

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Быкадорова А.Н.** «Исследование теплового расширения Al-Li сплавов, трип-сталей и композитных покрытий  $ZrO_2/Al_2O_3$ », представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5. – Порошковая металлургия и композиционные материалы

Термический коэффициент линейного расширения (ТКЛР) является важной характеристикой конструкционных материалов. Это в наибольшей степени относится к таким материалам как композиты и функциональные покрытия, для которых разница в ТКЛР матрицы и волокна в композите, а также подложки и покрытия приводят при термоциклах к высоким напряжениям на межфазных границах и может привести к разрушению изделий. Особое направление связано с материалами обладающими сверхнизким ТКЛР ( $< 1 \times 10^{-6} K^{-1}$ ), как правило это достигается за счет сильной анизотропии сил межатомной связи, которая приводит к отличию величин ТКЛР в различных кристаллографических направлениях, в результате чего объемная величина ТКЛР близка к нулю. Однако, в случае чрезмерной анизотропии ТКЛР возникает проблемы работоспособности таких материалов в связи со значительными напряжениями на границе раздела кристаллитов с разной ориентацией в условиях термоциклов. Наиболее сильно этот эффект проявляется для графита, который активно используется в ядерной энергетике.

Важно подчеркнуть, что для определения ТКЛР до сих пор недостаточно используется высокотемпературная рентгенография. Рентгеновский метод дает возможность определять величины ТКЛР в таких объектах, как защитные покрытия, для которых не применим дилатометрический метод. Кроме того, применительно к многофазным сплавам и покрытиям рентгеновский метод дает возможность измерения ТКЛР отдельных фаз, что дает дополнительные возможности изучать их взаимодействия в многофазных сплавах. Кроме того, метод высокотемпературной рентгенографии для фаз с отличными от кубической кристаллической решетками позволяет оценивать величины ТКЛР в различных кристаллографических направлениях, т.е. определять на поликристаллическом объекте монокристаллические константы теплового расширения.

В этой связи диссертационная работа Быкадорова А.Н., в которой поставлена задача исследования закономерностей процессов термического

расширения в сплавах Al-Cu-Li, трип-сталях и многофазных покрытиях с использованием высокотемпературной рентгенографии является актуальной.

В работе установлены важные в научном и практическом плане закономерности влияния основных легирующих элементов (Cu и Li) на термические, а также упругие и прочностные свойства промышленных сплавов системы Al-Cu-Li. С использованием оригинальной методики количественного фазового анализа показано, что повышение отношения концентраций лития и меди приводит к повышению модуля Юнга за счет увеличения суммарной доли интерметаллидов, в основном за счет  $\delta'$ -фазы и к снижению прочности сплавов из-за уменьшения количество  $T_1$ -фазы. Результаты измерения методом высокотемпературной рентгенографии величин ТКЛР в оксидных фазах магнетронных покрытий позволяют прогнозировать поведение этих оксидов в многослойных покрытиях. Результаты диссертации используются в ООО Научно-технический центр «СИЛАТЕ» при выполнении работ по нанесению износостойких покрытий на оснастку и инструменты порошкового производства.


Имеется замечание. На стр. 8 автореферата утверждается, что для каждой температуры находили значения периодов решетки «а» и «с» для тетрагональной и гексагональной решеток и «а», «b», «с» для ромбической решетки, однако в работе вообще отсутствуют фазы с ромбической решеткой

В целом диссертация выполнена на актуальную тему, обладает научной новизной, практической ценностью, является самостоятельной и законченной научно - исследовательской работой и удовлетворяет всем требованиям п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденном Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Быкадоров Артем Никитич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5. – Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Начальник лаборатории технологий нанесения покрытий  
НИЦ «Курчатовский Институт»

123182 Россия, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1,

канд. техн. наук

 Обрезков Олег Иосифович

Подпись О.И. Обрезкова заверяю:

Главный ученый секретарь  
НИЦ «Курчатовский Институт»

 К.Е. Борисов

