

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу  
Славинской Надежды Александровны на тему «Влияние модификаторов на  
структурообразование, ликвационные процессы и свойства сплава АМ4,5Кд (ВАЛ10) в  
литом и термообработанном состояниях»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 2.6.3 «Литейное производство»

**Актуальность направления исследований.** Широкое применение алюминиевых сплавов во всех отраслях промышленности требует создания сплавов с заданной структурой и свойствами, которые могут быть достигнуты путем модифицирования и микролегирования алюминиевых сплавов. Поиск новых составов и способов для измельчения структуры алюминиевых сплавов является актуальной задачей литейного производства.

Литейные сплавы системы Al-Cu (АМ4,5Кд, АМ5) относятся к жаропрочным алюминиевым сплавам и представляют большой интерес для машиностроения. По своим прочностным свойствам они сопоставимы с деформируемыми алюминиевыми сплавами, но благодаря своим удовлетворительным литейным свойствам они используются для получения фасонных изделий способами литья.

Диссертационная работа Славинской Н.А. посвящена исследованию модифицирующего влияния РЗМ и переходных металлов на структуру и свойства алюминиевого сплава АМ4,5Кд. В настоящей работе исследовано влияние модификаторов Ce, La, Sc, Sr, Zr и температуры закалки на структурообразование, ликвационные процессы в структурных составляющих и свойства сплава АМ4,5Кд с последующим естественным и искусственным старением, кроме того, исследована структура лигатурных сплавов Al-Zr, Al-Sc и Al-Sr, идентифицированы структурные составляющие и определены их микро- и нанотвердость.

Актуальность работы подтверждается выполнением НКР при финансовой поддержке со стороны Минобрнауки РФ в рамках госзадания № 11.3014.2017/4.6 «Исследование возможностей получения РЗМ-содержащих лигатур для модифицирования металлических сплавов». Исследования проводились на оборудовании ЦКП «Прикладное материаловедение» ФГБОУ ВО «ТОГУ» при финансовой поддержке со стороны Минобрнауки РФ в рамках гос. заданий (№ гос. рег. 11.7208.2017/78 и 11.7213.2017/78).

**Цель работы** заключается в установление закономерностей влияния Ce, La, Sc, Sr, Zr на структурообразование, ликвационные процессы и свойства сплава АМ4,5Кд в литом и термообработанном состояниях. Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**: исследование влияния модификаторов (Ce, La, Sc, Sr, Zr) на структурообразование, ликвационные процессы и свойства структурных составляющих сплава АМ4,5Кд в литом и термообработанном состояниях; установление закономерности растворения элементов в структурных составляющих ( $\alpha$ -твердого раствора, эвтектики и интерметаллидных соединений) от величины добавки модификаторов и определение их микротвердости; изучение влияния различных температур закалки (535, 545, 565, 585 и 605 °С) на структурообразование, ликвационные процессы и свойства сплава АМ4,5Кд с 0,2 мас. % La и Ce после естественного и искусственного старения; идентификация структурных составляющих сплава АМ4,5Кд от величины добавки модификаторов и температуры закалки

с последующим естественным и искусственным ( $t=155$  °С, время выдержки 4 часа) старением; идентификация структурных составляющих в лигатурных сплавах AlSc, Al-Sr, Al-Zr и определение их микро – и нанотвердости.

Пункты научной новизны и практической значимости обоснованы и подтверждены результатами исследований, использованием в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров, при проведении НИР студентов и передачей результатов исследований предприятию для промышленного испытания.

**Достоверность научных результатов** обоснована применением комплекса современных методов исследования: сканирующей электронной микроскопии, микрорентгеноспектрального анализа и большим объемом представленных экспериментальных данных. Выводы базируются на современных достижениях теорий материаловедения и литейных процессов и не противоречат их основным положениям.

Диссертация состоит из введения 5 глав, заключения и библиографического списка. Диссертация изложена на 208 страницах, включая 8 таблиц и 101 рисунок, список литературы из 91 источника.

**По теме диссертационной работы опубликовано 9 работ**, в том числе 3 статьи в рецензируемых изданиях из перечня ВАК РФ, 2 статьи в изданиях, индексируемых в международных базах цитирования Scopus.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цели и задачи работы, научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В первой главе приведен анализ литературы по теме диссертации, показывающий актуальность исследований по модифицированию сплавов системы Al-Cu. Для формулировки целей и задач диссертационного исследования был привлечен большой объем информации по тематике исследования, включая современные публикации в ведущих зарубежных и отечественных журналах.

Во второй главе приведены данные по применяемым и разработанным методикам, используемых при выполнении исследований. Приведена методика приготовления сплава AM4,5Kд и его модифицирования РЗМ и переходными металлами.

В третьей главе исследовано влияние модификаторов (Ce, La, Sc, Sr, Zr) на структурообразование, ликвационные процессы и свойства сплава AM4,5Kд (ВАЛ10). Величина добавки церия и лантана варьировалась от 0,05 до 0,3 мас. % через интервал 0,05 мас. %. Величина добавки скандия, стронция и циркония варьировалась от 0,1 до 0,5 мас. % через интервал 0,1 мас. %. В ходе исследований проведен металлографический анализ основных фаз сплава AM4,5Kд, и установлено влияние модифицирующих добавок на характер распределения элементов в этих фазах. Определена микротвердость основных фазовых составляющих сплава AM4,5Kд.

В четвертой главе исследовано влияние температуры закалки при естественном старении на структурообразование, ликвационные процессы, микротвердость структурных составляющих и твердость сплава AM4,5Kд. Для исследований были выбраны образцы сплава AM4,5Kд модифицированные церием и лантаном в количестве 0,2 мас. % Ce или La. Экспериментально установлено, что оптимальная температура закалки составляет 535-545 °С. При данных температурах закалки и естественном старении получены наиболее высокие показатели твердости образцов модифицированных лантаном или церием.

В пятой главе рассмотрено влияние температуры закалки при искусственном старении на структурообразование, ликвационные процессы, микротвердость структурных составляющих и твердость сплава АМ4,5Кд модифицированного церием и лантаном. В работе применяли следующий режим ТО: нагрев под закалку 535, 545, 565, 585, 605 °С, выдержка 2,5 часа, закалка в воде, искусственное старение при температуре 155 °С в течение 4 часов. Также установлено, что оптимальными параметрами термической обработки является нагрев под закалку до температуры 535-545 °С.

В заключении приведены основные выводы по результатам диссертационного исследования.

Работа изложена технически грамотным языком. Каждая глава содержит важные результаты научных исследований и сопровождается развернутыми выводами. Оформление работы, в целом, соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Основные положения, приведенные в автореферате, полностью соответствуют тексту диссертации.

По работе имеется ряд замечаний и вопросов.

1. Из диссертации не ясно, чем объясняется выбор высокой температуры (900-950 °С) модифицирования сплава АМ4,5Кд Се и La.
2. В работе не приведен механизм модифицирующего действия Sc, Sr, Zr. Какой теории модифицирования придерживается автор?
3. В связи с чем для исследуемого сплава АМ4,5Кд не определялись основные механические свойства ( $\sigma_b$ ,  $\delta$ ) регламентируемые ГОСТ 1583-93. Почему не проводили количественную оценку микроструктуры сплава АМ4,5Кд в не- и модифицированном состояниях.
4. В какой последовательности автор разместил бы используемые в работе модификаторы по модифицирующей способности?
5. Из работы не ясно чем объясняется выбор температур закалки сплава АМ4,5Кд выше 545 °С.

Следует отметить, что выявленные в работе недостатки и замечания не снижают научную и практическую значимость выполненных исследований.

Таким образом, диссертационная работа Славинской Н.А. содержит решения актуальной научно-технической задачи в области литейного производства, направленной на исследование модифицирующего влияния РЗМ и переходных металлов на структуру и свойства высокопрочного алюминиевого сплава АМ4,5Кд.

Диссертационная работа выполнена на высоком научно-исследовательском и инженерном уровнях, по актуальности, научной новизне, практической значимости, полученным результатам соответствует паспорту научной специальности 2.6.3 «Литейное производство», отвечает критериям, установленным п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а автор диссертации, *Славинская Надежда Александровна*, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.3 «Литейное производство» (технические науки).

*Официальный оппонент:*

Кандидат технических наук по научной специальности 05.16.04 «Литейное производство», доцент, доцент кафедры «Литейные и высокоэффективные технологии» факультета машиностроения, металлургии и транспорта ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

\_\_\_\_\_ Тимошкин Иван Юрьевич

«20» 01 2025 г.

**Контакты:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет»

**Адрес:** 443100, Российская Федерация, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244. Тел. 8(846)333-61-01, e-mail: [ivan-mns@mail.ru](mailto:ivan-mns@mail.ru)

Я, Тимошкин Иван Юрьевич, даю свое согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с защитой *Славинской Надежды Александровны*, и их дальнейшую обработку

Подпись Тимошкина Ивана Юрьевича  
Ученый секретарь ФГБОУ ВО



Ю.А. Малиновская