

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Акопяна Торгома Кароевича** «Научные основы разработки высокопрочных и высокотехнологичных многокомпонентных алюминиевых сплавов, содержащих медь и кальций», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.1. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

В настоящее время к конструкционным материалам на основе алюминия предъявляют все более возрастающие требования в отношении их механических и эксплуатационных свойств. Повышение комплекса свойств необходимо в связи с развитием автомобильной и аэрокосмической промышленности, судостроения, а также строительной индустрии, где доля использование легких сплавов на основе алюминия неуклонно растет. Однако ресурс улучшения свойств традиционно используемые литейных и деформируемых сплавов, к настоящему времени практически исчерпан. В этой связи представляется важным создание новых композиций алюминиевых сплавов, обладающих высоким уровнем свойств, дешевых в производстве, не требующих использования сложных режимов термической или термомеханической обработки. В этой связи **актуальность диссертационной работы** Акопяна Т.К. не вызывает сомнений.

К значимым научным и практическим результатам диссертационной работы Акопяна Т.К. можно отнести следующие:

- В работе впервые установлены особенности влияния малых добавок Sn и In на структуру и свойства литейных алюминиевых сплавов на базе систем Al-Si-Cu и Al-Cu-Mn. По результатам проведенных исследований предложен новый высокопрочный литейный сплав на базе Al-Si-Cu, содержащий микродобавку олова, которая позволяет сократить длительность термообработки и достичь высоких механических свойств. Так на сплавах системы Al-Si-Cu-(Sn) был достигнут предел прочности (σ_B) не менее 400 МПа, предел текучести ($\sigma_{0,2}$) не менее 325 МПа, относительное удлинение (δ) – не менее 3%, а на сплавах системы Al-Cu-Mn-(Sn): σ_B не менее 480 МПа, $\sigma_{0,2}$ не менее 410 МПа, δ не менее 9,5%.
- Предложены новые высокотехнологичные термически неупрочняемые кальцийсодержащие эвтектические сплавы. На примере сплава Al-4Ca-1Fe-0,6Si-0,2Zr-0,1Sc (масс. %), показано, что новые сплавы демонстрируют высокую технологичность в процессе обработки давлением и сбалансированное сочетание механических свойств ($\sigma_B \sim 275$ МПа, $\sigma_{0,2} \sim 240$ МПа и $\delta \sim 5\%$).
- Изучены и проанализированы особенности изменений микроструктуры, фазового состава и механических свойств новых кальцийсодержащих сплавов систем Al-Ca-Mg-Mn-Zr и Al-Ca-La-Ni-Mn.

- Представлены результаты изучения сплавов, созданных на основе тройной системы Al-Cu-Si и четверной системы Al-Cu-Si-Sn с точки зрения разработки на их основе новых алюминиевых сплавов, являющихся альтернативой таким сплавам таких марок как 2618 (AK4-1) и 2219 (1201). На основе проведенных исследований предложен новый высокопрочный деформируемый сплав на основе системы Al-Cu-Si, который после упрочняющей термической обработки демонстрирует высокие механические свойства: σ_B не менее 430 МПа, $\sigma_{0.2}$ не менее 290 МПа, δ не менее 10%.

Использование в работе современных методов моделирования химического и фазового состава разрабатываемых алюминиевых сплавов, в сочетании с комплексным изучением их микроструктуры методами просвечивающей и растровой электронной микроскопии, атомно-зондовой томографии и рентгенофазового анализа, позволило провести тщательный комплексный анализ механизмов структурообразования материалов исследования на стадии получения литых заготовок, так и при последующих термических и деформационно-термических воздействиях. Представленные в работе результаты микроструктурных особенностей новых сплавов, а также их технологических и механических свойствах были получены, обработаны и проанализированы с использованием передового и сертифицированного научно-исследовательского оборудования, программ и методик. В этой связи их достоверность не вызывает сомнений. О достоверности полученных результатов также свидетельствуют большое количество публикации в рецензируемых изданиях, индексируемых в международных научных базах данных Russian Science Citation Index, Scopus и Web of Science.

К содержанию автореферата имеются следующие замечания:

1. Судя по содержанию автореферата, автором большое внимание было уделено изучению влияния различных добавок на особенности распада алюминиевого твердого раствора и физико-механические свойства сплавов таких систем легирования, как Al-Si-Cu-(Sn или In) (в главе 3), Al-Cu-(Sn или In) (в главе 4) и Al-Cu-Si (в главе 6) подвергнутых искусственному старению. Почему изучение упрочнения в результате искусственного старения в предлагаемых сплавах проводилось только при одной температуре 175°C? Обычно для того чтобы установить наиболее эффективные режимы старения, в особенности для новых сплавов, используют три-четыре температуры и разное время выдержки при них.
2. В автореферате, в третьей главе, приводятся данные анализа химического состава упрочняющих частиц θ' (Al₂Cu) фазы, образование которых в результате старения было отмечено в сплавах системы Al-Si-Cu-(In или Sn). По данным атомно-зондовой томографии, было отмечено, что хорошо известная упрочняющая метастабильная θ' -фаза однородно насыщена

кремнием, концентрация которого варьируется в интервале от 1,6 до 2,8 ат. %. Можно ли сказать, что отмеченное изменение состава θ' -фазы характерно только лишь для изученных в работе экспериментальных сплавов, или оно может быть характерным и для медистых силуминов с большим содержанием кремния.

Сделанные замечания носят частный характер и не влияют на общую высокую оценку диссертационной работы. Поставленные в работе цель и задачи выполнены, а положения, выносимые на защиту, подтверждены представленными результатами.

Считаю, что представленная к защите диссертация Акопяна Торгома Кароевича «Научные основы разработки высокопрочных и высокотехнологичных многокомпонентных алюминиевых сплавов, содержащих медь и кальций» выполнена на высоком научно-техническом уровне. Работа по актуальности, научной новизне и практической значимости, объему выполненных работ, полученных результатов соответствует критериям, предъявляемым к докторским диссертациям, установленным в «Положении о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС», а ее автор Акопян Торгом Кароевич заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.1. «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

докт. техн. наук



Дударева Наталья Юрьевна

научная специальность 05.16.08 - Нанотехнологии и наноматериалы (металлургия и материаловедение)


профессор кафедры двигателей внутреннего сгорания, главный научный сотрудник, ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий

450076, Россия, г. Уфа, ул. З. Валиди, 32

Тел.: +7 (908) 350-22-93. E-mail: dudareva.nyu@ugatu.su

Даю согласие на обработку персональных данных

Дударева Наталья Юрьевна



2025 г.

