

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Балахонова Дениса Игоревича  
«Разработка технологии получения тугоплавких металлов и их карбидов из  
минеральных концентратов в потоке низкотемпературной плазмы»,  
представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по  
специальности 05.16.09 – Материаловедение (в машиностроении)

Машиностроительная отрасль требует создания деталей и покрытий, которые при современных требованиях эксплуатации в условиях повышенных статических и динамических нагрузок, агрессивности среды, температурных перепадах должны отвечать условиям надежности и долговечности. Задача решается путём разработки новых материалов и различных способов их получения. Практически во всех отраслях промышленности используются как в чистом виде, так и в виде соединений тугоплавкие металлы и их сплавы. Это обусловлено, прежде всего, физико-химическими свойствами тугоплавких металлов, которые и обеспечивают повышенную износо- и жаростойкость, твёрдость, стойкость к агрессивным средам и т. д. К наиболее распространенным и часто используемым являются тугоплавкие металлы – вольфрам и титан, а также сплавы на их основе. Основная проблема переработки вольфрам- и титансодержащих концентратов на сегодняшний день заключается в значительном энергопотреблении и расходе химических реагентов, многостадийностью и продолжительностью производства.

Значимостью диссертационной работы Балахонова Д.И. состоит в том, что получение функциональных материалов возможно производить при комплексном использовании минеральных концентратов с применением плазменной технологии. Основными факторами в пользу такого подхода являются: условия протекания процессов химических реакций в высокотемпературной среде плазменного потока и скорость образования новых связей в процессе закалки. Проблема заключается в том, что природа плазмохимических процессов, протекающих в реакциях разделения и синтеза при использовании многокомпонентных минеральных концентратов, до конца не изучена, что не позволяет широко применять подобные технологии в современном производстве.

Автор провел анализ существующих методов получения карбидов вольфрама и титана, в ходе которого выявил недостатки, присутствующие в современных методах и разработал новый метод получения функциональных материалов на основе вольфрам- и титансодержащих минеральных концентратов. Предлагаемый новый метод основан на использовании высококонцентрированных потоков энергии – плазмы в процессе синтеза карбидов вольфрама и титана. Для доказательства выдвигаемых гипотез автором была разработана математическая и физическая модель эксперимента, имитационная модель процесса синтеза, приведены результаты экспериментов с их обоснованием. Балахоновым Д.И. в диссертационной работе установлены параметры синтеза тугоплавких металлов при высокоэнергетическом воздействии на минеральные концентраты в зависимости от температуры плазменного потока, количества восстановителя и размера фракции исходной шихты от 10 до 600 мкм. Разработан способ получения мелкодисперсного керамического сплава с  $\alpha$ -WC гексагональной решеткой,  $\beta$ -WC кубической гранецентрированной решеткой и размерами частиц 1...100 нм на основе карбида вольфрама из вольфрамсодержащих концентратов с использованием низкотемпературной плазмы, где в качестве связующего выступает сложный карбид вольфрама  $W_6C$ . Выполненные исследования вносят определённый вклад в теоретические представления получения тугоплавких карбидов с использованием низкотемпературной плазмы, и по уровню поставленных вопросов и решенных задач отвечают всем требованиям ВАК РФ.

Прочтение автореферата оставляет положительное впечатление о работе соискателя. Все изложенные в автореферате разделы систематизированы, ясно и логично изложены, хорошо иллюстрированы. Анализ представленных в автореферате материалов свидетельствует о перспективности дальнейшего развития работы и необходимости продолжения исследований. Существенных недостатков в оформлении и содержании автореферата не обнаружено. По материалам, изложенным в автореферате, можно сделать вывод, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой. Представленная работа отвечает требованиям ВАК к кандидатским диссертациям, соответствует квалификационным требованиям пункта 9 «Положение о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г. (в редакции постановлений правительства РФ от 21.04.2016 г. №335, от 02.08.2016 г. №748, от 29.05.2017 г. №650, от 28.08.2017 г. №1024, от 01.01.2018 г. №1168) и паспорту специальности 05.16.09, а её автор, Балахонов Денис Игоревич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – Материаловедение (в машиностроении).

Томилин Феликс Николаевич

канд. хим. наук,

Старший научный сотрудник лаборатории Физики магнитных явлений  
Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН»,  
Институт Физики им. Л.В. Киренского,

Россия, 660036 г. Красноярск Академгородок, 50, строение 38.

Телефон: +(3912)43-26-35. Факс +(3912)43-89-23.

E-mail: felixnt@gmail.com

Согласен на включение в аттестационное дело и дальнейшую обработку моих персональных данных.