

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки Институт  
химической физики им. Н.Н.Семенова  
Российской академии наук,  
доктор химических наук, профессор



\_\_\_\_\_  
\*Надточенко Виктор Андреевич

«10» сентября 2018 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу  
Михеева Максима Валерьевича

«САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩИЙСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ СИНТЕЗ  
МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ДИСИЛИЦИДА МОЛИБДЕНА В УСЛОВИЯХ  
ДАВЛЕНИЯ СО СДВИГОМ»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических  
наук по специальности 01.04.17 – химическая физика, горение и  
взрыв, физика экстремальных состояний вещества

Диссертация Михеева М. В. посвящена изучению закономерностей фазообразования, структуры и свойств материалов на основе дисилицида молибдена, получаемых методами СВС в условиях комбинации давления и сдвига и разработке различных технологических приемов и установок, реализующих эти условия в СВС – процессах.

Проведены измерения реологических характеристик исследуемых порошковых смесей (Mo – MoO<sub>3</sub> – Si – Al с добавками от 1 до 5 масс. % Ti) и установлены оптимальные интервалы давления прессования шихтовых заготовок. Изучено горение шихтовых заготовок и определено влияние состава исходной шихты на характеристики горения.

Установлены закономерности формуемости материалов на основе дисилицида молибдена. При помощи метода свободного СВС – сжатия определены интервалы времени живучести материалов разных составов.

Даны рекомендации по оптимизации процесса получения компактных стержней материалов на основе дисилицида молибдена методом СВС – экструзии. Определены технологические и конструктивные параметры процесса СВС – экструзии для получения компактных стержней из материалов на основе дисилицида молибдена. Изучены физические (плотность, пористость) и электрофизические свойства полученных образцов.

Создана установка и разработан ряд технологических приемов, которые позволили сочетать синтез в режиме горения с сдвиговое деформирование. Показано, что, прикладывая сдвиговые нагрузки к еще не сформованному материалу в процессе синтеза, можно существенным образом влиять на размер зерна, его форму, морфологию и взаимное расположение во всем объеме. Изучено влияние технологических параметров на процесс синтеза порошка дисилицидамолибдена, на его микроструктуру, фазовый и гранулометрический состав.

Изучены особенности микроструктуры материалов на основе дисилицида молибдена, полученных различными СВС – методами: свободного СВС – сжатия, СВС – экструзии и СВС – измельчения.

Наработана опытная партия порошковых материалов на основе  $\text{MoSi}_2$ , предназначенных для дальнейшего практического использования при создании жаростойких силицид – молибденовых композитов методом внутренней кристаллизации. При использовании синтезированного порошка  $\text{MoSi}_2$  изготовлены композиты с молибденовой матрицей, которые характеризуются высокими показателями сопротивления ползучести при температурах до 1400 °С.

Актуальность работы определяется широким интересом к продуктам, получаемым методами СВС и потребностью в развитии этих методов.

Достоверность результатов диссертационной работы обусловлена использованием современных, взаимодополняющих аттестованных физико-химических методов и методик при исследовании микроструктуры и свойств полученных материалов с использованием современного оборудования, большим объемом полученных результатов и их сопоставлением с результатами других авторов в РФ и за рубежом.

Основные результаты диссертации опубликованы в журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ.

Результаты работы могут найти практическое применение при создании жаростойких силицид – молибденовых композитов. Результаты проведенного исследования могут представлять интерес для таких организаций как АО «Авиадвигатель», АО «Композит», РГП «Институт проблем горения», ФГБОУ ВПО «УГАТУ», НИТУ «МИСиС», ФГУП «ВИАМ», ФГБОУ ВО "ТГТУ", ФГБОУ ВО "БГТУ".

По диссертационной работе Михеева М. В. имеются следующие замечания:

1. В диссертационной работе приведены результаты многочисленных измерений, включая измерения механических свойств, состава структурных составляющих, температуры, скорости горения, и пр. Практически все результаты измерений приводятся безотносительно к погрешностям.

2. Из диссертационной работы не ясно, в какой мере наличие  $Al_2O_3$  ухудшает свойства целевого продукта. Можно ли дать какие-то рекомендации по оптимальному содержанию  $Al_2O_3$ ?

3. В процессе СВС-экструзии можно ожидать неравномерность состава получаемого продукта во времени. Имеются ли у автора какие-либо экспериментальные данные по этому эффекту?

Представленная к защите диссертация Михеева Максима Валерьевича «Самораспространяющийся высокотемпературный синтез материалов на основе дисилицида молибдена в условиях давления со сдвигом» имеет научную и практическую ценность. Автореферат и публикации в научных изданиях

подробно отражают содержание диссертационной работы. Выводы диссертации являются полными, логичными и обоснованными.

Диссертация Михеева М. В. представляет научно-квалификационную работу, которая удовлетворяет Положению о присуждении ученых степеней, утвержденному постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842 (п. 9). В работе рассмотрены фундаментальные закономерности фазообразования, структура и свойства материалов на основе дисилицида молибдена, получаемых методами СВС в условиях комбинации давления и сдвига и разработана установка, в которой реализованы эти условия. Автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.17 – химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Данный отзыв обсужден и одобрен на научном семинаре отдела горения и взрыва Института химической физики РАН 01 июня 2018 года, протокол № 22.

Заместитель  
заведующего отделом  
горения и взрыва  
ИХФ РАН, д.ф.-м.н.

Крупкин Владимир  
Герцович

Организация – место работы: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН

Должность: зам. зав. отделом горения и взрыва

Почтовый адрес: 119991, г. Москва, ул. Косыгина, д. 4

Телефон: 8(499)137-29-51

Адрес электронной почты: [icp@chph.ras.ru](mailto:icp@chph.ras.ru)

Web-сайт организации: <http://www.chph.ras.ru>

Подпись и сведения заверяю.

Ученый секретарь ИХФ РАН

к.хим.н., доцент Стрекова Людмила Николаевна

