

Отзыв официального оппонента

**на диссертационную работу Крымского Станислава Вацлавовича
"Структура и свойства криопрокатанного алюминиевого сплава Д16",
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и
сплавов**

Актуальность темы диссертации

Развитие современного производства требует поиска новых подходов к традиционным обработкам металлических материалов для повышения их эксплуатационных свойств. Именно решению этой актуальной и важной проблемы посвящена диссертационная работа Крымского С.В., в которой предлагается использовать криопрокатку в сочетании с упрочняющей термообработкой. В качестве материала исследования выбран широко используемый на практике алюминиевый сплав Д16, поэтому все полученные результаты особенностей структурно – фазовых превращений в условиях комплексной термомеханической обработки имеют важное научное и практическое значение.

Диссертация выполнена в коллективе, который известен как один из основных лидеров в создании современных и востребованных практикой технологий получения материалов с улучшенными свойствами, поэтому актуальность темы диссертации не вызывает сомнений. Кроме того, актуальность темы диссертационной работы также подтверждается её соответствием тематике выполненных проектов разного уровня, реализованных в рамках ФЦП, плановых тем РАН и грантов РФФИ.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, шести глав, общих выводов, списка условных обозначений и сокращений. Изложена на 138 страницах, включая 40 рисунков и 9 таблиц. Библиографический список содержит 171 наименование.

Во введении обосновывается актуальность темы диссертации, сформулированы цель, задачи и новизна работы, ее теоретическая и практическая значимости и методология исследований. Подробно изложены основные положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов.

Первая глава посвящена аналитическому обзору научной литературы по теме исследований. Наиболее подробно проанализированы вопросы, касающиеся структурно – фазовых превращений в Al – сплавах при низкотемпературной большой пластической деформации, а также постдеформационные процессы при нагреве. Рассмотрены основные факторы, влияющие на характеристики конструкционной прочности сплавов. В конце главы сформулированы основные задачи диссертационной работы.

Во второй главе приведено описание объекта исследования и методов эксперимента, включая криогенную прокатку и термическую обработку. Подробно описаны методики исследования структуры, механических свойств и межкристаллитной коррозии.

Третья – шестая главы являются экспериментальными и содержат оригинальные результаты, выносимые на защиту.

В третьей главе изучены особенности структурно – фазового состояния и твердости сплава, вызванные криогенной прокаткой, и показана их эволюция по сравнению с недеформированным закалённом состоянием. В частности, подробно по данным оптической металлографии, сканирующей и просвечивающей электронной

микроскопии описана трансформация структуры на разных масштабных уровнях в зависимости от величины деформации. В конце главы сформулированы выводы.

В четвертой главе представлены результаты по влиянию постдеформационного старения на структуру, фазовый состав и твердость криопрокатанного сплава. Подробно рассмотрены закономерности естественного и искусственного старения, описаны процессы релаксации и распада пересыщенного твердого раствора. Данные просвечивающей электронной микроскопии подтверждены результатами рентгеноструктурного анализа. Построены зависимости микротвердости закаленного и криопрокатанного сплава при разных температурах старения. В конце главы приведены выводы.

Пятая глава посвящена исследованию конструкционной прочности криопрокатанного и состаренного сплава. В начале главы описаны результаты механических испытаний, приведены значения прочности и пластичности в зависимости от режимов комбинированных обработок. Рассмотрены вопросы трещиностойкости материала после различных структурных состояний, объяснены механизмы зарождения и распространения трещин. Большой объем экспериментального материала посвящен изучению сопротивления межкристаллитной коррозии. Наглядно проиллюстрированы очаги коррозионного поражения Al – сплава, подверженного разным термомеханическим обработкам. Глава оканчивается выводами.

В шестой главе сформулированы рекомендации по промышленному использованию результатов. Наглядно показано, что листы из сплава D16, подвергнутые комбинированной обработке по разработанному автором режиму, являются конкурентно способными и могут успешно использоваться для изготовления элементов конструкций ответственного назначения.

В заключение диссертации приведены общие выводы.

Научная новизна и достоверность результатов диссертационной работы

Все научные положения и выводы диссертации обоснованы, подтверждены экспериментально, обсуждены в рамках современных представлений о структурообразовании и свойствах деформированных термически упрочняемых Al – сплавов и опубликованы в периодической печати.

В качестве наиболее важных и новых научных результатов можно указать следующие.

- С привлечением разнообразных методик структурного анализа установлены закономерности структурно – фазовых превращений, протекающих в сплаве D16 при криопрокатке в широком интервале степеней деформации.
- Определены механизмы измельчения структуры закаленного сплава в условиях слабой термической активации из-за низких температур деформации.
- Рассмотрена последовательность развития постдеформационных процессов (возврата, рекристаллизации, старения) при отжигах криопрокатанного сплава с разным структурным состоянием.
- На основании сопоставления структуры и свойств сплава после различных комбинаций деформационной обработки и старения, предложен оптимальный режим, обеспечивающий высокий комплекс механических и коррозионных свойств.

Достоверность экспериментальных данных обеспечивается большим объемом выполненных экспериментов на аттестованных образцах с применением разнообразных методов исследования на современном оборудовании. Достоверность полученных в работе результатов также подтверждается их повторяемостью при совместном

исследовании несколькими аналитическими методами и хорошей согласованностью с известными теоретическими и экспериментальными данными других авторов.

Научная и практическая значимость диссертационной работы

Полученные автором экспериментальные результаты по влиянию степени накопленной деформации при криопрокатке и температурных режимов старения на структуру и свойства закаленного сплава Д16, существенно расширяют фундаментальные сведения о механизмах деформации и закономерностях постдеформационных процессов в многокомпонентных сплавах на алюминиевой основе.

Особо нужно отметить важное практическое значение работы, которое заключается в разработке новой перспективной технологии изготовления листов из сплава Д16, обладающих высокими прочностными и пластическими свойствами и способных составить конкуренцию другим конструкционным материалам.

Замечания и вопросы

- 1.Какие установленные в диссертации экспериментальные факты свидетельствуют о повышении концентрации вакансий в процессе криопрокатки?
 2. В диссертации отсутствует чёткое объяснение, почему для наилучшего режима ТМО выбрана криопрокатка с $e=2.0$. Несмотря на то, что структурное состояние описано довольно подробно, для дополнительного доказательства желательно было бы привести данные по механическим и коррозионным свойствам сплава, проформированного по другим режимам, например, при $e=3.5$.
 3. На стр.76 и в автореферате на стр.12 утверждается, что повышение температуры старения до 170°C приводит к бимодальному распаду. Заключение о выделении двух упрочняющих фаз сделано на основании сравнения морфологии и размеров алюминидов по светлопольным ПЭМ изображениям. Однако, для более точной идентификации S и Θ фаз требуется анализ микродифрактограмм и темнопольных изображений в рефлексах соответствующих фаз, который в диссертации отсутствует.
 - 4.Несмотря на грамотное оформление текста диссертации, обнаружены незначительные опечатки и неточности. Так, неправильно указан химический состав алюминидов на рис. 3.4.а; на стр. 57 вместо рис. 3.3 надо сослаться на рис. 3.2; на рис.4.1д условное обозначение значения твёрдости закалённого сплава не соответствует указанному в подписи к рисунку и т.д. Кроме того, малоинформативными и нечёткими являются чёрно-белые СЭМ изображения структур, полученных методом EBSD.
- Указанные замечания не снижают общей положительной оценки работы и её научной и практической значимости.

Общая оценка диссертационной работы

Диссертационная работа С.В. Крымского является законченной научно – квалификационной работой, в которой получены новые и важные экспериментальные результаты. Содержание диссертации соответствует формуле и п.2 паспорта специальности 05.16.01. «2. Теоретические и экспериментальные исследования фазовых и структурных превращений в металлах и сплавах, происходящих при различных внешних воздействиях». Текст диссертации изложен грамотно и логично. Автореферат полностью отражает содержание работы. Все полученные результаты соответствуют цели и задачам диссертационной работы и апробированы в 12 публикациях автора в рецензируемых и рекомендованных ВАК научных изданиях, а также многократно доложены на конференциях по профилю работы.

Заключение

Диссертационная работа С.В. Крымского на тему "Структура и свойства криопрокатанного алюминиевого сплава Д16", полностью соответствует критериям, установленным п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденном постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842. Считаю, что С.В. Крымский заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01- Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Официальный оппонент

доктор технических наук, профессор

Ирина Григорьевна Бродова

главный научный сотрудник лаборатории цветных сплавов

Института физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН

620990 г. Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, д.18.

тел. (343)378-36-11

e – mail: brodova@imp.uran.ru

