

ФГБОУ ВО КГУ
156005, г. Кострома, ул. Дзержинского, 17
Тел.: +7 (4942) 49-80-00
e-mail: info@kstu.edu.ru
https://ksu.edu.ru

125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д.4,
А-80, ГСП-3, МАИ
Ученому секретарю
диссертационного совета Д212.125.15
Скворцовой Светлане Владимировне

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Лабутина Александра Андреевича
«Разработка синтеза малогабаритных оболочечных конструкций из слоистого композита Nb/Mo с защитным покрытием на основе метода магнетронного распыления», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5. «Порошковая металлургия и композитные материалы»

Создание передовых теплонагруженных конструкций для систем и узлов космических аппаратов в настоящее время невозможно без применения высококачественных жаропрочных композиционных материалов. К числу наиболее подходящих являются слоистые металлокомпозиты толщиной от одного до 100 мкм, эффективным методом формирования которых являются различные вакуумные методы нанесения покрытий. Актуальным являются исследования и разработка эффективных методов изготовления различных неохлаждаемых малогабаритных оболочечных конструкций из жаропрочных слоистых металлокомпозитов с жаростойким покрытием.

Представленные в автореферате исследования по разработке метода синтеза тонкостенных оболочечных конструкций с постоянным и переменным радиусом кривизны по длине изделия из жаропрочных слоистых металлокомпозитов на основе напыления слоев магнетронными распылительными системами с жаростойким покрытием на внутренней стенке будут полезны для решения задач в аэрокосмической отрасли.

В рамках проведенных исследований проделан значительный объем работы. Установлено, что в молибденовых покрытиях с ОЦК решеткой, напыленных инвертированными магнетронами на медную цилиндрическую подложку, с увеличением напряжения смещения на подложке (U_p) усиливается текстура (111), а уровень остаточных сжимающих напряжений увеличивается до 1600 МПа при $U_p=200$ В и затем снижается из-за нарушения адгезии с подложкой. Установлено, что при формировании оболочечных конструкций из слоистых металлокомпозитов Mo/Nb оптимальные значения напряжения смещения на подложке, обеспечивающие образование плотной структуры покрытия при удовлетворительной адгезии покрытия к подложке, составляют $U_p = -60$ В при напылении слоев молибдена и $U_p = -200$ В при напылении слоев ниобия. Предложен и исследован механизм формирования остаточных напряжений в многослойных покрытиях Mo/Nb, основанный на взаимной компенсации термических напряжений, когда сжимающие напряжения, возникающие при нанесении ниобиевого слоя на молибденовый подслой с меньшим ТКЛР, уравниваются растягивающими напряжениями при нанесении следующего молибденового слоя на ниобиевый подслой с большей

величиной ТКЛР, что обеспечивает при любом числе слоев многослойного покрытия сопоставимый с двухслойным покрытием уровень остаточных напряжений.

Важным достоинством работы является ее широкая апробация, участие автора в семи российских и зарубежных научно-технических конференциях, наличие 12 публикаций по теме исследования, в том числе 4 из списка ВАК и 3 из системы научного цитирования Scopus.


По автореферату есть следующие замечания:

1) В аннотировании аналитического обзора не указаны ученые и научные коллективы, занимающиеся данной проблемой. В то же время говорится об исследовании российских ученых, но не оговорено про исследования за рубежом. Отсюда не понятна степень разработанности проблемы и уровень новизны исследования.

2) В автореферате указано, что защитное покрытие было решено формировать силицированием, так как дисилицид молибдена в настоящее время стал одним из ведущих интерметаллидов для использования при повышенных температурах. В связи с этим возникает вопрос о целесообразности использования – других методов ХТО, например, азотирования, цементации и т.п.

Несмотря на замечания, диссертация Лабутина А.А. выполнена на актуальную тему на высоком научном уровне, является законченной работой, обладает новизной и практической значимостью, соответствует требованиям ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ. Автор диссертации заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5. «Порошковая металлургия и композитные материалы».

Директор института физико-математических и естественных наук КГУ, д.т.н., доцент


Сергей Александрович Кусманов
09 марта 2023 г.

*Кусманов Сергей Александрович, доктор технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов, доцент, директор института физико-математических и естественных наук ФГБОУ ВО «Костромской государственной университет»
156005, г. Кострома, ул. Дзержинского, 17
Тел. +7 920 647 30 90
e-mail: sakusmanov@yandex.ru*

Подпись руки _____
заверяю _____
Начальник канцелярии
Н.В. Кузнецова _____



09.03.2023