

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертационную работу Белкина Василия Сергеевича «Закономерности физико-химических процессов анодного электролитно-плазменного насыщения стали 20 и титана ВТ1-0 азотом и бором», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы

### **Актуальность темы диссертации.**

Диссертационная работа Белкина В.С. посвящена решению актуальной задачи современного материаловедения, связанной с закономерностями формирования модифицированных слоёв на поверхности деталей. В частности в работе исследуются закономерности анодной электролитно-плазменного диффузионного насыщения с последующей закалкой.

Методы скоростной химико-термической обработки металлов являются интенсивно развивающимся направлением, чем обусловлена актуальность работы, в работе рассмотрено получение упрочнённых покрытий на малоуглеродистой стали и техническом титане. Исследуемые материалы являются одними из самых распространённых конструкционных материалов. Решение задачи повышения их эксплуатационных характеристик позволит расширить область применимости данных материалов и не использовать вместо них, более редкие и трудозатратно получаемые материалы. В данном контексте тематика работы, выбранная соискателем, обладает несомненными признаками актуальности.

Основная цель диссертационной работы – изучение закономерностей формирования модифицированных слоёв при анодном бороазотировании низкоуглеродистой стали 20 и азотировании технического титана марки ВТ1-0, а также разработке на этой основе способа обработки изделий, обеспечивающего повышенные коррозионную и износостойкость.

## **Научная новизна работы.**

Научная новизна заключается в определении степени и результатов конкуренции одновременно протекающих процессов: анодного растворения и высокотемпературного окисления и диффузии. Кроме того, новизна присутствует в выявлении условий, при которых конкуренция вышеперечисленных процессов приводит к формированию покрытия с заданными характеристиками, а также в установлении критериев подобия процесса при разработке математической модели теплообмена между обрабатываемой деталью, электролитом и атмосферой.

## **Практическая ценность диссертации.**

Выявленные закономерности успешно использованы при модифицировании конкретной детали – крепежной резьбовой пары. Разработан способ, повышающий ресурс работы пары гайка-болт более чем в 40 раз. Предложены технологические рекомендации относительно состава электролита, последовательности выполняемых операций, допустимых параметров процесса обработки, что является практически значимым результатом. Кроме того в работе присутствуют данные, способствующие более точному выбору режимов обработки для получения заданных характеристик материала. Результаты работы практически значимы и могут быть применены во многих областях промышленности.

## **Достоверность полученных результатов.**

Достоверность результатов работы не подлежит сомнению, так как автор использовал современные методы исследования, а выводы работы внутренне непротиворечивы. Используются методы металлографического, рентгеноструктурного, энергодисперсионного анализа для выявления структуры и свойств упрочненных слоев. Полученные результаты согласуются с известными данными, опубликованным другими авторами, и существующим положениям теории электролитно-плазменной и химико-

термической обработки. Положительные результаты практических испытаний также подтверждают достоверность результатов работы.

Следует считать результаты исследований вполне достоверными, а диссертационную работу – характеризующуюся практической новизной.

### **Личный вклад автора.**

Результаты диссертационных исследований получены автором лично и при его непосредственном участии. Автор принимал участие в проведении всех сравнительных исследований, в обсуждении полученных результатов диссертационных исследований и формулировке выводов.

### **Соответствие автореферата диссертации.**

Автореферат правильно и всесторонне дает представление о проделанной работе, содержит в кратком виде необходимую информацию, характеризующую полученные в процессе исследования результаты, основные положения и выводы диссертации.

Практически все положения и результаты диссертации опубликованы в открытой печати. По материалам диссертации опубликовано 18 работ, в том числе 6 статей в ведущих научных журналах, входящих в список ВАК и международные базы цитирования.

Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных и всероссийских конференциях.

Работа выполнена в соответствии с планами научно-исследовательских работ, при финансовой поддержке Российского научного фонда и Минобрнауки РФ.

### **Замечания по диссертационной работе.**

В целом работа производит положительное впечатление, однако, на мой взгляд, ей присущи и отдельные недостатки.

1. Не вполне понятно, в чем заключаются существенные отличия предложенной автором модели теплообмена от известной модели плёночного кипения.

2. Метод рентгеноструктурного анализа не обнаружил наличие боридов, в то время как ядерное обратное рассеивание протонов выявило содержание бора в диффузионном слое. Какова возможная форма существования бора в модифицированном слое?

3. В раздел 1.1 было бы желательно включить описание таких современных методов повышения износостойкости металлов и сплавов, как фуллереновые технологии, использование силикатно-керамической композиции «Форсан» и ряд других применений наноструктур углерода.

4. Утверждение о возможной ионизации парогазовой оболочки при напряжениях 240–280 В не подкрепляется никакими данными (страница 54, комментарии к рисунку 3.2). В то время как из литературных данных следует, что ионизация среды, что подтверждается линиями элементов электролита, наступает начиная с 450 В.

5. В оформлении текста диссертации имеются небрежности – отсутствие пробелов между словами, экспериментальных точек, например, на рисунке 4.9.

## **Заключение.**

Указанные замечания и пожелания, тем не менее, не снижают общей научной ценности и практической значимости диссертационной работы, не умаляют её достоинств.

Все положения и выводы диссертации опубликованы в рецензируемых журналах из перечня ВАК Министерства образования и науки РФ, доложены на международных и всероссийских конференциях. Требования к публикациям основных научных результатов диссертации, предусмотренные пунктами 11 и 13 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, автором выполнены. Требования, установленные пунктом 14 Положения о

присуждении ученых степеней, автором соблюдены. Автореферат диссертации достаточно полно отражает ее содержание.

Диссертация Белкина Василия Сергеевича выполнена на высоком научном уровне и представляет собой законченную актуальную работу, имеющую научную новизну и практическую значимость. Она соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы.

### **Официальный оппонент**

Начальник лаборатории сварочных процессов АО «Российская самолетостроительная корпорация «МиГ», профессор, доктор технических наук

Овчинников Виктор Васильевич

03.12.19

Подпись профессора, доктора технических наук Овчинникова В.В. заверяю.

Начальник отдела кадрового администрирования



Новикова Ирина Николаевна

Акционерное общество «Российская самолетостроительная корпорация «МиГ»; Почтовый адрес: 125284, Москва, 1-й Боткинский проезд, д.7; Телефон:+7 (495) 721-81-00; Адрес электронной почты: [mig@migavia.ru](mailto:mig@migavia.ru)