

Отзыв

официального оппонента 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 работы

Диссертация Е.А. Наумовой направлена на обоснование принципов легирования новой группы алюминиевых сплавов, содержащих кальций в качестве основного компонента. Данный металл до настоящего времени практически не рассматривался для легирования алюминиевых сплавов. С другой стороны, кальций достаточно широко используется в качестве добавки в сплавы на основе других металлов (в частности железа, магния и свинца). Доступность кальция и его сравнительно невысокая стоимость (например, в сравнении с медью, основной добавкой во многих марочных алюминиевых сплавах) обуславливает **актуальность** представленной диссертационной работы.

Об актуальности данной работы свидетельствует также тот факт, что она выполнялась в рамках нескольких больших проектов, в том числе РНФ и ФЦП, что определяет её масштабность и проработанность.

Среди полученных в данной работе научных результатов особо следует отметить то, что ней теоретически обоснована и экспериментально подтверждена высокая технологичность многокомпонентных алюминий-кальциевых сплавов, как при литье, так и при обработке давлением. В частности, на примере сплава системы Al–Ca–Fe–Si–Zr–Sc показано, что алюминий-кальциевые сплавы с высоким содержанием эвтектических фаз, могут быть использованы, как для литья слитков промышленных размеров,

так и для получения из них различных деформированных полуфабрикатов, в том числе тонкой проволоки. Это делает возможным их рассмотрение в качестве перспективных высокотемпературных проводниковых материалов.

Научная новизна работы Наумовой Е. А. также подтверждается тем, что в ней:

- Создана базовая концепция использования кальция, как основного легирующего элемента коррозионностойких алюминиевых сплавов нового типа.

- Построены фрагменты многокомпонентных диаграмм состояния, что позволило обосновать перспективные области составов и, что особенно важно с практической точки зрения, возможность рассматривать железо и кремний в качестве легирующих элементов, а не вредных примесей, как во многих марочных алюминиевых сплавах.

- Выявлен эффект упрочнения алюминиево-кальциевых сплавов добавками скандия и циркония;

- Обоснована возможность деформационной обработки алюминиево-кальциевых сплавов, содержащих 15-30% частиц интерметаллидных фаз, что позволяет их рассматривать в качестве естественных композитов.

Практическая значимость выполненной работы состоит в разработке новых алюминиево-кальциевых сплавов, которые прошли опытно-промышленное опробование на различных предприятиях. Особо следует отметить перспективность использования низколегированного высокотехнологичного сплава системы Al-Ca-Mn в качестве конкурента широко известным эвтектическим силуминам типа АК12. Высокая технологичность данного сплава при выплавке, получении фасонных отливок, слитков и деформационной обработке подтверждена актами опытно-промышленного опробования на крупных предприятиях алюминиевой отрасли.

Полученные научные результаты представляются важными и актуальными, поскольку наглядно демонстрируют на примерах экспериментальных

модельных сплавов перспективность использования кальций-содержащих сплавов для производства фасонных 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 композитов» с улучшенным комплексом физико-механических свойств.

Работа выполнена на высоком научном уровне с использованием современного аналитического оборудования. По результатам исследований опубликовано более 30 статей в изданиях, рекомендованных в перечне ВАК РФ и входящих в международные индексируемые базы данных Web of Science и SCOPUS. Результаты работы доложены на многочисленных российских и международных научных конференциях.

Достоверность результатов

Достоверность и обоснованность полученных результатов подтверждена результатами большого объема выполненных исследований и экспериментов, проведенных с использованием современных статистических методов и аттестованного оборудования. Следует отметить широкое использование специализированной программы Thermo-Calc, позволяющей рассчитывать фазовый состав многокомпонентных сплавов, и современных экспериментальных методов, включая сканирующую и просвечивающую электронную микроскопию, моделирование деформационного поведения на установке GLEEBLE.

Интерпретация полученных экспериментальных зависимостей и трактовка предложенных теоретических положений не противоречат классическим научным представлениям, принятым в металловедении.

Замечания по работе:

1. Упрочняющий эффект скандия и циркония хорошо известен и широко применяется в алюминиевых сплавах разного химического

состава для повышения их прочностных свойств. В связи с этим вопрос. Каковы особенности легирования этими элементами сплавов с кальцием, и для каких композиций оно целесообразно, не смотря на удорожание их стоимости.

2. В работе подробно изучено формирование структуры деформированных полуфабрикатов, но отсутствуют сведения о текстуре, которая в значительной мере определяет анизотропию механических свойств.
3. При описании результатов структурных исследований многих сплавов приведены только качественные данные о размерах и морфологии структурных составляющих. Это касается как эвтектики, так и интерметаллидных фаз, которые оказывают ключевое влияние на свойства. Отсутствие количественной оценки не позволяет провести корректное сравнение структуры сплавов.
4. В работе приведено сравнение свойств и технологичности отливок из алюминиево-кальциевых и алюминиево-кремниевых сплавов, но для деформированных полуфабрикатов такое сравнение отсутствует. Оно было бы весьма полезным.
5. Сплавы с «композитной» структурой содержат высокую долю интерметаллидов, образованных никелем и РЗМ. В связи с этим, было бы целесообразно оценить характеристики их жаропрочности в сравнении с промышленными силуминами.

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

Заключение

В целом диссертация Наумовой Е.А. на тему «Разработка научных основ легирования алюминиевых сплавов эвтектического типа кальцием» является завершенной, хорошо оформленной, отличается достаточно глубоким анали-

зом теоретического и экспериментального материала. Проведенные исследования обладают значительным объемом, актуальностью, существенной научной новизной и высокой практической значимостью.

Текст автореферата соответствует содержанию диссертации.

Диссертационная работа удовлетворяет критериям п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденном Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, 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, профессор,
главный научный сотрудник, руководитель
сектора высокопрочных лёгких сплавов
лаборатории цветных сплавов

Бродова Ирина Григорьевна

«__20__» __июня__ 2025 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук (ИФМ УрО РАН)

Адрес: 620108, г. Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, д. 18

Телефон: +7 (343)378-36-11

E-mail: brodova@imp.uran.ru

Подпись Бродовой Ирины Григорьевны заверяю

учёный секретарь ИФМ УрО РАН, к.ф.-м.н.



И.Ю. Арапова