



Акционерное общество
**ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ТОЧНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ
(АО "ЦНИИТОЧМАШ")**

Заводская ул., 2, мкр. Климовск, г. Подольск
Московская область, 142181
Тел: (495) 249-49-99. Факс: (495) 996-59-10, (499) 400-40-07
E-mail: info@cniitm.ru
ОКПО 07516043 ОГРН 1145074012104
ИНН/КПП 5074051432/507401001

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального
директора по науке-главный
конструктор,
доктор технических наук

В.Н. Щитов



» 10 2022 г.

ОТЗЫВ

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

В последние десятилетия промышленные титановые сплавы типа ВТ6 и ВТ23 используются в качестве конструкционных материалов, обеспечивающих защиту от поражающих элементов как образцов вооружения, военной и специальной техники, так и при производстве средств индивидуальной бронезащиты (СИБ). Применение титановых сплавов, например в бронезилете Ж-85Т, позволяет снизить вес изделий на 15...20% по сравнению со стальным исполнением.

Наилучшей стойкостью обладает сплав ВТ23, однако повышение его прочности свыше 1000 МПа, приводит к хрупкому разрушению, что понижает сопротивляемость преграды ударному воздействию. Необходимо создать гетерогенную титановую броню с лицевым высокотвёрдым слоем и вязким тыльным, что позволит избежать хрупких разрушений.

Выполненное автором исследование посвящено решению задачи повышения сопротивления титановых сплавов высокоскоростным динамическим нагрузкам при использовании их в качестве противопульного и противоосколочного бронирования. В связи с этим актуальность темы диссертационной работы Степушина А.С. не вызывает сомнения.

На основе рассмотрения свойств материалов, применяемых для бронезащиты: металлы, керамика, многослойные полимеры и бронестёкла соискатель установил, что перспективными материалами в данной области могут стать высокопрочные ($\alpha+\beta$)-титановые сплавы, обратимо легированные водородом, обеспечивающие эффективное поглощение энергии удара на поверхности материала и замедленную скорость распространения трещины в его сердцевине.

Научная новизна полученных диссертантом результатов заключается в получении данных о стойкости термических оксидных и нитридных покрытий титановых сплавов к обработке в вакууме в зависимости от температурных, временных и концентрационных параметров. Кроме того, автором разработана технология получения на сплавах ВТ6 и ВТ23 оксидных и нитридных покрытий, стойких к обработке в вакууме и необходимых для создания линейной градиентной структуры, изменяющейся по сечению от мелкодисперсной со стороны введения водорода до крупнопластинчатой с противоположной, вследствие различной интенсивности протекания фазовых и структурных превращений, связанных с обратимым легированием водородом.

Теоретическая и практическая значимость диссертационной работы Степушина А.С. заключается, по нашему мнению, в установлении пулестойкости бронепластин из сплавов ВТ6 и ВТ23 с линейной градиентной структурой, подтверждённой результатами испытаний от воздействия пуль стрелкового оружия в калибрах 5,45 и 7,62 мм.

Практическое значение имеют также результаты исследования влияния параметров термической и химико-термической обработки на формирование

барьерных покрытий на титановых сплавах ВТ6 и ВТ23, нашедших применение при разработке и производстве ВВСТ.

В качестве замечаний, вытекающих из содержания автореферата диссертационной работы, можно отметить следующие:

1. Автором не приведены результаты исследования стойкости к обработке в вакууме покрытий, сформированных методами электрохимического анодного оксидирования и микродугового оксидирования, что не позволяет провести анализ свойств этих покрытий по сравнению с нитридными покрытиями, а также оксидными покрытиями, полученными термообработкой в воздушной атмосфере.

2. Не представлены результаты исследования пулестойкости образцов бронепластин размером 25x10x12 мм и 25x10x18 мм из сплавов ВТ6 и ВТ23 против пуль выстрелов из стрелкового оружия калибров 9 мм и 12,7 мм.

Отмеченные замечания несколько снижают информативность работы, однако не влияют на её научно-практическую ценность.

Судя по автореферату, диссертационная работа является завершённой научно-квалификационной работой, в которой решена одна из актуальных задач научно-технической проблемы улучшения свойств титановых сплавов, что соответствует требованиям п.п. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, а её автор, Степушин Александр Сергеевич, заслуживает присвоения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1. «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

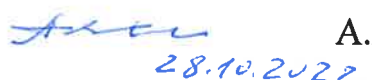
Начальник научно-исследовательского
центра стрелкового вооружения,
кандидат технических наук



08.10.2022.

И.О. Некрасов

Учёный секретарь,
доктор технических наук



28.10.2022.

А.В. Яковлев