

Ученому секретарю диссертационного  
совета Д 212.125.15 на базе  
ФГБОУ ВО «Московский авиационный  
институт (национальный  
исследовательский университет)»  
доктору технических наук,  
профессору Скворцовой С.В.,  
6125993, г. Москва, Волоколамское шоссе,  
д. 4, А-80, ГСП-3, МАИ,

## **О Т З Ы В**

**на автореферат диссертационной работы Белкина Василия Сергеевича «Закономерности физико-химических процессов анодного электролитно-плазменного насыщения стали 20 и титана ВТ1-0 азотом и бором», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – «Порошковая металлургия и композиционные материалы»**

В диссертационной работе Белкина Василия Сергеевича проведено исследование возможностей применения метода электролитно-плазменной обработки для поверхностного модифицирования конструкционных материалов (на примере стали 20 и технического титана ВТ1-0) с целью повышения их триботехнических и антикоррозионных свойств.

Учитывая широкое применение стали 20 для изготовления различных деталей машин и механизмов (упоров, шестерней, червяков, подшипников и других), а также технического титана ВТ1-0 для изготовления деталей криогенной техники, насосов, емкостей, труб, деталей медицинского назначения и других, развитие технологий модифицирования выбранных материалов для достижения требуемых эксплуатационных характеристик рабочих поверхностей имеет явное прикладное значение для различных отраслей промышленности и является актуальной задачей. Можно заключить, что диссертационная работа Белкина В.С. обладает значимой практической ценностью. Это подтверждается двумя актами внедрения результатов диссертационными исследования, приведенными в Приложении к диссертации.

Несомненна научная новизна работы, так как закономерности анодной электролитно-плазменной обработки конструкционных материалов и сопутствующих ей процессов теплообмена, а также изменения структурно-фазового состояния и

свойств модифицированных поверхностных слоев материалов изучены недостаточно подробно и в научно-периодической литературе сравнительно слабо представлены результаты исследований в данной области.

Кроме того, научной новизной и значимостью обладает предложенная модель теплообмена в системе анод/электролит/парогазовая оболочка (ПГО)/атмосфера применительно к длинномерным объектам в ходе электролитно-плазменной поверхностной обработки материалов.

Научный интерес представляют выявленные зависимости структуры, химического и фазового состава и свойств модифицированной при электролитно-плазменной обработке поверхности стали 20 от температуры детали при обработке.

Необходимо отметить оригинальную методику определения влияния электролитно-плазменной обработки стали 20 на износостойкость модифицированной поверхности: испытания проведены в условиях, максимально приближенных к реальным условиям циклической эксплуатации пар «гайка-болт».

Также ценностью представляют результаты исследования влияния электролитно-плазменного азотирования титана VT1-0 на его износостойкость – отмечено увеличение износостойкости модифицированной поверхности технического титана VT1-0 до 2х раз по сравнению с необработанным материалом, а также снижение коэффициента трения модифицированной поверхности титана VT1-0 в паре трения со сталью 45 в 4,6 раза по сравнению с необработанным титаном VT1-0.

Можно заключить, что в рамках диссертации Белкиным В.С. выполнен большой объем экспериментов с применением современных методов исследований и передового научно-исследовательского оборудования – оптической и электронной сканирующей (растровой) микроскопии, рентгенодифракционного анализа, энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии, спектроскопии ядерного обратного рассеяния протонов, инструментального индентирования, коррозионных и трибологических испытаний. Использование современной научно-технической базы и многократных повторений испытаний позволяет говорить о надежности и достоверности полученных результатов.

Достоинством диссертационной работы Белкина В.С. является хорошая апробация полученных результатов – результаты работы докладывались и обсуждались на 10 научно-технических конференциях. По теме диссертации опубликовано 18 научных работ, из которых 6 – в журналах, рекомендованных ВАК и индексируемых в базе данных Scopus, что также характеризует работу с положительной стороны.

Тем не менее, следует отметить некоторые недостатки автореферата диссертационной работы, а, именно:

1) В автореферате автор сообщает об изменениях фазового состава упрочненных электролитно-плазменным методом образцов стали 20 в зависимости от температуры обработки и связывает с этим изменение микротвердости полученных модифицированных слоев. Однако в автореферате не приведены дифрактограммы исследованных образцов и не показано изменение качественного и количественного фазового состава модифицированных слоев в зависимости от условий обработки, в частности, образование оксидно-нитридно-мартенситных фаз, обеспечивающих повышение триботехнических и антикоррозионных характеристик образцов. Учитывая важность взаимосвязей состава и свойств материала, на наш взгляд, следовало бы привести в удобном сравнительном виде дифрактограммы исследованных образцов поверхностных слоев аналогично иллюстрации их микроструктуры (рисунок 2 автореферата).

2) Автором в автореферате отмечено, что не выявлена корреляция износа и микротвердости модифицированных электролитно-плазменной обработкой поверхностей для стали 20, однако отсутствуют объяснения данного наблюдения. Считаем, что выявленный факт весьма интересен и требует пояснений.

3) В таблицах 1 и 2 автореферата отсутствуют доверительные интервалы по измеренным характеристикам образцов, что затрудняет их сравнение и анализ.

4) В автореферате отсутствуют экспериментальные данные определения коррозионной стойкости образцов для выбранных материалов и зависимости коррозионной стойкости образцов от параметров электролитно-плазменной обработки, хотя в п.1 практической значимости работы автором отмечено возрастание коррозионной стойкости образцов из стали 20 после модифицирования в 4,8 раза. На наш взгляд, следовало бы привести поляризационные (Тафелевские) кривые исследованных образцов с данными о потенциалах и токах коррозии образцов.

Указанные замечания и пожелания, тем не менее, не снижают общей научной ценности и практической значимости диссертационной работы, не умаляют её достоинств. Диссертационная работа Белкина В.С. выполнена на современном научно-техническом уровне и заслуживает положительной оценки.

Считаем, что диссертационная работа «Закономерности физико-химических процессов анодного электролитно-плазменного насыщения стали 20 и титана ВТ1-0 азотом и бором», представленная на соискание учёной степени кандидата технических

наук по специальности 05.16.06 – «Порошковая металлургия и композиционные материалы», является законченным научным исследованием, отвечает требованиям п.п. 9 – 14 Положения о присуждении учёных степеней в редакции Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 N 842 (ред. от 01.10.2018), а автор работы, Белкин Василий Сергеевич, достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – «Порошковая металлургия и композиционные материалы».

Также настоящим сообщаем о своем согласии на включение наших персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени Белкина В.С. и их дальнейшую обработку.

Доктор физико-математических наук,  
профессор, ректор ТГУ



Криштал Михаил Михайлович

445020, г. Тольятти, ул. Белорусская, д. 14  
+7 (8482) 54-64-24, 53-94-44, 53-95-22;  
e-mail: [krishtal@tltsu.ru](mailto:krishtal@tltsu.ru)

Кандидат технических наук, старший  
научный сотрудник НИО-4 НИИПТ ТГУ



Полунин Антон Викторович

445020, г. Тольятти, ул. Белорусская, д. 14  
+7 (8482) 54-64-58, +7-9277-86-35-65;  
e-mail: [anpol86@gmail.com](mailto:anpol86@gmail.com)

Дата *09.12.2019 г.*

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования «Тольяттинский государственный университет»

445020, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14;

Email: [office@tltsu.ru](mailto:office@tltsu.ru);

Телефоны: +7 (8482) 54-64-24,

+7 (8482) 53-94-44; Факс +7 (8482) 53-95-22

Подписи М.М. Криштала и А.В. Полунина

**ЗА В Е Р Я Ю:**



*М.М. Криштал*  
*А.В. Полунин*