

## Отзыв

на автореферат диссертации

Акопяна Т.К. «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».

Проблема повышения уровня эксплуатационных свойств среднепрочных деформируемых сплавов 2XXX серии, используемых в различных отраслях промышленности, является актуальной. Данной проблематике посвящено большое количество работ в научной литературе. Одним из возможных подходов является применение специальных микродобавок, обеспечивающих существенное повышение эффекта дисперсионного твердения таких сплавов. Микродобавки легкоплавких металлов Sn, Cd и In существенно повышают прочность, достигаемую при старении, за счет влияния на размер и распределение упрочняющих фаз. Такой эффект микролегирования известен относительно давно. Однако, он не нашел широкого промышленного применения, главным образом, по причине нестабильности достигаемых свойств. Кроме того, применение ряда добавок, таких как Cd, ограничено из-за токсичности. Механизмы влияния микролегирования на процессы старения зависят от химического элемента и обсуждаются в литературе. Диссертационной работе Т.К. Акопяна вносит существенный вклад в понимание микроструктурного дизайна сплавов 2XXX с микролегированием Sn и In. На основе детального изучения влияния микродобавок на фазовые превращения при старении и механические свойства диссертант разработал и запатентовал ряд новых среднепрочных сплавов с улучшенным комплексом свойств, что обуславливает высокую научную ценность и практическую значимость диссертационной работы.

Достоверность полученных результатов основана на сочетании взаимодополняющих самых современных методов исследований, таких как сканирующая и просвечивающая электронная микроскопия, качественный и количественный фазовый анализ рентгеновским методом, атомно-зондовую томографию и в большом объеме экспериментальных данных, которые коррелируют между собой. К достоинствам работы также следует отнести качественное изложение материала, глубокий анализ полученных результатов, отраженных в большом количестве публикаций, входящих в международные базы журналов, в том числе 8 статей в журналах Q1, индексируемых Web of Science, и 15 статей в журналах Q2, индексируемых этой же базой данных. Публикация результатов диссертационного исследования в этих журналах подтверждает высокий научный уровень диссертации. Практическая значимость работы подтверждена получением 6 патентов РФ и актами промышленного опробования.

Автореферат отражает содержание диссертации. По текстам автореферата и диссертации имеются следующие замечания:

1. В автореферате на стр. 15 указано, что в  $\text{Al}_8\text{Si}_{3,5}\text{Cu}_{0,1}\text{Sn}$  сплаве наблюдаются выделения дискообразной формы, которые далее соотносятся с пластинами  $\theta'$ -фазы. Таким образом, в ходе рассуждения возникает нестыковка в обсуждении истинной морфологии частиц данной фазы. Более того, в тексте автореферата обсуждается изменение плотность распределения частиц  $\theta'$ -фазы и связанному с этой фазой повышение эффекта упрочнения при старении, хотя не приведены результаты измерения её морфологических параметров (размеры, плотность выделения, объемная доля) и количественной оценке эффекта упрочнения. Соответственно, сложно согласиться с утверждением о «...повышении эффекта упрочнения при старении за счет модифицирования структуры (кристаллической или все-таки морфологии) выделений  $\theta'$  фазы».



Целесообразно было также обсудить изменение фазового состава исследуемого  $\text{Al}_8\text{Si}_{3,5}\text{Cu}_{0,1}\text{Sn}$  сплава по сравнению с  $\text{Al}_8\text{Si}_{3,5}\text{Cu}$ , где, вероятно, имеет место выделение  $\theta''$ -фаз и более грубых  $\{100\}_{\text{Al}}$  пластин  $\theta'$ -фазы по сравнению с более дисперсной  $\theta'$ -фазы в первом случае.

2. В автореферате на стр. 23 представлены величина плотности распределения выделений  $\theta'$ -фазы уже в  $\text{Al}_5\text{Cu}_{0,1}\text{Sn}$  сплаве, однако в тексте диссертации не приведена методика оценки данного параметра, а также размеров (диаметров и толщин) частиц (стр. 22).

3. В тексте автореферата и диссертации обсуждение эффекта упрочнения не приведено во взаимосвязи с различными механизмами их инициирующих (дисперсионное, твердорастворное, зернограничное и т.д.). В процессе обработки исследуемых сплавов они могут обеспечивать различные вклады упрочнения.

Сделанные замечания носят уточняющий характер и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

Считаю, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой и соответствует специальности 2.6.1 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов. По своей актуальности, новизне, теоретической и практической значимости работа соответствует критериям, предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук, а Т.К. Акопян, несомненно, заслуживает присуждения ему искомой ученой степени.

Кайбышев Рустам Оскарович  
Доктор физико-математических наук

Должность: заведующий лабораторией

Организация: Лаборатория механических свойств наноструктурных и жаропрочных материалов, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»

Почтовый адрес: 308015, г. Белгород, уд. Победы, д.85

Тел.: +7 4722 58-54-17

Email: rustam\_kaibyshev@bsuedu.ru

Согласен на обработку персональных данных

Подпись Р.О. Кайбышева заверяю.

Личную подпись удостоверяю Специалист отдела кадрового обеспечения Управления организационного и и кадрового обеспечения «	Кайбышев Р.О.
	Шад Шадумович
	21 05 2020