

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Акопяна Торгома Кароевича 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.

На основе выполненных работ в рамках диссертационного исследования Т.К. Акопяна получены новые научные знания в области структурно-фазовых превращений и их влияния на физико-механические свойства алюминиевых сплавов, а также предложены составы новых высокопрочных литейных и деформируемых сплавов. **Научная значимость и новизна** представленной диссертационной работы определяется следующими основными результатами:

- установлено влияние малых добавок легкоплавких металлов Sn и In на эффект дисперсионного твердения в литейных и деформируемых сплавах с Al-Cu матрицей (сплавы на основе Al-Si-Cu и Al-Cu(-Mn)). Показано, что в результате такого легирования возможно достижение в новых сплавах повышенного упрочнения после старения, что обусловлено глубоким модифицированием структуры продуктов старения. Предложены микромеханизмы данного явления.

- предложено строение ранее не изученных кальций содержащих систем, включая Al-Ca-La, Al-Ca-Fe, Al-Ca-Ni-La, Al-Ca-Cu и Al-Ca-Cu-Si в области алюминиевого угла, выявившие наличие ряда ранее не описанных химических соединений: $Al_4(Ca,La)$, $Al_{10}CaFe_2$, $Al_{11}(La,Ca)_3$, $(Al,Cu)_4Ca$, $Al_{27}Ca_3Cu_7$, Al_8CaCu_4 , $Al_2CaSiCu$, для которых установлена структура кристаллической решетки, а также определены ряд физико-механических свойств.

- обоснована возможность использования новой базовой системы Al-5%Cu-Ca-Si для конструирования перспективных экономнолегированных дисперсионно-твердеющих литейных и деформируемых алюминиевых сплавов, не уступающих или превосходящих по сочетанию свойств промышленные аналоги.

Практическая значимость определяется тем, что предложенный высокопрочный деформируемый сплав на основе системы Al-Cu-Mn, содержащий малую добавку олова, значительно превосходит по уровню прочностных свойств (на ~30 % по пределу текучести) промышленный аналог сплав 2219 (1201 по ГОСТ 4784-2019), применяемый в авиакосмической отрасли. При этом для производства нового сплава не требуется применения дорогостоящих добавок или дополнительного специального оборудования в сравнении с промышленным аналогом. Другая разработка – высокопрочный деформируемый сплав на основе системы Al-Cu-Si по уровню механических свойств может быть рассмотрен в

качестве замены промышленным сплавам типа АК4-1 (ГОСТ 4784-2019), используемым для производства деформированных полуфабрикатов в виде катаных плит и листов, поковок и прессованных прутков. Однако взамен тяжелой и дорогой добавки никеля в составе промышленного сплава в новом сплаве использована добавка кальция – дешевого и легкого металла, обеспечивающего конкурентные преимущества новой разработки.

В данной связи полученные результаты в рамках диссертационной работы Т.К. Акопяна представляют научный и практический интерес и могут быть использованы в промышленном производстве для изготовления различных деформируемых полуфабрикатов с повышенным уровнем механических свойств – задача, которая имеет особую **актуальность** в условиях современного промышленного производства.

Автореферат диссертации соответствует ее содержанию. По автореферату имеются следующие замечания:

- 1) Автор работы сравнивает свойства разработанного им сплава со сплавом 2219 (или 1201 по ГОСТ 4784), но не приводит сравнение со сплавом 2021, который также содержит добавки олова и кадмия, вводимые с такой же целью-оказание влияние на выделение упрочняющей фазы при старении.
- 2) Автором работы после рисунка 3.2 и далее по тексту приводится анализ только для сплавов $Al8Si3,5Cu$ и $Al8Si3,5Cu0,1Sn$, хотя из того же графика на рисунке 3.2 видно, что наибольшую твердость показал сплав $Al8Si3,5Cu0,1In$. Почему был выбран для сравнения именно сплав с оловом? Проводились ли какие-либо количественные оценки размеров выделений фазы θ' и плотности их выделений для базового сплава и с малыми добавками, в т.ч. индия?
- 3) На рисунке 3.7 даны свойства только базовых сплавов и сплавов с малой добавкой индия, с различными концентрациями меди, а содержание кремния равняется 8%. В то же время, в абзаце выше говорится о том, были получены свойства сплавов в т.ч. с добавкой олова. Это затрудняет проведение сравнения о влиянии добавок индия и олова. В тексте сообщается только об одном сплаве с оловом, который, исходя из патента №2754418, содержит 8% Si, 3.5% Cu, 0.12% Sn. Проверялись ли механические свойства других сплавов аналогичного состава?

Однако указанные замечания не снижают общей положительной оценки выполненной работы и полученных результатов. Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне с использованием современного аналитического и технологического оборудования, апробирована на большом количестве всероссийских и международных конференциях, результаты работы опубликованы в многочисленных публикациях в высокорейтинговых изданиях.

Диссертационная работа Т.К. Акопяна по своему теоретическому, научно-методическому и экспериментальному уровню, объему работы, актуальности, научной новизне и практической значимости полученных результатов соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям Положения о порядке присуждения ученых степеней в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», а ее автор Акопян Торгом Кароевич заслуживает присуждения ученой степени доктора наук по специальности 2.6.1. – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

**Директор по развитию бизнеса и новых технологий
Акционерного Общества «Самарский металлургический завод» (АО «СМЗ»),
кандидат технических наук**



Дритц Александр Михайлович

19.05.2025

Почтовый адрес: 123112, Москва, Пресненская набережная, д. 10, блок Б, +7 495 777 04 04.

Телефон: 8 (916) 642-82-73; E-mail: Alexander.Drits@samara-metallurg.ru

(Научная специальность 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов)

Подпись Дритца Александра Михайловича заверяю



Д.С. Воронова