



*Graduate School of Engineering, Tohoku University*  
6-6 Aoba aza, Aramaki, Aoba-ku, Sendai 980-8579, JAPAN  
Tel & Fax: +81-22-795-4742 <http://www.eng.tohoku.ac.jp/english/>

16 Мая 2025 г.

#### Отзыв

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

Работа Акопяна Т.К. отражает современные тенденции к активному развитию алюминиевой отрасли и направлена на формирование научных основ для конструирования новых литейных и деформируемых сплавов на основе системы Al-Cu, дополнительно легированных элементами кальцием Ca, оловом Sn, а также рассматривающей добавки других эвтектикообразующих элементов. К достоинствам работы можно отнести современный подход к обоснованию введения тех или иных добавок, выбор режимов термической и деформационной обработки, использование точных методов анализа и прогнозирования результатов. В работе представлены выдающиеся результаты, направленные на улучшение уже существующих сплавов на основе системы Al-Cu. Так, установлено влияние малых добавок (до 0,1 масс.%) олова и индия на процесс распада алюминиевого твердого раствора и их эффективная роль в модифицировании продуктов распада в виде  $\theta'$ -фазы, благодаря чему удается полностью реализовать потенциал к упрочнению. «Тонкие» методы исследования, такие как просвечивающая электронная микроскопия и атомно-зондовая томография позволили установить точные минимальные концентрации указанных добавок, способные к растворению в фазе  $\theta'$ .

Путем легирования такими эвтектикообразующими элементами, как Ca, La, Ni и Fe сформулированы основы для создания новой группы алюминиевых композитов, сочетающих упрочненную матрицу и дисперсные равномерно распределенные эвтектические частицы. В ходе определения границ фазовых областей были получены новые данные о фазовых равновесиях и установлены реакции, по которым происходит кристаллизация, например, в системах Al-Ca-La и Al-Ca-Ni-La со стороны алюминия. Впервые была описана кристаллическая структура соединения  $\text{Al}_{10}\text{CaFe}_2$ , соответствующая орторомбической пространственной группе (Cmcm) и структурному типу  $\text{YbFe}_2\text{Al}_{10}$ . Были выявлены новые тройные кальций-содержащие соединения в системе Al-Ca-Cu ( $(\text{Al,Cu})_4\text{Ca}$ ,  $\text{Al}_{27}\text{Ca}_3\text{Cu}_7$ ,  $\text{Al}_8\text{CaCu}_4$ ), для которых определены параметры кристаллических решеток, а также изучен комплекс их физико-механических свойств. Предложен вариант новых сплавов на базе системы Al-Ca-Cu-Si, в которых определяющая роль отводится соотношению кальция и кремния.

В качестве недостатков можно отметить следующие:

1. Наличие в тексте орфографических и пунктуационных ошибок.
2. В главе 3 утверждается, что методом СЭМ была зафиксирована растворимость олова в результате высокотемпературного отжига и закалки (данные о составе алюминиевой матрицы приведены в таблице 3.2). Приведенное стандартное отклонение достаточно большое и можно предположить, что с вероятностью 95% значимых различий между значениями нет. Возможно ли, что на самом деле присутствовала микроликвация олова в матрице?



3. На рисунке 3.2.б приведены графики зависимости УЭП от времени старения только сплавов без олова и с оловом, но отсутствуют данные для сплава с индием, хотя данные по изменению твердости на рисунке 3.2.а представлены для всех трех сплавов. Из того же графика 3.2.а видно, что сплав с индием показывает более высокие значения твердости, как в пике, так и целом. Для полной репрезентативной картины было лучше представить данные по всем трём сплавам на рисунке 3.2.б.

Данные замечания носят уточняющий характер и несколько не снижают положительную оценку. Представленная работа выполнена на высоком научном уровне. Предлагаемые разработки представлены в виде статей в высокорейтинговых журналах, а также подготовлены патенты на сплавы и технологии их получения. В целом, диссертационная работа Акопяна Т.К. «Научные основы разработки высокопрочных и высокотехнологичных многокомпонентных алюминиевых сплавов, содержащих медь и кальций» по своей актуальности, объему, содержанию и достигнутых результатах полностью соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям Положением о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор Акопян Торгом Кароевич заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.1 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Комаров Сергей Викторович  
Кандидат технических наук



Ученое звание: Почётный профессор, Tohoku University, Japan

Должность: Консультант по рециклингу алюминия, Nippon Light Metal, Co.ltd, Japan

Организация: Национальный университет Тохоку (Япония, г. Сендай)

Почтовый адрес: 6-6, Aramaki Aza Aoba, Aoba-ku, Sendai, Miyagi, 980-8579, Japan

Тел.: +81 (90) 9742-0179

Е-mail: [komarov.sergey.a2@tohoku.ac.jp](mailto:komarov.sergey.a2@tohoku.ac.jp)

Согласен на обработку персональных данных