

## Отзыв

### на автореферат кандидатской диссертации Б.К. Каракозова «СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ГЕТЕРОФАЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИНТЕРМЕТАЛЛИДНОГО КЛАССА НА ОСНОВЕ $Ti-Al-Nb$ , ПОЛУЧЕННЫХ $SPS$ СПЕКАНИЕМ»

Материалы на основе алюминидов титана с орторомбической фазой  $Ti_2AlNb$  являются гидридообразующими, что дает им существенное преимущество при использовании в качестве материалов-накопителей водорода. Весьма перспективно их получение методом искро-плазменного спекания ( $SPS$ ), позволяющим обеспечить мелкозернистую структуру, что имеет принципиальное значение в плане создания объемных наноматериалов для водородопоглощения. Несмотря на большое число работ, направленных на исследование материалов на основе системы  $Ti-Al-Nb$ , полученных методом  $SPS$ , их структура и сорбционные свойства изучены недостаточно. Поэтому не вызывает сомнения актуальность диссертационной работы Б.К. Каракозова, посвященной решению задачи получения и исследования структурно-фазовых состояний материалов на основе системы  $Ti-Al-Nb$  методом  $SPS$ .

При решении этой задачи диссертант получил ряд новых важных научных результатов.

Разработаны режимы  $SPS$ , обеспечивающие формирование интерметаллидных соединений  $Ti_3Al$ ,  $Nb_2Al$  и  $Ti_2AlNb$  с орторомбической фазой. Установлено, что с увеличением температуры спекания от  $1100^{\circ}C$  до  $1550^{\circ}C$  происходит увеличение содержания орторомбической  $Ti_2AlNb$ -фазы от 13 до 47 масс.%. При этом наблюдается уменьшение содержания свободных (непрореагировавших) частиц титана и ниобия до 4 мас.%. В результате экспериментальных исследований фазового состава и структуры  $SPS$ -соединений системы  $Ti-Al-Nb$  установлены основные режимы образования орторомбической фазы  $Ti_2AlNb$  в материалах. Выявлены структурные типы фаз и уточнены температурные интервалы их существования. Определено, что водород эффективно поглощается в этом материале при температуре  $550^{\circ}C$ . Изучены изменения структурно-фазового состояния спеченного состава на основе системы  $Ti-Al-Nb$  до и после наводороживания. Установлено, что процесс поглощения и выделения водорода материалом на основе системы  $Ti-Al-Nb$  наиболее эффективен при низком давлении (45 Торр). Установлены режимы  $SPS$ , которые обеспечивают формирование материала, максимально приближенного к теоретической плотности композита ( $4,9 \text{ г/см}^3$ ). Разработаны практические рекомендации применения метода  $SPS$  для получения материалов на основе интерметаллических соединений  $Nb_2Al$ ,  $Ti_3Al$  с орторомбической  $Ti_2AlNb$ -фазой. Получен патент РК на изобретение «Способ получения материала геттера на основе титан-алюминий-ниобий», конечным результатом которого является получение интерметаллида с образованием  $Ti_2AlNb$ -фазы на основе орторомбической решетки, который перспективен для водородопоглощения. Результаты диссертационной работы использованы в ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» и Филиале «Институт атомной энергии» РГПН ЯЦ РК.

По содержанию автореферата возникли следующие замечания.

1. Не указана марка используемого алюминиевого порошка и его чистота.

2. При использовании метода *SPS* указана осевая нагрузка на образец 12 кН, но не указано сечение образца, что не позволяет определить давление при спекании образца.
3. Не представлено термограмм при спекании, которые бы позволили судить о проявлении теплового эффекта при синтезе интерметаллического соединения *Ti2AlNb* из элементных порошков. Не обсужден процесс синтеза.

Однако эти недостатки не имеют существенного значения. В целом работа выполнена на высоком научном уровне и имеет большое научное и практическое значение. Диссертация удовлетворяет всем требованиям, в том числе п. 9, к кандидатским диссертациям Положения о порядке присуждения учёных степеней, утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842. Автор диссертации, Каракозов Батыржан Кумекбаевич, достоин присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – Материаловедение (машиностроение).

Зав. кафедрой «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы», ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», доктор физико-математических наук, профессор

Амосов  
Александр  
Петрович

443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, Главный корпус.  
Тел. (846) 242-28-89. E-mail: egundor@yandex.ru.

Подпись А.П. Амосова удостоверяю.  
Учёный секретарь ФГБОУ ВО «СамГТУ»,  
доктор технических наук

Ю.А. Малиновская

Вступила в силу 15 ноября 2018 г.