

ОТЗЫВ

научного руководителя, д.ф.-м.н., доцента Астафуровой Елены Геннадьевны о диссертационной работе Николаева Алексея Александровича «Закономерности формирования интерметаллидных поверхностных слоев при ионно-плазменной обработке сплава ВТ6 для повышения триботехнических свойств», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Диссертационная работа Николаева А.А. посвящена решению актуальной задачи – выявлению закономерностей формирования интерметаллидных слоев при ионно-плазменной обработке (ИПО) сплава ВТ6 с предварительно нанесенным алюминиевым покрытием и определению взаимосвязи микроструктуры, фазового состава и триботехнических свойств титанового сплава с поверхностными упрочненными слоями.

В ходе экспериментальных исследований соискатель изучил влияние параметров ИПО, таких как температура и продолжительность обработки, толщина исходного алюминиевого покрытия, нанесенного на поверхность образцов из титанового сплава ВТ6 перед ИПО, на структуру и фазовый состав формируемых поверхностных интерметаллидных слоев. С использованием современных аналитических методов анализа микроструктуры и фазового состава материалов, таких как просвечивающая и растровая электронная микроскопия, микрорентгеноспектральный и рентгеноструктурный анализ, в диссертационной работе показано, что применение аргоновой плазмы несамостоятельного дугового разряда низкого давления для модификации поверхности образцов титанового сплава ВТ6 с предварительно нанесенным вакуумно-дуговым покрытием из алюминия позволяет формировать интерметаллидные фазы системы Ti-Al разного стехиометрического состава: $TiAl_3$, $TiAl$ и Ti_3Al . Новизна и оригинальность полученного результата основана на том, что вакуумный отжиг титановых образцов с покрытиями из алюминия с использованием аналогичных параметров – температурного интервала и продолжительности обработки – сопровождается формированием интерметаллида только одного состава $TiAl_3$. В работе получены данные о том, как температура и продолжительность ИПО, а также толщина исходного алюминиевого покрытия влияют на структуру и фазовый состав получаемых композиционных слоев. Установлено, что уменьшение температуры ИПО от $500^\circ C$ до $450^\circ C$ вызывает уменьшение толщины интерметаллидного слоя в титановой основе на 50% и основной фазой в модифицированных поверхностных слоях выступает богатый алюминием интерметаллид $TiAl_3$. А уменьшение толщины исходного покрытия от 2,5 мкм до 0,5 мкм позволяет сформировать при ИПО модифицированный слой, состоящий преимущественно из интерметаллида эквиатомного состава $TiAl$. Установлено, что фазовый состав и микроструктура поверхностного композиционного слоя, а следовательно режим ИПО и параметры предварительно нанесенного алюминиевого покрытия, определяют износостойкость поверхностно-упрочненного сплава ВТ6. В работе установлено, что образцы титанового сплава ВТ6 с упрочненными слоями, в которых преобладает фаза $TiAl$, обладают высокой износостойкостью, сопоставимой с износостойкостью покрытия $TiAlN$. При этом, полученные образцы с упрочненными поверхностными слоями на основе интерметаллида $TiAl$ обладают большей адгезионной прочностью и коэффициентом упругого восстановления, чем покрытия $TiAlN$. На основании проведенных исследований в работе разработан технологический режим, позволяющий получать интерметаллидные слои на основе фазы $TiAl$, которые обеспечивают повышение износостойкости сплава ВТ6 в условиях сухого трения в паре со стальным контртелом в 60 раз.

При выполнении диссертационной работы Николаев А.А. проявил себя как грамотный специалист, способный решать комплексные аналитические и технологические проблемы материаловедческого характера применительно к процессам получения и исследования структуры и свойств сплавов с модифицированными поверхностями и покрытиями. Соискателем получен ряд значимых результатов, научная новизна и достоверность которых

не вызывает сомнения. Разработанные технологические режимы востребованы современной промышленностью, о чём свидетельствует акт об использовании результатов диссертационной работы. Результаты данной диссертационной работы и в целом научной деятельности соискателя имеют большое значение при выполнении научно-исследовательских и хозяйственных работ, выполняемых коллективом лаборатории «Технологии покрытий и специальных свойств поверхностей» ФГБОУ ВО «УУНиТ».

Соискатель успешно решил поставленные перед ним задачи, в полной мере реализовал план исследований и получил важные научные результаты, которые в полной мере отражены в диссертационной работе и автореферате.

Результаты работы достаточно полно отражены в 8 научных работах, из них 2 опубликованы в изданиях, входящих в перечень ВАК, и 2 – в журналах, включенных в международные системы цитирования, доложены на 5 всероссийских и международных научных конференциях. Исследования выполнены в рамках государственного задания № FEUE-2023-0006 «Исследование физико-химических и механических процессов при формообразовании и упрочнении деталей для авиакосмической и транспортной техники» и гранта в форме субсидии в области науки из бюджета Республики Башкортостан для государственной поддержки молодых ученых – аспирантов и кандидатов наук в 2021 году.

Считаю, что диссертация Николаева Алексея Александровича выполнена на актуальную тему, представляет собой законченную работу, обладающую несомненной научной новизной, практической значимостью и внутренней целостностью, удовлетворяет требованиям ВАК, а диссертант является сложившимся научным исследователем и заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Научный руководитель:

доктор физико-математических наук, доцент, главный научный сотрудник ФГБУН Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ИФПМ СО РАН), ведущий научный сотрудник кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий

Астафурова Елена Геннадьевна

21.09.2023

634055, г. Томск, просп. Академический, 2/4
+7(3822)286865
e-mail: elena.g.astafurova@ispms.ru

Подпись Е.Г. Астафуровой удостоверяю:

Ученый секретарь ИФМП СО РАН,
Кандидат физико-математических наук



Матолыгина Н.Ю.