

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ на диссертацию

Синицын Дмитрий Юрьевич
ФИО аспиранта

Оптимизация составов жаростойких покрытий систем $\text{MoSi}_2\text{-ZrO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$
и $\text{ZrB}_2\text{-MoSi}_2\text{-SiC}$ на углеродных материалах для работы в условиях
сверхвысоких температур
наименование темы диссертационной работы

представленную к защите по направлению

2.6.5 – Порошковая металлургия и композиционные материалы
(шифр и наименование направления) по направленности

на академическую степень

кандидат технических наук

Синицын Дмитрий Юрьевич в 2017 г. с отличием окончил магистратуру, а в 2021 году – очную аспирантуру НИТУ «МИСиС» по специальности «Материаловедение и технологии материалов».

В процессе выполнения работы Синицын Д.Ю. успешно показал умение систематизировать и обобщать, делать выводы из полученных экспериментальных данных.

В диссертационной работе Синицына Д.Ю. рассмотрены проблемы поиска жаростойких составов и методов их нанесения на подложку углеродного композиционного материала (УМ). Интерес к созданию защиты УКМ объясняется высокими удельными характеристиками материала и их способности возрастать при повышении температуры, при этом УМ неработоспособны в окислительной атмосфере выше 400 – 500 °С. Поэтому поставленная в работе задача разработки жаростойкого покрытия для кратковременной работы в условиях одновременного механического и теплового износа является актуальной и имеет высокую практическую значимость, а механизм работы соответствующего покрытия – теоретическую значимость.

Диссертационная работа Синицына Д.Ю. посвящена разработке жаростойких композиционных покрытий систем $\text{MoSi}_2 - \text{ZrO}_2 - \text{Y}_2\text{O}_3$ и $\text{ZrB}_2 - \text{MoSi}_2 - \text{SiC}$ на углеродных материалах.

Во введении представлены актуальность темы исследования, сформулированы задачи исследования, научная новизна и практическая значимость, а также основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе автор рассматривает методы нанесения покрытий и основные классы соединений, применяющиеся в настоящее время для создания теплозащиты.

Синицын Д.Ю. на основе проведенного обзора делает вывод, что оптимальными являются покрытия 2 систем: наносимые плазменным напылением на воздухе покрытия системы $\text{MoSi}_2 - \text{ZrO}_2 - \text{Y}_2\text{O}_3$ и наносимые из суспензии $\text{ZrB}_2 - \text{MoSi}_2 - \text{SiC}$.

Во второй главе описаны используемые в работе методики, а именно: методика проведения рентгенофазового анализа (РФА), анализа микроструктуры, определения прочности образцов на трехточечный изгиб, твердости, ударной вязкости, качественной оценки адгезии, температуропроводности и теплопроводности.

В третьей главе проведен анализ фазового состава, структуры и механических свойств покрытий системы $\text{MoSi}_2 - \text{ZrO}_2 - \text{Y}_2\text{O}_3$, найдено оптимальное соотношение компонентов в системе, толщина барьерного, внешнего слоя и суммарная толщина покрытия, проведены испытания на жаростойкость в ООО «ТСЗП», по результатам которых видно, что покрытия успешно работают в течение 20 сек при 2100 °С условиях.

В четвертой главе подобран оптимальный режим термообработки покрытий системы $\text{ZrB}_2 - \text{MoSi}_2 - \text{SiC}$, подобран оптимальный барьерный слой. Выяснено, что полученные покрытия необходимо дополнительно просилицировать.

В пятой главе проведено исследование физико-механических (прочность на изгиб, твердость, ударная вязкость) и теплофизических (теплопроводность, температуропроводность) свойств и найдены диапазон оптимальных составов. На основе метода конечных элементов построена математическая модель напряжённо-деформированного состояния материала с покрытием, позволяющая объяснить механизм разрушения материала, спрогнозировать прочностные характеристики материала в зависимости от химического состава и заранее устанавливать режимы формирования покрытий с заданными функциональными свойствами.

Покрытия системы $\text{ZrB}_2 - \text{MoSi}_2 - \text{SiC}$ испытаны на жаростойкость с помощью плазменного пистолета, в среде стоячего воздуха и с помощью газодинамического потока. Покрытия удовлетворительно работают при оценочных испытаниях на

жаростойкость на аппарате «мультиплаз 2500-м» за счёт образования высоковязкой стеклоподобной плёнки ортосиликата циркония. Испытания в высокотемпературной печи в среде стоячего воздуха при температурах 1100 – 1500 °С с выдержкой 1 ч при температуре испытания также подтверждают работоспособность покрытий. Проведенные газодинамические испытания в ИПМех им. Ишлинского показали, что покрытие способно работать при температуре выше 2000 °С без разрушения 20 сек и длительно (250 сек) при температуре до 1850 °С.

К достоинствам работы следует отнести следующее:

– новое применение метода горячего прессования, новизна заключается в применении одновременно высокотемпературного отжига и уплотнения, что позволяет получить высокоплотное химически связанное с подложкой покрытие, предварительно получаемое нанесением суспензии.

– разработанную математическую модель напряженно-деформированного состояния материала с покрытием при изгибе.

По теме диссертации имеется 11 работ, в том числе 4 статьи, 1 из которых в журнале из перечня ВАК и 3 входящих в базу данных Scopus, 3 патента, 4 тезиса докладов в сборниках трудов конференций.

Считаю, что диссертационная работа Сеницына Дмитрия Юрьевича соответствует требованиям НИТУ «МИСиС», предъявляемым к диссертациям по направлению подготовки 2.6.5 «Порошковая металлургия и композиционные материалы», а ее автор заслуживает присвоения звания «кандидат технических наук».

Научный руководитель: к.т.н., доцент, Аникин Вячеслав Николаевич

ученая степень, ученое звание, ФИО полностью

подпись



Подпись _____
Сверяю _____

начальника
отдела кадров

Аникин В.Н.



Кузнецова А.Е.

«25» 12 2023 г.