

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИМЕТ РАН
чл.-корр. РАН
Владимир Сергеевич Комлев

« 6 » _____ 2019 г.

М.П.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Червяковой Ксении Юрьевны «Исследование и разработка технологии получения слитков и листов боралюминия повышенной прочности», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»

Актуальность темы. Известно, что алюминиевые сплавы обладают малой плотностью в сочетании с достаточно высоким прочностными свойствами. Представленная работа посвящена актуальной задаче разработки технологии высокопрочного борсодержащего материала на основе алюминиевого сплава. Большинство современных исследований в этой области направлено на получение слитков с равномерным распределением боридных частиц, что является необходимым условием получения высокопрочного тонколистового проката, и в этой части рецензируемая работа находится в русле современных тенденций научного поиска.

Цель диссертационной работы сформулирована в научном обосновании состава борсодержащих сплавов на основе алюминия и разработке технологии слитков и листового проката с высокими прочностными характеристиками.

Для достижения этого были поставлены и решены следующие задачи:

- анализа тройных и четверных диаграмм состояния Al-B-X-Y, где X, Y - легирующие компоненты алюминиевых сплавов;
- изучения структуры и фазовый состав лигатур Al-B промышленного производства;
- выбора перспективных систем легирования для получения сплавов с заданным комплексом свойств;
- разработки технология плавки и литья новых боралюминиевых сплавов и получения экспериментальных слитков в лабораторных условиях с последующим изучением структуры, фазового состава и уровня физико-механических свойств образцов синтезированных сплавов;

- разработки схемы термо-деформационной обработки для получения проката с необходимыми свойствами, исследования микроструктуры и механических свойств полученных листов боралюминия.

Структура и содержание работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав и общих выводов. Объем работы составляет 104 страницы, включая 21 таблицу, 71 рисунок и 3 приложения. Список литературных источников содержит 38 наименований.

Во введении приведена и обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели и задачи исследования, представлены научная новизна и практическая значимость, приведены сведения о публикациях, представлена структура и объем диссертации.

Первая глава содержит анализ литературных источников по теме диссертации. Рассмотрены используемые технологии производства боралюминия, перечислены недостатки некоторых методов, а также изложены сложности получения таких сплавов, связанные с химическим взаимодействием бора с алюминием. Приведены результаты анализа диаграмм состояний для определения перспективных систем легирования.

Во второй главе изложены методики получения экспериментальных сплавов, определения химического состава, приведена методика термической и деформационной обработки экспериментальных образцов. Приведены методики проведения структурного анализа и исследования физико-механических свойств экспериментальных образцов с перечнем использованного оборудования и нормативных актов, регламентирующих проведение испытаний.

Третья глава посвящена термодинамическим расчетам с использованием программы Thermo-Calc. Построены изотермические и политермические сечения исследуемых систем легирования. Проведен количественный фазовый анализ для прогнозирования образования соединений с бором и состава алюминиевой матрицы.

В четвертой главе подробно изложены технология слитков, режимы плавки и литья экспериментальных сплавов. Раздел содержит изображения и описание микроструктур и фрактограмм промышленных лигатур и экспериментальных сплавов с анализом структурных составляющих. В разделе приводятся результаты микрорентгеноспектрального анализа, позволяющего оценить распределение бора и образовавшихся боридов. Содержатся данные оценочных механических испытаний.

Пятая глава содержит результаты исследований по получению тонколистового проката промышленных лигатур и полученных слитков. Показано, что все экспериментальные образцы обладают хорошей технологичностью при прокатке. В главе обоснована

и отработана схема термо-деформационной обработки и получены образцы тонколистового проката толщиной менее 0,3 мм. Приведены результаты анализа изображений микроструктур на промежуточных и конечных этапах получения листов, а также фрактограмм после проведения механических испытаний. Сформулирован оптимальный режим окончательной термической обработки. Показана возможность получения боралюминия на основе системы Al – Cu – Mn, не требующего операций гомогенизации и закалки. Изучена коррозионная стойкость и возможность получения сварных соединений с исследованием микроструктур полученных сварных швов.

Основные научные результаты, полученные и сформулированные автором:

1. Методом термодинамического моделирования установлено взаимодействие бора с легирующими элементами. На основе полученных результатов расчета выбраны перспективные системы легирования, состав которых был откорректирован с учетом химического взаимодействия.

2. Обоснованы и практически реализованы режимы плавки и литья слитков экспериментальных сплавов в индукционной печи. Показано, что распределение боридов в слитках многокомпонентных сплавов наследует их распределение в чушках промышленной лигатуры.

3. Установлены режимы термической обработки боралюминиевых слитков для достижения максимального упрочнения. Обоснованы режимы термо-деформационной обработки слитков боралюминия, позволяющие получать тонколистовой прокат.

4. Показана возможность получения листов с высокими механическими свойствами без использования операций гомогенизации (слитки) и закалки (прокат).

Практическая значимость представленной диссертационной работы заключается в следующем:

1. Предложена технология плавки и литья слитков борсодержащего материала на основе матричных сплавов Al-4%Cu-2,5%Mg, Al-2%Cu-2%Mn и Al-6%Cu. Представленная технология обеспечивает равномерное распределение в слитках частиц боридных фаз и позволяющая формировать из них листы, в том числе толщиной менее 0,3 мм, с высокими механическими свойствами.

2. Предложены режимы термо-деформационной обработки слитков, включающие в себя операции горячей и холодной прокатки с промежуточными отжигами, позволяющие получать высокопрочный листовой прокат толщиной менее 0,3 мм.

Достоверность результатов подтверждается согласованием расчетных и экспериментальных данных, подтвержденными испытаниями в лабораторных условиях, примене-

нием известных и апробированных экспериментальных методик, применением современных методов микроструктурного анализа образцов.

Личный вклад автора заключается в непосредственном участии автора в получении и обработке экспериментальных данных, анализе и обобщении результатов.

По работе имеются следующие замечания:

1. Соискателем при обосновании выбора составов сплавов и параметров литья борсодержащих материалов использован подход, основанный на теоретическом анализе с использованием программного обеспечения Thermo-Calc. В этой части подробно и детально рассмотрены разрезы четверных систем Al-B-X-Y, и на этом основании проведен синтез ряда исследованных сплавов. Вместе с тем, при таком подходе не указаны погрешности в определении температур фазовых превращений. С учетом того, что соискатель указывает на значительные расхождения литературных данных по системе Al-B (ключевой для формирования борсодержащих сплавов на основе алюминия), представляется, что необходимо экспериментальное подтверждение результатов теоретического анализа, проведенного в программе Thermo-Calc, в частности, применением метода дифференциальной сканирующей калориметрии для сплавов, синтезированных в ходе работы над диссертацией.
2. В диссертации приводятся достаточно высокие значения пределов прочности исследованных сплавов после прокатки, однако, судя по микроструктуре этих образцов, возможна заметная анизотропия механических свойств при испытаниях образцов, ориентированных продольно и поперечно направлению прокатки, но в тексте диссертации сведения об этом отсутствуют.
3. В диссертации недостаточно убедительно рассмотрена технология замешивания порошков. При известном многообразии видов борсодержащих материалов, следовало более подробно рассмотреть их технологии.
4. Диссертация не свободна от грамматических и пунктуационных неточностей и опечаток.

Заключение

Приведенные замечания имеют дополняющий, уточняющий и дискуссионный характер, не носят принципиальной окраски против защищаемых положений, не снижают общего положительного впечатления от научной и практической значимости полученных результатов.

Диссертация представляет собой завершенную научно-квалификационную работу на актуальную тему, представляет заметный вклад в материаловедение боралюминиевых

сплавов и выполнена на высоком научном и методическом уровне. Результаты, полученные диссертантом и изложенные в работе, обладают существенной научной новизной и практической значимостью.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

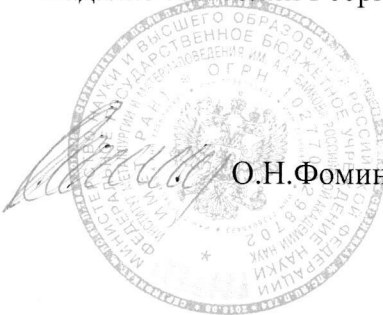
Диссертационная работа соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней НИТУ «МИСиС», а ее автор Червякова Ксения Юрьевна заслуживает присуждения искомой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Заведующий лабораторией
физикохимии баротермических процессов
доктор хим. наук



Падалко Анатолий Георгиевич

Подпись руки А.Г.Падалко заверяю.
Ученый секретарь ИМЕТ РАН, кан.техн.наук



О.Н.Фомина