

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу **Федораева Ивана Игоревича** «Легированные рением, марганцем и хромом кобальт-ниобиевые и кобальт-танталовые сплавы: получение, состав и свойства», представленную на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 1.4.1. – «неорганическая химия» и 1.4.15. «химия твердого тела»-

Диссертационная работа Федораева Ивана Игоревича посвящена исследованию ряда трехкомпонентных систем на основе кобальта и элементов пятой группы таблицы Менделеева (Nb, Ta), легированных рением, марганцем и хромом. В настоящее время кобальтовые сплавы находят широкое применение в качестве износ- и коррозионностойких, а также жаростойких и жаропрочных материалов, из них изготавливают материалы с низким коэффициентом расширения, ценными магнитными свойствами, и др. Среди перспективных систем на основе кобальта большой интерес представляют тройные системы Co-Mn-Nb/Ta а также Co-Re-Nb/Ta, причем, системы с участием кобальта и марганца перспективны для создания магнитных материалов, сохраняющих эксплуатационные свойства при высоких температурах, а системы с участием кобальта и рения перспективны для создания жаропрочных материалов. Однако эти системы вплоть до настоящего времени оставались малоизученными или вообще не изучались.

Важно отметить, что для целенаправленного поиска сплавов с высокими эксплуатационными характеристиками необходимо иметь достоверную информацию о существующих в данной системе фазах и равновесиях между ними, т.е., необходимо построение фазовых диаграмм. Так, знание предельной растворимости компонентов в Co-содержащей фазе при разных температурах позволяет повысить прочность сплавов за счет дисперсионного и твердорастворного упрочнения. Кроме того, знание фазовой диаграммы позволяет избежать образования нежелательных фаз, которыми в данных системах могут оказаться фазы Лавеса. Фазы Лавеса как правило, обладают повышенной хрупкостью, что может негативно отразиться на свойствах содержащих их сплавов. В соответствии с вышесказанным, цель работы сформулирована как установление фазовых равновесий в трехкомпонентных системах кобальта и ниобия, кобальта и тантала с рением и марганцем, а также оценка влияния рения, марганца и хрома на процессы

дисперсионного твердения и высокотемпературного окисления на воздухе при 1200 К. Таким образом, по выбору объектов исследования и решаемым задачам работа Федораева И.И. весьма актуальна.

В соответствии с формулированными задачами в обзоре литературы достаточно подробно представлена информация о способах упрочнения кобальтовых сплавов, механизмах твердорастворного и дисперсионного упрочнения, которые реализуются в этих и родственных системах, отражены известные сведения о фазовых диаграммах составляющих двухкомпонентных систем, а также приводятся данные о трехкомпонентных системах. Отдельно рассмотрены особенности строения и свойств фаз Лавеса. Достаточно подробно автор освещает также и вопросы, связанные с изучением жаропрочности сплавов на основе кобальта.

В главе 2 подробно описан способ приготовления образцов, приводятся методики определения их твердости и жаропрочности, проведения локального рентгеноспектрального микроанализа, сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии, ДТА, дифференциальной сканирующей калориметрии, измерения твердости по Виккерсу, рентгеновской дифракции, в том числе и с использованием синхротронного излучения, с целью установления фазового состава, а для ряда образцов – параметров элементарной ячейки и кристаллического строения. Данные по твердости и ширине окисленной зоны обрабатывались с использованием t -критерия Стьюдента. Можно видеть, комплекс современных методов физико-химического анализа, примененных автором, позволяет выполнить работу на современном уровне и получить достоверные результаты.

В главе 3 приводятся результаты и их обсуждение. Значительное место занимает построение изотермических сечений фазовых диаграмм изучаемых систем, что полностью соответствует важности этой задачи и ее большой трудоемкости (для построения каждого сечения готовится, как правило, более 30 сплавов. С этой задачей автор успешно справляется. Достаточное внимание уделено интерпретации наблюдаемого в некоторых системах явления, когда для гомогенной области (однофазной по данным электронной микроскопии и ЛРСМА) на рентгенограмме присутствуют линии, отвечающие двум типам фаз Лавеса. Большое значение имеют разделы работы, посвященные изучению твердости и устойчивости к окислению

ряда сплавов на основе кобальта, так как в них рассматриваются свойства сплавов, важные для практического применения.

Достоверность полученных результатов и обоснованность сделанных в работе выводов не вызывают сомнений и подтверждаются их всесторонней апробацией: по теме исследования опубликовано 4 статьи в российских и зарубежных журналах и 9 тезисов докладов на национальных и международных конференциях. Текст диссертации тщательно выверен, хорошо иллюстрирован рисунками и таблицами и почти не содержит опечаток.

Среди основных достижений автора следует отметить;

- установление перспективных составов для получения дисперсно-упрочненных кобальтовых сплавов в трехкомпонентных системах Co-Nb-Re и Co-Ta-Re на границе γ Co-твердого раствора с двухфазными областями;

- определение границ существования тройных фаз Лавеса λ' , обнаруженных в системах Co-Nb-Re, Co-Ta-Re, Co-Mn-Nb и Co-Mn-Ta при 1200 К, и установление их кристаллического строения, для которого характерно неравномерное распределение атомов составляющих элементов по кристаллографическим позициям;

- установление последовательности стадий дисперсионного твердения в легированных рением кобальт-ниобиевых и кобальт-танталовых сплавах в процессе распада γ Co-твердого раствора;

- получение высокотвердых кобальт-ниобиевых и кобальт-танталовых сплавов на основе γ Co-твердого раствора за счет их легирования рением.

По представленной работе можно сделать следующие замечания:

Несмотря на то, что в обзоре литературы автор приводит небольшие заключения после каждого раздела, не приводится обобщающий вывод, обосновывающий постановку задач проводимого исследования в заключении обзора литературы

Номера ссылок 123 и 124 указаны неверно.

В экспериментальной части хотелось бы видеть более подробное освещение ряда вопросов. Так, автор никак не обосновывает выбор продолжительности отжига. Известно также, что особые проблемы возникают при плавлении марганецсодержащих сплавов в дуговой печи. Было бы интересно узнать, как эти проблемы решались в данной работе. Кроме того, хотелось бы, чтобы автор пояснил,

как был сделан выбор температурного режима получения жаропрочных образцов кобальтовых сплавов.

Результаты определения состава образцов методом локального рентгеноспектрального микроанализа автор приводит с точностью до десятых долей процента, без указания погрешностей. Следовало бы более подробно изложить методику проведения измерений этим методом, обосновывающую такое представление результатов.

Вызывает вопрос методика подготовки образцов для проведения рентгенофазового анализа, согласно которой порошкообразные образцы предварительно в течение 1 часа нагревали при температуре 773 К. Не могло ли в ходе такой обработки образцов, полученных в ходе высокотемпературных отжигов с последующей закалкой, произойти изменение фазового состава.

При изучении кристаллического строения ряда трехкомпонентных фаз Лавеса автору удалось выявить неравномерное заселение позиций атомами различных элементов. В связи с этим хотелось бы увидеть в работе интерпретацию этого явления.

Указанные замечания ни в коей мере не влияют на высокий уровень диссертационной работы Федораева Ивана Игоревича. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.4.1. – «неорганическая химия» и 1.4.15. – «химия твердого тела», а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, и по оформлению диссертация и автореферат соответствуют приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Федораев Иван Игоревич заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальностям 1.4.1. – «неорганическая химия» и 1.4.15. – «химия твердого тела».

Официальный оппонент:

доктор химических наук,
доцент, профессор кафедры неорганической химии Химического факультета
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Московского государственного университета имени М.В.
Ломоносова»

Морозов Игорь Викторович


«20» февраля 2023 г.

Контактные данные:

тел.: 7(495)939-2870, e-mail: morozov@inorg.chem.msu.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом
защита диссертация:

02.00.01 – неорганическая химия

Адрес места работы:

119991, Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 3, ГСП-1, МГУ, химический
факультет.

тел.: 7(495)939-2870, e-mail: morozov@inorg.chem.msu.ru

