

## ОТЗЫВ

научного консультанта на диссертационную работу

**Ибраевой Гульзиры Муратбековны**

**«Многослойная структура интерметаллидных соединений алюминидов кобальта, никеля и титана», представленную на соискание степени доктора философии PhD по специальности 6D071000-«Материаловедение и технология новых материалов»**

Представленная диссертационная работа Ибраевой Гульзиры посвящена изучению микроструктуры интерметаллидных соединений алюминидов кобальта, никеля и титана.

В диссертационной работе рассмотрена актуальная научная проблема структурного исследования интерметаллических соединений в системах Al-Co, Al-Ni и Al-Ti. Все поставленные в работе задачи решались современными методами компьютерного анализа и построения диаграмм состояния, методом диффузионных пар, растровой электронной микроскопии (РЭМ), рентгеноспектрального микроанализа (РСМА), рентгеновской дифрактометрии и микротвердости.

Личный вклад автора начинается сразу с экспериментальной части, а именно, с приготовления экспериментальных материалов, пробоподготовки, электронной микроскопии, микроанализ и программы Thermo-Calc.

Все указанные методики освоены в Институте металлургии и обогащения (Алматы) и составляют эффективный комплекс структурных исследований, который на 100% использован автором.

По результатам исследований по теме диссертации опубликовано 12 печатных работ, из них 3 – в изданиях, включенных в перечень ККСОН МОН РК, 1 – в изданиях, входящих в базу данных Scopus. Основные положения и результаты докладывались и обсуждались на международных научных конференциях (2015-2018).

1. С использованием программы Thermo-Calc рассчитаны и построены политермические и изотермические разрезы системы Al-Co, Al-Ni и Al-Ti в области концентраций 0-100% Co, 0-100% Ni, 0-100% Ti (атом.%). Расчеты показали, что в процессе кристаллизации и последующего охлаждения сплавов системы Al-Co в твердом состоянии, кроме твердого раствора на основе алюминия образуются известные фазы:  $\text{Co}_2\text{Al}_9$ ,  $\text{CoAl}_3$ ,  $\text{Co}_2\text{Al}_5$  и  $\text{CoAl}$ . Для системы Al-Ni подтверждены пять интерметаллидных фаз  $\text{Al}_3\text{Ni}$ ,  $\text{Al}_3\text{Ni}_2$ ,  $\text{AlNi}$  ( $\beta$ ),  $\text{AlNi}_3$  ( $\alpha'$ ),  $\text{Al}_3\text{Ni}_5$ , и для системы Al-Ti четыре фазы:  $\text{Ti}_3\text{Al}$ ,  $\text{Ti}_2\text{Al}$ ,  $\text{TiAl}_6$  и  $\text{TiAl}_2$ . Взаимное растворение компонентов происходит без насыщения, что дает обоснование применения метода диффузионных пар к данной теме.

2. Автор обоснованно вводит микроструктурное понятие диффузионной зоны и зоны реакции (ДЗиЗР), поскольку модели, построенные на «чистых» терминах диффузионной зоны, могут пропускать химические процессы фазовых превращений. Изучено влияние режимов термообработки проб на ширину ДЗиЗР. На ширину ДЗиЗР влияет пористость слоев, что объясняется

преобладанием вакансионного механизма диффузии. Слои имеет ширину от 5,5 до 370 мкм. Установлено, что фазы, представляющие практический интерес, образуются в самых узких слоях ДЗиЗР.

3. Благодаря тонкостям освоенных методов РЭМ-РСМА, автору удалось показать, что структура изученных интерметаллидных соединений алюминидов состоит из нескольких слоев различного контраста, хорошо наблюдаемого для изображения в обратнорассеянных электронах. Наблюдаются и межфазные границы в виде так называемых «ступенек» концентрации компонентов, что особенно хорошо показано в Приложении Б, В и Г. Автор выявила температурные сдвиги существования известных фаз относительно диаграмм состояния во всех изученных системах от 163 до 207°C.

4. Вспомогательные методы (рентгеновская дифрактометрия и измерение микротвердости) автором изучены глубоко. Их результаты автор прочно связывает со структурными особенностями систем и строением ДЗиЗР. Автор имеет широкий кругозор касательно современных публикаций по теме диссертации и может оперировать гораздо более широким объемом научной информации, чем было использовано в диссертации.

5. Автор не использует в диссертации материалы еще двух рукописей, подготовленных в соавторстве к печати, и одной заявки на патент.

6. Отдельно следует выделить мнение автора о возможном направлении аддитивных технологий, где наряду с прочным интерметаллическим каркасом будет применяться недорогое наполнение родственными в фазовом отношении алюминидами. В этом смысле метод диффузионных пар значительно расширяет свой исследовательский круг.

Диссертационная работа Ибраевой Г.М. на тему «Многослойная структура интерметаллидных соединений алюминидов кобальта, никеля и титана» имеет высокий уровень и отвечает всем требованиям, предъявляемым к диссертациям, рекомендуется к защите, а ее автор заслуживает искомой степени доктора философии (PhD) по специальности 6D071000 - Материаловедение и технология новых материалов.

**Научный консультант  
диссертационной работы,  
ведущий научный сотрудник  
лабораторий физических методов  
анализа АО «Институт металлургии  
и обогащения» к.т.н.**

**Б.М. Сукуров**

Подпись Б.М. Сукурова заверена

Главный ученый секретарь АО «ИМиО»

**С.С. Темирова**

