

ОТЗЫВ

официального оппонента

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

Актуальность

Одним из перспективных направлений создания принципиально новых конструкционных материалов является разработка сплавов на основе алюминия с повышенными показателями прочности, пластичности, коррозионной стойкости с низкой плотностью для автомобилестроения, вагоностроения, строительства, авиационно-космической отрасли и многих других назначений. Известно, что наилучшими литейными свойствами обладают эвтектические композиции. Из таких композиций массово в алюминиевой промышленности применяются сплавы только на основе алюминий-кремниевой эвтектики (силумины), отличающиеся малой плотностью, высокой коррозионной стойкостью и низкой стоимостью. Однако их прочностные характеристики достигли своего предела. В значительной степени указанного недостатка лишены разработанные позже сплавы на основе систем Al-Ni, Al-Ce, Al-Cu-Ce, Al-Ni-Ce. Однако их промышленное использование сдерживается высокими стоимостными показателями. Это свидетельствует о целесообразности разработки сплавов на основе новых систем легирования. Результаты предыдущих исследований свидетельствуют о перспективности использования кальция в качестве эвтектикообразующего компонента для разработки новых сплавов с улучшенным комплексом свойств. Однако в научной литературе недостаточно сведений о тройных диаграммах состояния Al-Ca-X (где X - традиционные легирующие элементы алюминиевых сплавов), о четверных и более сложных с участием кальция диаграммах, а также о влиянии содержания различных элементов и технологических режимов производства на формирование структуры и свойств таких материалов. Сказанным определяется **актуальность** диссертационной работы Наумовой Е.А., цель которой

состояла в обосновании применения кальция в качестве основного легирующего элемента алюминиевых сплавов эвтектического типа, включая изучение формирования фазового состава и структуры многокомпонентных сплавов и разработку технологических параметров изготовления фасонных отливок и деформированных полуфабрикатов.

Научная новизна состоит в оригинальных данных по фазовому, структурному, химическому составу фаз в большом количестве изученных сплавов, их в работе исследовано более 120. Установлена необычная технологическая универсальность алюминиево-кальциевых сплавов, которая проявляется в высоких литейных свойствах (на уровне промышленных силуминов), так и деформируемость не хуже, чем у сплавов типа твердых растворов (матричных сплавов). Кроме того, Наумовой Е.А. удалось на основе исследования комплекса свойств сплавов разных групп выбрать оптимальные интервалы концентраций экспериментальных сплавов, при которых они превосходят промышленные аналоги. Например, сплав Al-10Zn-3,5Ca-3Mg из группы Al-Ca-Zn-Mg с повышенным содержанием цинка (глава 3), $\text{Al-6Ca-1,0Fe-0,6Si}$ естественные композиты для литья под давлением (глава 4), лёгкие коррозионно-стойкие из группы $\text{Al-4Ca-1Mn-0,3Fe-0,3Si-0,1Sc-0,2Zr}$ и $\text{Al-2Ca-1Mn-0,4Fe-0,4Si-0,25Zr-0,1Sc}$ из группы упрочняемых без закалки сложнолегированных (глава 5 диссертации).

Практическая значимость заключается в разработанных и защищенных патентами новых сплавах алюминия с кальцием, редкоземельными элементами, цирконием литейные (патенты РФ 2660492, 2691475), деформируемые (патент РФ 2699422, РФ 2829404), коррозионностойкие (патент РФ 2672653) и др.

Разработанные сплавы, упрочняемые без использования закалки $\text{Al-4Ca-1Mn-0,3Fe-0,3Si-0,1Sc-0,2Zr}$ и $\text{Al-2Ca-1Mn-0,4Fe-0,4Si-0,25Zr-0,1Sc}$ представляют значительный интерес из-за сокращения производственного цикла и конечной стоимости изделий.

Для сплавов всех исследованных групп установлены режимы литья и термомеханической обработки, что проиллюстрировано изготовлением из них отливок и деформированных полуфабрикатов и зафиксировано соответ-

ствующими лабораторными регламентами НИТУ «МИСИС». Автором сформулированы базовые принципы создания сплавов на основе алюминий-кальциевой эвтектики и даны практические технологические рекомендации по получению нескольких основных групп таких сплавов. На основе этих принципов и рекомендаций были получены чушки и слитки из разработанных в диссертационной работе сплавов на предприятиях ОК РУСАЛ и слитков на предприятии АО «Завод алюминиевых сплавов». Из слитков сплава системы Al-Zn-Mg-Cu (Альцимак), полученных на предприятии ООО «НПЦ Магнитной гидродинамики», на предприятии ОАО «КУМЗ» были изготовлены прессованные прутки, показавшие в состоянии после термообработки по режиму T1 предел прочности более 620 МПа (при испытании на растяжение), что подтверждено соответствующими актами.

Достоверность результатов обеспечена высоким материаловедческим уровнем выполненной работы, использованием современных методов и аттестованного оборудования, большим объемом выполненных экспериментов и воспроизводимостью результатов.

Основные результаты диссертации отражены в 143 работах, в том числе в 46 статьях, опубликованных в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК РФ, из них 19 включены в международные системы цитирования (Scopus и Web of Science), 27 - в международных системах цитирования (Scopus и Web of Science), получено 9 патентов РФ. Результаты работы были доложены более чем на 40 международных научных конференциях.

Замечания по работе:

- одним из важных технологических свойств сплава является свариваемость. Однако, несмотря на значительное количество полученных деформированных листовых образцов, эта характеристика в работе не исследовалась;
- в работе было установлено, что кальций образует компактные тройные фазы с железом и кремнием, что могло бы позволить использовать добавку кальция во вторичные алюминиевые сплавы, однако этой возможности автор не отражает в практических рекомендациях;

– исследованные в работе сплавы, содержащие в структуре более 40% интерметаллидов, легированные РЗМ и обладающие высокими литейными свойствами могли бы быть, по словам автора, использованы в аддитивных технологиях, однако их структура при повышенных скоростях охлаждения не рассматривалась;

– много внимания автор уделил получению деформированных образцов из новых сплавов, в том числе были разработаны технологические регламенты и рекомендации, но в практической значимости указывается только получение чушек, слитков и отливок на предприятиях алюминиевой отрасли. Найдут ли практическое применение деформированные изделия из алюминий-кальциевых сплавов?

– На стр. 79 диссертации в последнем абзаце утверждается, что на рис. 2.19 интервал кристаллизации для сплава 14 меньше, чем для сплава 14*, однако с учетом различия в масштабе температур на графиках для сплавов этот интервал практически одинаковый.

– описание методик в главах со 2-ой по 5-ю во многом повторяется.

– многие пункты выводов к главам выглядят излишне громоздкими и, зачастую, носят повествовательный характер.

Сделанные замечания не снижают положительную оценку диссертационной работы Наумовой Евгении Александровны и не умаляют её научной и практической ценности, работа представляет собой законченное исследование с обоснованными научными положениями и выводами.

Заключение

Представленная диссертационная работа, написанная Наумовой Е.А., имеет высокий научный уровень, является законченной и логически выстроенной работой, в которой на основании проведенных автором исследований в полном объеме решены все поставленные задачи и достигнута основная цель – обоснование применения кальция в качестве основного легирующего элемента алюминиевых сплавов эвтектического типа.

Автореферат отражает содержание диссертации, а достоверность результатов подтверждается современными методами исследований и не вызывает сомнения.

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, профессор,
заведующий кафедрой «Материаловедение»
ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет»,
специальность 05.03.06 Технологии и машины сварочного производства

Виктор Васильевич Овчинников
« 19 » 06 2025 г.

Подпись Овчинникова В.В. удостоверяю

ВЕДУЩИЙ СПЕЦИАЛИСТ
ПО КАДРОВОМУ
ДЕЛОПРОИЗВОДСТВУ
ШИПЕЕВА Е. Д.



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Московский Политехнический университет»

Адрес: 107023, г. Москва, ул. Большая Семеновская, 38

тел. + 7 (495) 223-05-23

E-mail: vikov1956@mail.ru