя на металлической основе, который формируется, согласно многочисленным работам как зарубежных, так и российских ученых, на поверхности алюминиевых и титановых сплавов. К другим недостаткам данной работы следует отнести: 1) отсутствие исследований по влиянию концентрации легирующих элементов на высокотемпературное и микродуговое окисление сплавов на основе γ -TiAl; 2) неправильное понимание – проведение испытаний не является решением

какой-либо задачи; в автореферате «проводили длительные испытания для решения задачи».

Вместе с тем, Аванесяна Т. Г. действительно решил целый ряд научно-технических задач. Установленные им научные положения и выводы не вызывают у меня сомнений, так как они вытекали из многочисленных экспериментов, проведенных при использовании современного оборудования.

Считаю, что диссертационная работа Аванесяна Т.Г. отвечает критериям положения о присуждении ученых степеней, в том числе п. 9, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата химических наук по специальности 05.17.03 – технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

Доцент кафедры «ХТВСОФКХ»

Южно-Российского государственного
политехнического университета (НПИ)

имени М.И. Платова, к.т.н.

почтовый адрес: 346428,

Ростовская обл., г.Новочеркасск,

ул. Просвещения, 132, ЮРГПУ(НПИ)

тел. 8(86352)55339

e-mail: vitja-klushin@rambler.ru

 В.А Клушин

Подпись В.А. Клушина заверяю:

Ученый секретарь Ученого совета

ФГБОУ ВПО ЮРГПУ(НПИ) имени

М.И. Платова



Н.Н. Холодкова