

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Разумовским Михаилом Игоревичем «Диффузия в системах тугоплавких металлов с ОЦК решёткой: Ti / Ti-Zr-Hf-Ta-Nb-Mo и Ti / Ta», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 - «Физика конденсированного состояния» и состоявшейся в НИТУ МИСИС 14.11.2024.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ МИСИС 09.09.2024, протокол № 22.

Диссертация выполнена на кафедре физической химии федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС».

Научный руководитель – доктор физико-математических наук Бокштейн Борис Самуилович, профессор кафедры физической химии.

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ МИСИС (протокол № 22 от 09.09.2024) в составе:

1. Прокошкин Сергей Дмитриевич, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник кафедры обработки металлов давлением НИТУ МИСИС - председатель комиссии;

2. Еремеева Жанна Владимировна, доктор технических наук, профессор кафедры порошковой металлургии и функциональных покрытий НИТУ МИСИС;

3. Конюхов Юрий Владимирович, доктор технических наук, и.о. зав. кафедрой обогащения и переработки полезных ископаемых и техногенного сырья НИТУ МИСИС;

4. Шефтель Елена Наумовна, доктор технических наук, главный научный сотрудник лаборатории конструкционных сталей и сплавов им. Академика Н.Т. Гудцова федерального государственного бюджетного

учреждения науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук;

5. Гершман Иосиф Сергеевич, доктор технических наук, главный научный сотрудник АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта».

В качестве ведущей организации утверждено федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики твердого тела им. Ю.А. Осипяна Российской академии наук г. Черноголовка.

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- 1) Разработан способ исследования взаимной диффузии методом диффузионных пар Ti/Ta и Ti/высокоэнтропийный сплав шести тугоплавких металлов: Ti-Ta-Mo-Nb-Hf-Zr. Метод включает сварку компонентов пары с использованием неоднократного перехода через температуру полиморфного превращения титана.
- 2) Экспериментально определены концентрационные профили и рассчитаны коэффициенты взаимной диффузии всех компонентов сплава при температурах 1473, 1573 и 1673 К, энергии активации и предэкспоненциальные множители.
- 3) Получено доказательство отсутствия эффекта замедления диффузии при сравнении диффузии тантала в паре титан/тантал с диффузией в паре титан/многокомпонентный сплав, а также коэффициентов диффузии компонентов сплава с усредненными коэффициентами самодиффузии тех же элементов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- 1) Предложен способ расчета коэффициентов диффузии, зависящих от концентрации, помимо метода Матано-Больцмана, методом Хэлла, позволяющим точнее определять значения коэффициентов диффузии на концентрационной кривой.

- 2) Показано, что если коэффициенты самодиффузии элементов сплава при одинаковых сходственных температурах отличаются на 3-4 порядка, то коэффициенты взаимной диффузии тех же элементов - компонентов сплава - отличаются всего в 2-3 раза.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- 1) Предложен экспериментальный химический состав эквиатомного высокоэнтропийного сплава шести тугоплавких металлов: Ti-Ta-Mo-Nb-Hf-Zr. Исследование свойств сплава предложенного состава играет важную роль в поиске оптимального состава жаропрочного сплава нового поколения.
- 2) Рассчитанные значения коэффициентов диффузии могут быть использованы для прогнозирования ресурса деталей из исследованного сплава при длительной эксплуатации в температурном интервале 1473 – 1673 К.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Достоверность экспериментальных результатов обеспечена использованием современного аналитического оборудования, адекватностью его применения, корректностью расчетов, использованием количества повторных измерений, необходимых для статистического анализа.

Личный вклад соискателя состоит в:

Анализе литературных данных, приготовлении диффузионных пар, разработке методики исследования диффузионных пар, измерении концентрационных профилей, обработке результатов исследований, расчете коэффициентов взаимной диффузии всех компонентов сплава, энергий активации, предэкспоненциальных множителей, обсуждении результатов исследования.

Соискатель представил 7 печатных работ, из которых 2 работы в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ/Web of Science/Scopus по специальности диссертации.

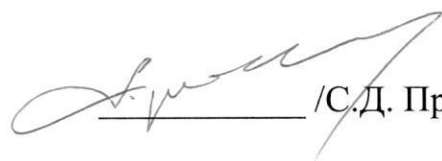
Пункт 2.6 Положения о присуждении ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук НИТУ МИСИС соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Разумовского Михаила Игоревича соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС, так как в ней на основании выполненных автором исследований разработан метод диффузионных пар для исследования взаимной диффузии в многокомпонентном сплаве шести тугоплавких металлов, измерены и рассчитаны значения коэффициентов взаимной диффузии всех компонентов сплава, энергии активации и предэкспоненциальные множители. Представленный в диссертации анализ полученных результатов намечает пути к созданию нового поколения жаропрочных материалов на основе тугоплавких металлов с ОЦК решеткой.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Разумовскому Михаилу Игоревичу ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 - «Физика конденсированного состояния».

При проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 4 человек, участвовавших в заседании, из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовало: за 4 человек, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель Экспертной комиссии

 /С.Д. Прокошкин/

14.11.2024