



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»



«Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов



«ПРОМЕТЕЙ»

имени И. В. Горынина

Государственный научный центр

07.11.2022 № 08-27/22/8872

ФГБОУ ВО «Московский авиационный  
институт (национальный  
исследовательский университет)»

Ученому секретарю диссертационного  
совета

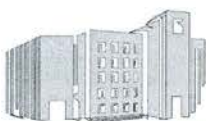
Скворцовой С.В.

125993, г. Москва, Волоколамское шоссе,  
д.4, А-80, ГСП-3, МАИ  
e-mail: [skvortsovasv@mai.ru](mailto:skvortsovasv@mai.ru)

### ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Степушина Александра Сергеевича,  
представленного на соискание ученой степени кандидата технических наук, на  
тему «Создание линейной градиентной структуры в  $(\alpha+\beta)$ -титановых сплавах  
для обеспечения высокого сопротивления динамическим нагрузкам» по  
специальности 2.6.1. «Материаловедение и термическая обработка металлов и  
сплавов»

Научная работа Степушина Александра Сергеевича посвящена решению ряда  
материаловедческих задач, актуальных для вооружения, военной и специальной  
техники, направленных на разработку линейной градиентной структур,  
обеспечивающей высокое сопротивление высокоскоростным динамическим  
нагрузкам. Конкретно диссертант посвятила работу установлению закономерностей  
формирования фазового состава, структуры и свойств в титановых сплавах ВТ6 и  
ВТ23 при однонаправленном обратимом легировании водородом.



НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей»  
191015, Россия, Санкт-Петербург, улица Шпалерная, дом 49  
Телефон (812) 274-37-96, Факс (812) 710-37-56, [mail@crism.ru](mailto:mail@crism.ru), [www.crism-prometey.ru](http://www.crism-prometey.ru)  
ОКПО 07516250, ОГРН 1037843061376, ИНН 7815021340/ КПП 784201001

Диссертантом установлено влияние температурных, временных и концентрационных параметров обработки на формирование покрытий в сплавах титана ВТ6 и ВТ23, определена стойкость сформированных покрытий, установлены особенности формирования фазового состава и структуры при однонаправленном легировании водородом титановых сплавов с защитными покрытиями, определено влияние градиентной структуры на комплекс механических свойств при статических и динамических испытаниях.

Важными представляются результаты экспериментов по стойкости термического оксидирования покрытия при обработке в вакууме, а также возможность создания линейной градиентной структуры, которая по сечению полуфабрикатов изменяется от мелкодисперсной со стороны введения водорода до крупнопластинчатой с противоположной стороны, что характеризуется необходимым изменением твердости и положительными результатами при испытании на пулестойкость.

Проведённые исследования носят характер существенной научной новизны. Особенно следует отметить исследование однонаправленного легирования водородом с последующим низкотемпературным вакуумным отжигом, которое позволяет создать в плитах толщиной 12 мм из титановых сплавов ВТ6 и ВТ23 линейную градиентную структуру, которая по сечению полуфабрикатов изменяется и при этом твердость также соответственно снижается.

Следует отметить практическую значимость разработанных научных основ технологии получения в плитах из сплавов ВТ6 и ВТ23 линейной градиентной структуры, которая состоит из вакуумного отжига в  $\beta$ -области, вакуумного ионно-плазменного напыления нитрида титана или термического оксидирования, механического удаления с одной поверхности заготовок покрытия, навораживающего отжига.

Достоверность и обоснованность научных положений не вызывают сомнения и подтверждены проведением многочисленных экспериментальных работ с применением современных методов исследования и соответствующей статистической обработкой полученных результатов.

В качестве замечаний необходимо отметить следующее:

1) Есть ли подтверждение практической значимости актами внедрения? Была ли внедрена данная разработанная технология в промышленном производстве?

2) Почему были выбраны определенного вида боеприпасы с калибром 5,45 мм при испытаниях к динамической стойкости?

3) Почему из всего многообразия покрытий были выбраны именно нитридные и оксидные покрытия для защиты определенных сторон поверхности от взаимодействия с водородом?

Указанные недостатки усложняют восприятие материала, но ни в коем случае не снижают общей положительной оценки диссертационной работы Степушина А.С. Оформление и содержание работы полностью соответствуют действующим требованиям ВАК.

Выполненная работа заслуживает высокой оценки по научной и практической значимости, а ее автор Степушин Александр Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности: 2.6.1 «Материаловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Заместитель генерального директора,  
Начальник НПК-8  
НИЦ «Курчатовский институт» -  
ЦНИИ КМ «Прометей», доктор  
технических наук

 Валерий Петрович Леонов

Начальник сектора 811  
НИЦ «Курчатовский институт» -  
ЦНИИ КМ «Прометей», кандидат  
технических наук

 Юлия Юрьевна Малинкина

*Леонов Валерий Петрович* *Утверждено:*

*Зм. назначенная*



*Сергеева К.А.*