

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертационную работу **Брендакова Романа Владимировича**
«Моделирование технологии фторидного передела вольфрама»,
представленную к защите на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности
01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника

Брендаков Роман Владимирович в 2014 г. окончил Национальный исследовательский Томский государственный университет по специальности 090301 «Компьютерная безопасность», с 01.10.2014 г. является аспирантом очной формы обучения Национального исследовательского Томского государственного университета и выполняет диссертационное исследование на кафедре прикладной аэромеханики.

Р. В. Брендакова отличают исполнительность и ответственность, что способствовало сдаче экзаменов кандидатского минимума, опубликованию серии работ по тематике диссертации, своевременному выполнению диссертационной работы. За время работы над кандидатской диссертацией Р. В. Брендаков зарекомендовал себя в качестве трудолюбивого и заинтересованного исследователя, понимающего предмет исследования, способного к самостоятельной научной работе и применению своих знаний на практике.

По теме диссертации Р. В. Брендаковым лично и в соавторстве опубликовано 16 печатных работ в российских и зарубежных изданиях, в том числе 2 статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, 13 публикаций в сборниках материалов международных, всероссийских и вузовских научных и научно-практических конференций, семинара, школы-конференции (из них 3 статьи в сборниках материалов конференций, представленных в зарубежных электронных научных изданиях, входящих в Web of Science), получен 1 патент Российской Федерации.

В настоящее время математическое моделирование является одним из наиболее перспективных подходов к решению фундаментальных задач теплопереноса в области фторидного передела вольфрама.

Создание математических моделей, основанных на решении задач, направленных на исследование технологического процесса получения износостойких покрытий или непосредственно изделий из тугоплавких металлов, способствует не только пониманию физики происходящих процессов и явлений, но и стимулирует создание новых более эффективных технологий фторидного

передела тугоплавких металлов. Проблема получения материалов, имеющих заданные свойства и параметры, остается актуальной во многих отраслях современной промышленности. В атомной, авиационной, машиностроительной и других отраслях техники существует потребность в новых перспективных металлах, обладающих высокотемпературными, износостойкими и антикоррозионными свойствами. Это объясняет большой практический интерес к теоретическим исследованиям в области технологии получения тугоплавких и износостойких покрытий.

В научной литературе существует немного публикаций на тему по созданию математических моделей и экспериментальных исследований. Это связано, в первую очередь, с недостаточно глубокой проработкой теоретической основы фторидной технологии передела вольфрама. Несмотря на достаточно широкое представительство различных методов нанесения покрытий из металлов, список способов нанесения вольфрамовых покрытий остается очень скудным. Все имеющиеся методы нанесения вольфрамовых покрытий обладают определенными недостатками: высокая температура расплавов, значительная агрессивность по отношению к подложкам, труднодоступность при работе с крупными изделиями сложной формы.

Рассматриваемый метод осаждения из парогазовой фазы выгодно отличается от других методов создания покрытий простотой реализации, высоким качеством получаемого изделия, отсутствием сложных конструктивных элементов. Имеется реальная потребность в теоретическом моделировании процесса осаждения из парогазовой фазы вольфрама и создания изделий или покрытий из него. Направленность научных исследований в диссертационной работе Брендакова Р. В. соответствует этой актуальной проблеме.

Работа Брендакова Р. В. непосредственно посвящена созданию математических моделей, описывающих технологию газофазного фторидного передела металлического вольфрама. Эта технология содержит две стадии. На первой стадии получают газообразный гексафторид вольфрама на основе химической реакции между фтором и порошком вольфрама. Вторая стадия заключается в восстановлении гексафторида вольфрама водородом.

Для обеих стадий Брендаковым Р. В. предложены оригинальные физико-математические модели. Пространственное моделирование процесса получения гексафторида вольфрама проводится в химическом реакторе, рабочая зона которого представляет канал прямоугольного сечения. Решение задачи о восстановлении гексафторида вольфрама водородом проводится в химическом реакторе, рабочая зона которого имеет кольцевой канал. На подложке внутреннего канала происходит гетерогенная реакция восстановления гексафторида вольфрама.

В связи с вышесказанным, проведенное в диссертационной работе Р. В. Брендакова численное моделирование процессов фторирования металлического вольфрама и восстановления гексафторида вольфрама водородом, несомненно, является актуальным, а полученные результаты обладают новизной.

Результаты численных расчетов диссертационного исследования Р. В. Брендакова нашли применение при расчетах процесса фторидного передела вольфрама применительно к аддитивным технологиям в практической деятельности научно-технической ассоциации «Порошковая металлургия» (г. Москва).

Численные расчеты диссертационного исследования были использованы при оформлении заявки и получении патента на изобретение «Способ получения вольфрамового изделия послойным нанесением вольфрама и устройство для его осуществления» № 2641596 от 18.01.2018.

Полученные в диссертации численные результаты могут быть применены при моделировании установившегося течения закрученного потока двухкомпонентной смеси газов переменной плотности, а также могут быть использованы при моделировании процессов фторирования и восстановления тугоплавких металлов, при разработке новых способов и конструкций аппаратов технологии фторидного передела тугоплавких металлов.

Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы, приложения.

В первой части работы на основе литературного обзора представлено современное состояние проблемы фторидного передела тугоплавких металлов. Во второй главе диссертационной работы дан развернутый анализ процесса создания физической и математической модели фторидной технологии передела вольфрама. Представлены модели процесса фторирования металлического вольфрама и процесса восстановления гексафторида вольфрама водородом, описаны оригинальные граничные условия, учитывающие гетерогенные химические реакции. Третий раздел диссертации посвящен описанию метода численной реализации сформулированных моделей, представлена схема решения системы дифференциальных уравнений в частных производных. В заключительной части работы приводится иллюстрационный материал проведенных численных расчетов. Представленные графики позволяют сделать вывод о сеточной сходимости решаемых задач, о соответствии численных решений, имеющимся экспериментальным данным и аналитическим решениям. В работе представлен параметрический анализ о влиянии режимных и геометрических факторов на характер распределения в рабочей зоне химического реактора гидродинамического и теплового полей с учетом гетерогенных химических реакций.

Диссертация выполнена на высоком научном уровне, изложение материала построено логически грамотно. Основные выводы работы обоснованы,

и их достоверность не вызывает сомнения. Результаты хорошо апробированы и опубликованы. Считаю, что представленная к защите работа по форме и содержанию, актуальности, полноте поставленных и решенных задач, совокупности новых научных результатов отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Брендаков Роман Владимирович, по уровню квалификации заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Научный руководитель
заведующий кафедрой прикладной аэромеханики
федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский
Томский государственный университет»
(634050, г. Томск, пр. Ленина, 36; (3822) 52-98-52;
rector@tsu.ru; www.tsu.ru),
доктор физико-математических наук
(01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы),
профессор

Шваб Александр Вениаминович
раб. тел.: (3822) 52-97-34;
e-mail: avshvab@inbox.ru

07.09.2018

Подпись А. В. Шваба удостоверяю

Ученый секретарь Ученого совета ТГУ



Н. А. Сазонтова