

Отзыв

на диссертационную работу Наумовой Евгении Александровны
«Разработка научных основ легирования алюминиевых сплавов эвтектического типа
кальцием», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 2.6.1 – «Металловедение и термическая обработка металлов и
сплавов»

Актуальность

Применение сплавов на основе алюминия в последние годы непрерывно возрастает: в строительстве, автомобилестроении, электротехнике, в товарах народного потребления. Это обусловлено сочетанием его огромных запасов в природе (первое место среди всех металлов) и его уникальными физическо-механическими свойствами (малая плотность, стойкость к коррозии и возможность получать сплавы с высокими прочностными показателями). Среди литейных сплавов широкое применение нашли силумины. Однако улучшение их физико-механических характеристик уже практически невозможно. В связи с этим актуален вопрос поиска других элементов, в частности, эвтектикообразующих, что предполагает создание на их основе новых литейных сплавов.

В диссертации Наумовой Евгении Александровны представлены результаты исследований, направленных на обоснование применения кальция как основного легирующего элемента алюминиевых сплавов конструкционного назначения. Ранее кальций для этих целей никогда не применялся. Поскольку кальций с алюминием образует диаграмму эвтектического типа, ряд сплавов этой системы имеет довольно узкий интервал кристаллизации и поэтому не уступает по своим литейным свойствам широко применяемым в промышленности силуминам. Помимо этого, алюминий-кальциевые сплавы имеют преимущества перед силуминами, например, более тонкую структуру в литом состоянии, более низкую плотность, более высокую коррозионную стойкость, более высокую технологическую пластичность после сфероидизирующего отжига. Особенно важно то, что эти сплавы в значительной степени можно упрочнять скандием и цирконием в процессе упрощенной термической обработки, исключая операцию закалки. Это предопределяет возможность снижения себестоимости производства полуфабрикатов и изделий из таких сплавов. Все вышесказанное определяет несомненную актуальность проведенных автором исследований.

Поскольку работа выполнялась в рамках нескольких больших проектов (грантов РНФ №14-19-00632 и № 14-19-00632-П по научному проекту: «Создание научных принципов легирования алюминиевых сплавов нового поколения на основе кальций-содержащих эвтектик, упрочняемых наночастицами скандий-содержащей фазы», ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы», Госзадание Минобрнауки РФ от 31.05.2017 г. №11.2072.2017/ПЧ, Госзадание Минобрнауки РФ от 09.03.2017 г. №11.7172.2017/БЧ и др.), ее актуальность не вызывает сомнений.

Научная новизна

Диссертантом на основе детального анализа большого массива экспериментальных данных обоснована возможность создания нового класса алюминиевых сплавов, легированных кальцием. Построенные с помощью расчетных и экспериментальных методов фрагменты фазовых диаграмм $Al-Ca-X_1 \dots -X_n$ (где X_{1-n} , - Mg, Zn, Cu, Si, Fe, Ni, Ce, La, Mn, Zr, Sc) в области алюминиевого угла представляют собой основу справочной базы по новой группе алюминиевых сплавов. Установленные закономерности влияния разных легирующих элементов на фазовый состав, структуру и свойства алюминиево-кальциевых сплавов позволили выбрать наиболее перспективные многокомпонентные системы для создания на их основе сплавов с улучшенным комплексом физико-механических и технологических свойств. Установленные зависимости прочностных свойств алюминиево-кальциевых сплавов от режимов термической и деформационной обработки позволили автору сформулировать принципы создания конструкционных алюминиевых сплавов эвтектического типа, легированных кальцием и дать общие технологические рекомендации по разработке трех групп новых сплавов.

Практическая значимость

Практическое значение диссертации заключается в разработке новых сплавов, как литейных, так и деформированных, а также режимов их деформационно-термической обработки. Особенно следует отметить, что ряд разработанных сплавов успешно прошел опытно-промышленное опробование на различных предприятиях, в том числе компании ОК РУСАЛ.

Полученные научные результаты представляются важными и актуальными, поскольку наглядно демонстрируют на примерах экспериментальных модельных сплавов перспективность использования кальций-содержащих сплавов для производства фасон-

ных отливок и деформированных полуфабрикатов на серийном оборудовании, с использованием упрощенных схем термообработки, а также определяют возможность создания высокопрочных сплавов с высокими литейными свойствами и «естественных компози- тов» с улучшенным комплексом физико-механических свойств.

Работа выполнена на высоком научном уровне с использованием современного аналитического оборудования. По результатам исследований опубликовано 37 статей в изданиях, рекомендованных в перечне ВАК РФ и входящих в международные индексируемые базы данных Web of Science и SCOPUS. Результаты работы доложены на ряде крупных Международных научных конференциях.

Диссертация содержит 296 страниц, включая 185 рисунков, 81 таблицу и приложения. Автореферат диссертации полностью отражает содержание работы.

Достоверность результатов

Достоверность и обоснованность полученных результатов подтверждена результатами большого объема выполненных исследований и экспериментов, проведенных с использованием современных статистических методов и аттестованного оборудования. Интерпретация полученных экспериментальных зависимостей и трактовка предложенных теоретических положений не противоречат классическим научным представлениям, принятым в металловедении.

Замечания по работе:

1. В первой главе есть описание экспериментов по исследованию влияния кручения под высоким давлением в наковальне Бриджмена на структуру и свойства двойных сплавов системы Al-Ca. В диссертации далее не встречается упоминания продолжения этих экспериментов, поэтому эта часть кажется не вписывающейся в общую картину работы.
2. В главе 3 автор рассматривает возможность разработки высокопрочных алюминий-во-кальциевых сплавов, легированных цинком и магнием. Однако, наиболее высокопрочные сплавы 7xxx серии созданы на основе системы Al-Zn-Mg-Cu. Почему в работе не исследована возможность легирования высокопрочных сплавов медью?
3. Сплав Al-7,6%Ca-0,3%Sc сравнивается с силумином Al-7%Si-0,3%Mg и утверждается, что в первом сплаве после термообработки T1 (без закалки) достигается такое же упрочнение, как во втором после термообработки по режиму T6. Чем можно

объяснить одинаковый уровень упрочнения, если известно, что частицы фазы Al_3Sc являются более эффективными упрочнителями по сравнению с другими дисперсоидами в алюминиевых сплавах?

4. В работе была продемонстрирована возможность получения отливок из сплавов с высоким содержанием железа (Al-6Ca-1Fe и Al-6Ca-1Fe-0,6Si) методом литья под давлением, однако не ясно, возможно ли получить отливки из этих сплавов другими методами литья, при более низких скоростях охлаждения без образования в структуре первичных железосодержащих фаз?
5. Для сплавов типа «естественные композиты» (литейно-деформируемых) рекомендованы режимы литья и термомеханической обработки, что дает возможность получать из них качественные отливки и деформированные полуфабрикаты. Однако не рассматриваются характеристики, которые могут иметь приоритетное значение в процессе использования изделий из этой группы сплавов: жаропрочность, износостойкость, ТКЛР и др.

Указанные замечания не изменяют общей ценности и положительной оценки диссертационной работы Наумовой Евгении Александровны.

Заключение

В целом представленная диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены принципы легирования нового класса алюминиевых сплавов, содержащих в качестве основного компонента кальций.

По объему выполненных исследований, их актуальности, новизне и практической значимости диссертация представляет законченный научный труд, в котором в достаточной мере решены поставленные научные задачи. Результаты работы отражены в виде патентов, публикаций в журналах, авторитетных в своей области, а также докладывались на известных Международных конференциях и конгрессах.

Диссертационная работа удовлетворяет критериям п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденном Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в редакции от 25.01.2024), а ее автор, Наумова Евгения Александровна, заслуживает присуждения ей ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.1. – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Официальный оппонент:

доктор технических наук, 01.04.07. (физика конденсированного состояния)

доцент, заведующий кафедрой обработки металлов давлением и материаловедения Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет»

Арышенский Евгений Владимирович

Адрес организации: 654007, Кемеровская область - Кузбасс, г. Новокузнецк, Центральный р-н, ул. Кирова, зд. 42

Электронный адрес: arishenskiy_ev@sibsiu.ru

Телефон: +79613814529

Подпись Арышенского Е.В. удостоверяю

Начальник отдела
кадров 9160980 и.в.в.в.в.



Т. А. Маркова
23.06.2025