

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу 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

Актуальность работы.

Одной из важнейших характеристик современных конструкционных материалов является термический коэффициент линейного расширения (ТКЛР). При этом особенную важность он приобретает применительно к гетерогенным материалам, таким как композиционные материалы и защитные, функциональные покрытия, поскольку различия в значениях ТКЛР компонентов композитов, подложки и покрытия, а также отдельных слоев в многослойных покрытиях приводят к формированию на границах слоев высоких внутренних напряжений при различных термических воздействиях и часто являются причиной преждевременного разрушения изделий.

Важную роль играет разница величин ТКЛР между различными фазами в сплавах, в первую очередь между твердым раствором и частицами интерметаллидов или фаз внедрения, которые характеризуются как правило более низкими значениями ТКЛР по сравнению с металлическим твердым раствором, что приводит к растягивающим напряжениям на межфазных границах при охлаждении сплава. Кроме того, существенная разница между величинами ТКЛР аустенита и мартенсита должна учитываться при разработке любых термомодеформационных технологий обработки сталей. В металлах с гексагональной решеткой (Ti, Mg, Zr), которые в отличие от кубических металлов характеризуются анизотропией ТКЛР необходимо учитывать эту анизотропию особенно в случаях крупнозернистых структур, когда несовместность деформации соседних зерен может приводить к разрушению зерен, например слитков.

Необходимо также отметить, что обычно для оценки ТКЛР используют dilatometriю, которая дает важную в практическом плане информацию об размерных изменениях изделия при термических воздействиях. Однако существуют ситуации, когда dilatометрический метод не применим или ограничен в своем применении. в первую очередь это относится к покрытиям, а также к материалам с гетерогенными поверхностными слоями,

для которых применим только метод высокотемпературной рентгеновской съемки. Важную информацию дает этот метод при исследовании фаз с отличной от кубической решеткой, для которых можно оценивать величины ТКЛР в различных кристаллографических направлениях, т.е. определять монокристалльные константы из экспериментов на поликристаллах. монокристаллы.

В этой связи диссертационная работа Быкадорова А.Н., в которой решается задача выявления закономерностей процессов теплового расширения в сплавах системы Al-Cu-Li, трип-сталях и многофазных покрытиях и оценки значений ТКЛР в этих материалов методом высокотемпературной рентгенографии является актуальной.

Научная новизна.

Научная новизна диссертационной работы Быкадорова А.Н. заключается в том, что впервые установлены важные в научном и практическом плане закономерности влияния легирующих элементов на упругие, прочностные и термические свойства сплавов системы Al-Cu-Li. Показано, что повышение отношения содержания лития к меди приводит к увеличению суммарной доли интерметаллидов за счет δ' -фазы, но при этом к снижению количества T_1 -фазы, первое ведет к повышению модуля Юнга и понижению величины ТКЛР, а второе к снижению прочности сплавов.

Важным вкладом в методику оценки величины ТКЛР для определения ТКЛР в направлении осей «с» и «а» фаз с гексагональной и тетрагональной решетками является использование тензорного подхода. При этом используется известное представление ТКЛР в виде тензора 2-го ранга, которое повышает точность измерения и до сих пор не использовалось для решения таких задач.

Новым, важным результатом является обнаруженное различие между величинами ТКЛР сталей, одна из которых характеризуется выраженным трип-эффектом, а вторая несмотря на близкий химический состав не обладает этим эффектом. Этот результат важен с научной точки зрения, поскольку демонстрирует более высокий уровень сил межатомной связи в трип-сталях, обусловленный тем, что величина ТКЛР в ней существенно ниже, чем в стали, не обладающей выраженным трип-эффектом.

Практическая значимость работы.

Сплавы системы Al-Cu-Li являются наиболее перспективными современными материалами в авиации благодаря своим уникальным характеристикам, прежде всего удельной жесткости и удельной прочности, при этом по характеристикам удельной жесткости сплавы этой системы

легирования не имеют конкурентов. Однако наиболее используемые в авиации сейчас сплавы 3-го поколения характеризуются пониженным отношением содержания лития к меди. Полученные в данной работе результаты показывают, что выбор таких сплавов рационален по отношению к прочностным свойствам, но для получения максимальных упругих свойств требуется повышение относительного содержания лития. Полученные результаты дают убедительные основания для оптимизации составов сплавов, обеспечивающих необходимый баланс прочностных и упругих свойств. Известно, что этот баланс отличается для каждого компонента фюзеляжа и наличие критерия для управления этим балансом является важным результатом работы.

Важным для практики результатом является обнаруженные в работе корреляции между параметрами решетки и величинами ТКЛР для трип-сталей, которые существенно отличаются от аналогичных корреляций для стали близкого химического состава, но не обладающей трип-эффектом. Эти результаты могут быть использованы для прогнозирования и отбора сталей, обладающих трип-эффектом.

Важные в практическом плане результаты получены при определении величин ТКЛР в трехфазных магнетронных покрытиях. Во-первых, эти результаты могут быть использованы для отбора компонентов при конструировании многослойных покрытий. Во-вторых, обнаруженные при проведении экспериментов методические проблемы, также, как и способы их решения, могут оказаться полезными, поскольку для покрытий высокотемпературная рентгенография является единственным эффективным методом оценки величин ТКЛР. Поэтому не удивляет тот факт, что результаты работы уже используются в ООО Научно-технический центр «СИЛАТЕ» при выполнении работ по нанесению износостойких покрытий на оснастку и инструменты порошкового производства.

Достоверность полученных результатов обеспечивается необходимым объемом экспериментальных исследований, применением комплекса современных методов исследования структуры и свойств материалов, использованием сертифицированного оборудования, воспроизводимостью результатов измерений.

Публикации. Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли апробацию на 9 научно-технических конференциях, опубликованы в 8 печатных работах, в том числе в 2 статьях в ведущих

рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК и индексируемых в системе цитирования RSCI.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 179 наименований и приложений. Работа содержит 133 страницы машинописного текста, 39 рисунков, 8 таблиц.

По работе можно сделать следующие замечания.

1. В табл. 5 автореферата и табл. 8 диссертации даны результаты измерения ТКЛР для кристаллографических осей «а» кубической решетки и осей «а и «с» для фаз с тетрагональной и гексагональной решетками, при этом зачем то в таблице присутствует столбец для оси «b», который естественно не заполнен.
2. При формулировке цели работы автор утверждает, что она заключается в получении закономерностей влияния температуры на различные характеристики различных материалов, что подразумевает не столько выявление объективно существующих закономерностей, сколько их создание в результате целенаправленной деятельности.
3. Найденные закономерности поведения модулей Юнга, пределов текучести и ТКЛР в зависимости от отношения легирующих элементов сплавов с литием представляются достаточно убедительными (рис. 23а, 28), чего нельзя сказать о зависимости предела текучести от количества T_1 -фазы (рис. 23б).
4. В работе демонстрируются преимущества высокотемпературной рентгенографии для определения ТКЛР по сравнению с дилатометрическим методом, что справедливо для покрытий и многофазных материалов, однако во многих практических случаях дилатометрический метод незаменим, поэтому было бы полезно сопоставить результаты измерения ТКЛР рентгеновским и дилатометрическим методами.
5. В работе показано, что в многофазных покрытиях для определения эффективного значения ТКЛР нельзя пользоваться правилом аддитивности, в этой связи более целесообразно было начинать не с трехфазных, а с одно- или в крайнем случае двухфазных покрытий.

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертации. Тема диссертации соответствует заявленной специальности, а полученные результаты соответствуют поставленной цели и задачам работы. Диссертация выполнена на актуальную тему, обладает научной новизной,

практической ценностью, является самостоятельной и законченной научно - исследовательской работой. В диссертации решена важная задача по формированию нового научного подхода к исследованию и прогнозированию термических и структурно-фазовых характеристик важных конструкционных материалов. Результаты диссертационной работы могут быть использованы в авиакосмической и других отраслях промышленности.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

По научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению представленная диссертационная работа 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.

Официальный оппонент Овчинников Виктор Васильевич
Заведующий кафедрой «Материаловедение»,
ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет»
д.т.н., профессор

Овчинников Виктор Васильевич

Подпись Овчинникова В.В. удостоверяю,

подпись Овчинникова В.В. заверяю

ДЕЛОПРОИЗВОДИТЕЛЬ
ПОГОРЕЛОВА А.В.

Адрес: г. Москва, 107023, Большая Семеновская ул., д.38
Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования
«Московский политехнический университет»
Дата 10.11.2020
Телефон, 8 (962) 967-55-11
Адрес электронной почты vikov1956@mail.ru