

## **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**

Оппонируемая работа посвящена исследованию потенциала термомеханической обработки алюминиевого сплава Д16, сочетающей прокатку при температурах жидкого азота (криопрокатку) и упрочняющую термообработку, для реализации структурных состояний, обеспечивающих уникальный баланс параметров конструкционных свойств. Как известно, высокопрочное состояние металлов и сплавов может быть обеспечено за счёт формирования в них ультрамелкозернистой, вплоть до нанокристаллической структуры методами интенсивной пластической деформации (ИПД). Альтернативой служит подход, связанный с использованием традиционных промышленных методов деформации в условиях максимального подавления возврата, к которым относится прокатка при криогенных температурах. В этой связи, тема представляемой С.В. Крымским к защите диссертации является актуальной и важной как в научном, так и в практическом отношении.

### **Достоверность и новизна научных положений и результатов диссертации**

Для достижения поставленной цели были привлечены современные методы исследований, с помощью которых решены следующие задачи:

- исследовано влияние криопрокатки на структуру, фазовый состав, механические свойства и сопротивление межкристаллитной коррозии сплава;
- исследована феноменология и природа структурно-фазовых превращений при естественном и искусственном старении сплава после криопрокатки;
- определены режимы ТМО, обеспечивающие достижение максимальной прочности сплава, а также улучшенных параметров конструкционной прочности;
- проведена оценка потенциала возможного использования полученных результатов в промышленности.

В диссертационной работе был получен ряд новых и важных научных результатов:

- впервые исследовано структурно-механическое поведение и оценены параметры конструкционной прочности сплава Д16 после ИПД при криогенных температурах;
- установлено, что новые наноразмерные зёрна при криопрокатке формируются посредством развития непрерывной динамической рекристаллизации;

- обнаружено, что криопрокатка до степени деформации  $e \sim 2,0$  уменьшает параметр решётки сплава на  $0,005 \text{ \AA}$ , а с дальнейшим ростом степени деформации – на  $0,003 \text{ \AA}$ ;
- показано, что пост-деформационное старение криопрокатанного сплава Д16 может одновременно повысить показатели его статической прочности, пластичности, трещиностойкости и сопротивления межкристаллитной коррозии.

### **Практическая значимость результатов**

К практической ценности работы следует отнести:

1. Результаты исследования поведения сплава Д16 при термомеханической обработке, сочетающей упрочняющую термическую обработку с ИПД при криогенных температурах.
2. Разработку элементов научных основ технологии получения высокопрочных криокатанных листов из среднепрочного сплава Д16, способных конкурировать с полуфабрикатами из высокопрочных алюминиевых сплавов.
3. Проявление уникального баланса прочности и пластичности при параметрах трещиностойкости и сопротивления межкристаллитной коррозии на уровне прессованного полуфабриката, стандартно термообработанного по режиму Т1.

### **Структура и оформление диссертации. Публикации**

Диссертация хорошо структурирована, состоит из введения, шести глав, общих выводов, списка условных обозначений и сокращений, списка литературы из 171 наименования. Общий объем диссертации 138 страниц, в том числе 40 рисунков и 9 таблиц.

Основные результаты работы опубликованы в 12 научных статьях в рецензируемых изданиях из перечня ВАК РФ и в 30 статьях и тезисах в сборниках трудов конференций. Автореферат и опубликованные статьи отражают основное содержание диссертации.

### **Критические замечания**

1. Говорить о динамическом старении в сплаве в процессе криопрокатки (3 глава диссертации) не совсем корректно, поскольку исследования структуры криопрокатанных образцов проводили при комнатной температуре, и наблюдаемые структурные изменения могли произойти вследствие разогрева от  $-170^\circ\text{C}$  до комнатной температуры.

2. В главе 3 (с. 46) при описании структуры исходного состояния сплава Д16 не конкретизирована фраза «после стандартной закалки в воду», а также не объяснена цель этой термообработки, которая не приводит к полному растворению частиц вторых фаз в сплаве.

3. В таблице 3.1 (на с. 47) в 4-м столбце приведены значения объёмной доли новых зёрен после деформации криопрокаткой. Наблюдаемый скачок в изменении их объёмной доли при изменении степени деформации от  $e=2,0$  до

$e=3.5$ , а также описанный на с. 55 механизм образования зародышей новых зёрен («динамическое зарождение») требуют более обоснованного объяснения.

4. К сожалению, следует отметить недостаточно внимательное, с орфографическими, синтаксическими и семантическими ошибками, изложение текста диссертации. Приведу несколько примеров:

Стр. 5: десятая строка снизу – написано «исследовано структурно-механического поведение», а нужно «структурно-механическое поведение».

Стр. 36: 1-ая строка сверху – вместо слова «эффект» правильнее написать «влияние».

При описании экспериментов следует употреблять глаголы в действительном, а не в возвратном (страдательном) залоге. Так, например, на стр. 38: 1-ая, 4-ая, 9-ая и 10-ая строки – глаголы с начала текста написаны в возвратном залоге – осуществлялась, подвергались, охлаждались, определялась, а правильнее писать – осуществляли, подвергали, охлаждали, определяли. Подобные ошибки встречаются и на других страницах (42, 43, 66 и др.).

Также, не всегда выделены запятыми причастные обороты – на стр. 22, 4-ая строка сверху, на стр. 35, 9-ая строка снизу и др.

Данные замечания не снижают общей положительной оценки работы.

В целом, диссертационная работа Крымского Станислава Вацлавовича «Структура и свойства криопрокатанного алюминиевого сплава Д16» представляет собой законченное исследование, отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Крымский С.В. заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Официальный оппонент,  
Ведущий научный сотрудник  
Института физики перспективных материалов  
ФГБОУ ВПО УГАТУ  
доктор технических наук

Георгий Иосифович Рааб.

450000, Республика Башкортостан,  
г. Уфа, ул. К. Маркса, д. 12, корпус 3, аудитория 104  
+7(347)272-98-77, [giraab@mail.ru](mailto:giraab@mail.ru)

Подпись Рааб Г. И.  
Удостоверяю « 04 03 2016 г.  
Начальник управления по делопроизводству  
и референтуре УГАТУ Андрей Геннадьевич Рааб

