

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Т.К. Акопяна на тему «Научные основы разработки высокопрочных и высокотехнологичных многокомпонентных алюминиевых сплавов, содержащих медь и кальций», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.1 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» и состоявшейся в НИТУ МИСИС 29.05.2025 г.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ МИСИС 10.02.2025, протокол № 26.

Диссертация выполнена на кафедре обработки металлов давлением НИТУ МИСИС.

Научный консультант – Белов Николай Александрович, д.т.н., профессор, главный научный сотрудник кафедры обработки металлов давлением НИТУ МИСИС.

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ МИСИС (протокол №26 от 10.02.2025) в следующем составе:

1. Прокошкин Сергей Дмитриевич – д.ф.-м.н., главный научный сотрудник кафедры обработки металлов давлением НИТУ МИСИС – председатель комиссии;

2. Беломытцев Михаил Юрьевич – д.т.н., профессор кафедры металловедения и физики прочности НИТУ МИСИС;

3. Валиев Руслан Зуфарович – д.ф.-м.н., профессор кафедры материаловедения и физики прочности металлов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий»;

4. Мерсон Дмитрий Львович – д.ф.-м.н., директор Научно-исследовательского института прогрессивных технологий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тольяттинский государственный университет»;

5. Бецофен Сергей Яковлевич – д.т.н., профессор кафедры 1101 «Технологии и системы автоматизированного проектирования металлургических процессов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»;

6. Салищев Геннадий Алексеевич - д.т.н., профессор кафедры материаловедения и нанотехнологий федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»;

7. Маркелов Владимир Андреевич – д.т.н., главный научный сотрудник АО «Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А.А. Бочвара».

Ведущая организация: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург.

По результатам публичной защиты диссертации Т.К. Акопяна экспертная комиссия заключила следующее:

1. В диссертационной работе Т.К. Акопяна использованием современных аналитических методов исследований изучено влияние малых добавок легкоплавких металлов (Sn, In) на структуру, фазовый состав и физико-механические свойства литейных

и деформируемых сплавов на основе систем Al-Cu и Al-Si-Cu в процессе их кристаллизации и последующей термической/термомеханической обработки.

2. Показано, что малая добавка олова или индия (в количестве не более ~0,1 масс.%) повышает интенсивность и полноту процессов распада алюминиевого твердого раствора во время искусственного старения как литых, так и деформируемых образцов сплавов Al-Cu и Al-Si-Cu. При этом пиковая твердость достигается быстрее и может превосходить пиковую твердость сплавов без таких добавок на десятки процентов.

3. Показано, что повышенный эффект дисперсионного твердения при использовании микродобавок легкоплавких металлов обусловлен глубоким модифицированием структуры продуктов старения - частиц метастабильной θ' -фазы и сопутствующих им наночастиц, насыщенных Sn или In.

4. Впервые получены количественные данные о влиянии микродобавок Sn и In на структуру, химический и фазовый составы, плотность распределения упрочняющих частиц продуктов старения литых и деформируемых сплавов систем Al-Cu и Al-Si-Cu на различных этапах старения. На основании анализа совокупности полученных данных предложен микромеханизм влияния упомянутых микродобавок на эффект повышенного упрочнения при старении.

5. Определено строение тройных (Al-Ca-La, Al-Ca-Cu) и четверных систем (Al-(2-4)масс.%Ca-Ni-La Al-Cu-Ca-Si) в области «алюминиевого угла», выявлены существующие в них фазы, не идентифицируемые ранее, и определены условия нахождения твердого раствора Al с ними;

6. Показана перспективность системы Al-Ca-Mg для конструирования на ее основе новых алюмо-матричных композиционных материалов.

7. Установлена высокая склонность к дисперсионному твердению новых сплавов на базе системы Al-5%Cu-(0,8-1,4)%Ca-(1,4-1,6)%Si, полученных в виде отливок и деформированных полуфабрикатов, не уступающих классическим сплавам на базе систем Al-Cu и Al-Si-Cu. По результатам исследований фазовых равновесий предложен новый высокопрочный деформируемый сплав на основе системы Al-Cu-Ca-Si.

Теоретическая значимость исследования заключается в следующем:

- в установлении влияния микродобавок легкоплавких металлов Sn и In на структуру продуктов старения, а также на физико-механические свойства исследованных литых и деформированных сплавов;

- в получении количественных данных по химическому и фазовому составу, а также плотности распределения упрочняющих частиц, формирующихся на различных этапах старения; предложенном микромеханизме влияния малых добавок Sn и In на эффект повышенного упрочнения при старении сплавов;

- в установлении строения ранее неизученных тройных Al-Ca-La и Al-Ca-Cu и четверных Al-(2-4)масс.%Ca-Ni-La и Al-Cu-Ca-Si систем; описании кристаллической структуры и физико-механических свойств новых обнаруженных в данных системах химических соединений: $Al_4(Ca,La)$, $Al_{11}(La,Ca)_3$, $(Al,Cu)_4Ca$, $Al_{27}Ca_3Cu_7$, Al_8CaCu_4 , $Al_2CaSiCu$.

Практическая значимость исследования заключается в следующем:

- полученные фундаментальные научные результаты послужили основой для разработки рациональных технологических решений, что подтверждается патентами на

изобретения, разработанными регламентом № 11.2072.2017-P1 на изготовление экспериментальных партий образцов в виде слитков из перспективных алюминий-кальциевых сплавов на промышленном оборудовании и технологической инструкцией № ТИ 11.2072.2017-T1;

- предложен литейный сплав на основе системы Al-Cu-Si, содержащий малую добавку олова (пат. РФ 2754418), который позволяет после ускоренной термообработки получить высокие механические свойства.

- разработан способ получения слитков из нового алюмо-матричного композиционного сплава (патент RU 2697683 C1) и способ получения деформированных полуфабрикатов из алюминий-кальциевого композиционного сплава (патент RU 2716566 C1 от 12.03.2020).

- предложен новый высокопрочный деформируемый сплав на основе системы Al-Cu-Sa, позволяющий после термообработки получить высокие механические свойства; сплав может быть использован при производстве высокопрочных деформированных полуфабрикатов в виде катаных плит и листов, поковок и прессованных прутков.

Достоверность результатов исследований основана на большом объеме экспериментальных данных, полученных с применением апробированных современных методик металловедческих исследований и механических испытаний. Представленные результаты исследований не противоречат известным литературным данным и устоявшимся положениям, они успешно апробированы на всероссийских и международных конференциях.

Личный вклад соискателя состоит в формировании общей концепции работы, конкретных целей и задач, а также способов их решения, выборе объектов исследований, планировании экспериментов, анализе, интерпретации и обобщении полученных результатов, формулировании выводов. Представленные в работе результаты получены соискателем при выполнении научно-исследовательских работ в роли руководителя или ответственного исполнителя в период 2017-2024 гг. Основные теоретические положения и научные результаты, являющиеся предметом защиты, получены автором самостоятельно.

Полученные результаты исследований и разработок диссертации отражены в 35 печатных работах в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ и в базы Web of Science/Scopus, имеется 6 патентов РФ.

Пункт 2.6 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Т.К. Акопяна соответствует критериям п.2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные технические и технологические решения задачи, связанной с разработкой новых групп высокопрочных и высокотехнологичных алюминиевых сплавов различного назначения. Диссертация обладает внутренним единством, выполнена на высоком теоретическом и экспериментальном уровне, полученные результаты являются новыми и имеют научную и практическую значимость.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Акопяну Торгому Кароевичу ученой степени доктора наук по специальности 2.6.1 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Результаты голосования: при проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 6 человек, участвовавших в заседании, из 7 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала: за 6 человек, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель Экспертной комиссии



С.Д. Прокошкин

29.05.2025