

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Николаева Андрея Юрьевича на тему: «Получение лигатур алюминий-скандий в расплавах KF-NaF-AlF<sub>3</sub>-Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub>», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии

Диссертационная работа Николаева А.Ю. посвящена разработке технологии получения лигатуры Al-Sc электролизом из расплава солей KF-NaF-AlF<sub>3</sub> добавкой оксида скандия (Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Скандий – один из наиболее эффективных модификаторов алюминия и его сплавов. Содержание даже 0,1 мас. % скандия в алюминиевом сплаве обеспечивает получение однородной мелкозернистой структуры. Модифицирование обеспечивает повышенные механические свойства и термическую стабильность сплавов, особенно в области криогенных температур. Введение скандия в алюминиевые сплавы повышает устойчивость к межзеренному разрушению, коррозионному растрескиванию, охрупчиванию, улучшает пластичность и свариваемость. В настоящее время в космической технике используют сплавы марок 1570 и 1570С, проводится опробование перспективных Al-Sc сплавов марок 1545К и 1580.

Применение алюминиевых сплавов, содержащих скандий, в космической технике позволяет снизить массу корпусных деталей сухих отсеков и силовых элементов топливных баков ракет-носителей и разгонных блоков, а также обеспечить работоспособность изделия в условиях воздействия криогенных температур жидкого кислорода и жидкого водорода.

Основной причиной, сдерживающей широкое применение Al-Sc сплавов является высокая стоимость скандия и лигатуры Al-Sc.

Поэтому диссертационная работа Николаева А.Ю. посвящена решению несомненно актуальной задачи современного материаловедения -

разработке конкурентоспособной на рынке технологии получения лигатур алюминий-скандий.

На основе проведенных экспериментальных исследований автором установлены механизм и закономерности совместного электровыделения алюминия и скандия из расплавов  $\text{KF-AlF}_3\text{-Sc}_2\text{O}_3$  и  $\text{KF-NaF-AlF}_3\text{-Sc}_2\text{O}_3$  в зависимости от состава расплава и условий электролиза. Предложен новый способ получения лигатурных сплавов алюминий-скандий электролизом расплава  $\text{KF-NaF-AlF}_3\text{-Sc}_2\text{O}_3$  при  $800\text{ }^\circ\text{C}$ , который сопровождается непрерывной самопроизвольной регенерацией электролита и установлены технологические параметры и условия, обеспечивающие получение сплава Al-Sc с высоким содержанием скандия. Новизна работы подтверждается четырьмя патентами РФ и одной международной заявкой на изобретение, полученными автором.

Представленные в диссертационной работе разработки автора представляют интерес и могут быть использованы при создании промышленной технологии производства лигатуры Al-Sc.

По автореферату работы можно сделать следующие замечания.

1. На странице 11 указано, что «основной примесью в промышленном глиноземе является оксид натрия, который накапливается в электролите в виде NaF». Какое количество Na будет присутствовать в лигатуре в качестве примеси?

2. В результате экспериментов на укрупненном лабораторном электролизере получена лигатура с содержанием скандия от 1,5 до 2,5 мас.% в зависимости от периодичности выгрузки получаемой продукции. Нет оценки процентного содержания скандия в лигатуре в зависимости от времени процесса. Насколько изменится продолжительность процесса при увеличении масштаба тоннажного производства лигатуры?

Отмеченные замечания не снижают ценности выполненной работы.

Диссертация Николаева А.Ю. является законченной научно-исследовательской работой. По актуальности проблемы, научной новизне, практической значимости результатов, объему и оформлению она удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание степени кандидата химических наук. Автореферат и приведенный в нем список научных публикаций достаточно полно отражают содержание и структуру диссертационной работы. Предложения и выводы диссертационной работы аргументированы и достоверны.

Автор диссертационной работы Николаев Андрей Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

Доктор технических наук,  
главный металлург АО «Композит»

Бутрим Виктор Николаевич

15.11.2021

141070, Россия, Московская обл.,  
г. Королёв, ул. Пионерская, 4  
тел.: (495) 513-23-79  
vbutrim@kompozit-mv.ru

Подпись Бутрима В.Н. заверяю

Первый заместитель генерального  
директора АО «Композит»



А.Н. Тимофеев

МП