

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Косова Ярослава Игоревича «Разработка технологии получения лигатуры алюминий-эрбий алюминотермическим восстановлением хлоридно-фторидных расплавов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

Актуальность темы диссертации

Эффективность применения эрбия как перспективного легирующего материала взамен дорогостоящего скандия в алюминиевых сплавах обусловлена аналогичной закономерностью формирования интерметаллического соединения, кристаллическая решетка которого по структурно размерным параметрам сопоставима с алюминием и способностью эрбия растворяться в интерметаллическом соединении скандия с алюминием.

Легирование алюминиевых сплавов эрбием, как и другими редкоземельными металлами, осуществляется введением соответствующих лигатур. Отсутствие в России технологии получения и промышленного опыта применения лигатуры «алюминий – эрбий» ограничивает исследования в направлении создания экономнолегированных скандием алюминиевых сплавов с повышенными физико-механическими характеристиками и неизбежно сдерживает их применение в ведущих высокотехнологичных отраслях промышленности. Зарубежные производители легирующих материалов для алюминиевых сплавов лигатуру Al-Er изготавливают энергетически и материально дорогостоящим способом сплавления чистых металлов. Удешевление стоимости лигатур может быть достигнуто за счет существенного изменения технологии их получения. В свою очередь снижение исходных цен на лигатуру позволит увеличить возможности использования сплавов с повышенными физико-механическими характеристиками в технике.

*№ 419-10
от 26.11.2018*

Известно, что алюминотермический синтез лигатур позволяет уменьшить затраты на материалы и сократить количество стадий технологического процесса.

В связи с вышеизложенным диссертация Косова Я.И., направленная на исследование и разработку новой производственной технологии получения лигатуры «алюминий-эрбий» алюминотермическим восстановлением хлоридно-фторидных расплавов с использованием в качестве исходных эрбийсодержащих соединений – фторид и оксид эрбия, является актуальной.

Научная новизна работы заключается в

- Определении термодинамической возможности получения лигатуры «алюминий-эрбий» алюминотермического восстановления эрбия в системах $\text{ErF}_3\text{-NaF-KCl-Al}$, $\text{Er}_2\text{O}_3\text{-AlF}_3\text{-NaF-KCl-Al}$ с учетом образования комплексных соединений – фторэрбиатов щелочных металлов и интерметаллического соединения.

- Установлении механизма процесса алюминотермического восстановления, расплавленных технологических солевых смесей (флюсов), состоящих из ErF_3 , NaF , KCl и Er_2O_3 , AlF_3 , NaF , KCl с выявлением формирования в хлоридно-фторидном расплаве комплексных соединений NaErF_4 и $\text{KEr}_3\text{F}_{10}$ соответственно, которые при получении лигатуры являются прекурсорами для восстановления эрбия до интерметаллического соединения Al_3Er .

- Экспериментальном определении рациональных технологических параметров, обеспечивающих получение лигатуры Al-Er алюминотермическим восстановлением хлоридно-фторидных расплавов при использовании флюсов, содержащих ErF_3 и Er_2O_3 , с выходом эрбия в лигатуру 92,5% и 71 % соответственно.

- Определении особенностей фазового состава флюсов и установлении физических закономерностей и механизмов влияния содержания эрбия в лигатуре на морфологию элементов структуры и микротвердость отдельных областей полученных лигатур.

Практическая значимость

Разработаны оригинальные технологические схемы получения лигатуры «алюминий-эрбий» методом алюминотермического восстановления хлоридно-фторидных расплавов, содержащих фторид и оксид эрбия в качестве компонентов флюсов и включают три основные стадии: синтез фторэрбиатов щелочных металлов (прекурсоров) при плавлении солевой смеси; алюминотермическое восстановление прекурсоров из хлоридно-фторидных расплавов с получением лигатуры Al-Er и литье полученной лигатуры.

Выполнено детальное технико-экономическое сравнение разработанной технологии получения лигатуры «алюминий-эрбий» из оксида эрбия с существующими зарубежными технологиями производства Al-Er лигатур прямым сплавлением металлического эрбия с алюминием. Рассчитано, что себестоимость лигатуры из оксида эрбия ниже себестоимости лигатуры из металлического эрбия на 436,9 - 818,8 тыс. руб./т лигатуры, что составляет около 50% от затрат на материалы.

Разработан способ получения лигатуры «алюминий-эрбий», обеспечивающий получение лигатуры с различным содержанием компонента и равномерным распределением ИМС по всему ее объему (Патент РФ № 2654222 от 17.05.2018 г.);

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Анализ современного состояния производства алюминиевых лигатур, влияния эрбия на структуру и механические свойства алюминия и его сплавов, а также известных способов получения лигатуры Al-Er позволили диссертанту сделать вывод о необходимости разработки отечественной технологии получения лигатуры «алюминий-эрбий» методом алюминотермического восстановления хлоридно-фторидных расплавов.

Для достижения поставленной цели были сформулированы задачи исследования. Для решения поставленных задач были применены современные приборы и аттестованные методики исследования.

Полученные результаты исследования теоретически обоснованы. Экспериментально подтверждена совокупность научных положений, обеспечивающих решение важной в области металлургии алюминиевых сплавов задачи – расширение сортамента и повышение энергоэффективности технологии получения лигатур нового химического состава - Al-Er, предназначенных для легирования и модифицирования алюминиевых сплавов и придания им повышенных физико-механических характеристик.

Диссертация написана грамотным и ясным литературным языком, хорошо структурирована и сбалансирована с точки зрения подачи материала. Автор диссертации, взяв в разработку оригинальный продукт, глубоко понимает материал (эрбий), исследует возможности его использования в практической металлургии, анализируя полный жизненный цикл применения эрбия-от минерально-сырьевой базы до детального технико-экономического обоснования и калькуляции при включении эрбийсодержащей лигатуры в промышленные процессы. Хорошее впечатление оставляет глубокий анализ способов получения лигатур.

Замечания и рекомендации

1. В работе описывается механизм внедрения ErAl_3 в кристаллическую решетку алюминиевого сплава. Однако было бы более доказательно, если бы автор провел рентгеновский анализ для определения параметров решетки, что дало бы возможность более точно рассматривать механизм упрочнения алюминиевого сплава.

2. Выход эрбия в лигатуру 69-71%. Несмотря на то, что основными задачами автора являлись разработка технологии эрбийсодержащей лигатуры и ее исследование, было бы полезно определить величину угара Er при вводе в алюминиевые сплавы в виде лигатуры, разработанной автором диссертации. Не ясен процент усвояемости сплавом эрбия при температурах

750-800 С. Было бы полезно оценить выход эрбия в сплав, например, АК7, АК9 или АМГ.

3. Автором определены параметры (температура 750-780 С при перемешивании) получения комплексных соединений эрбия - NaErF_4 с высоким выходом эрбия. Однако скорость перемешивания не указывается. Нельзя ли попытаться понизить температуру при повышении скорости механического перемешивания?

4. Нет сравнительного анализа (помимо экономического) преимуществ и недостатков легирования алюминиевых сплавов Sc и Er.

5. Безусловно, практическая значимость работы высока (патент, технологические схемы, технико-экономическое обоснование). Есть ли у автора понимание необходимости в дальнейшей работе и намерения разработки технических условий на лигатуры, где был бы указан состав, коррозионная стойкость лигатуры, условия и сроки хранения, вид и размер (гранулы, слитки, прутки?), способ введения лигатуры.

Сделанные замечания и комментарии носят частный характер, скорее рассматриваются как пожелания к развитию важных для науки и практики результатов, достигнутых в работе, и не снижают общей высокой оценки представленной диссертации.

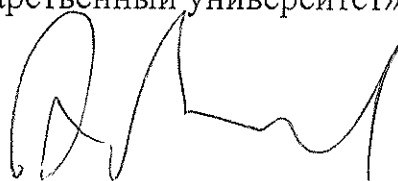
Общая оценка диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и библиографического списка, включающего 148 наименований. Работа изложена на 153 страницах, содержит 37 таблиц и 74 рисунка. Диссертация хорошо оформлена, включает большой объем иллюстративного материала. Основное содержание диссертации достаточно полно изложено в опубликованных работах и апробировано на конференциях различного уровня. Автореферат полностью передает содержание диссертации.

Диссертация Косова Ярослава Игоревича «Разработка технологии получения лигатуры алюминий-эрбий алюминотермическим

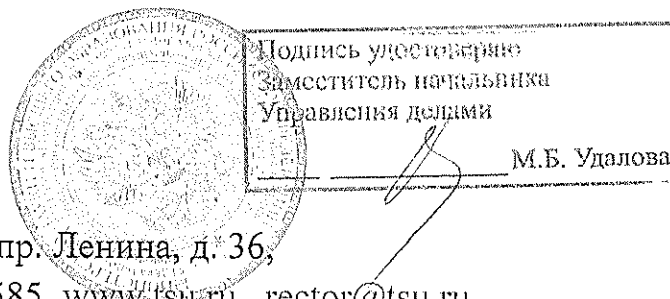
восстановлением хлоридно-фторидных расплавов», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является законченной научно-квалификационной работой и соответствует требованиям пункта 9 Положения о присуждении ученых степеней ВАК Минобрнауки России, а автор диссертации Косов Ярослав Игоревич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Официальный оппонент,
доктор физико-математических наук, профессор,
заведующий научно-исследовательской лабораторией
высокоэнергетических и специальных материалов
федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский
Томский государственный университет»



Ворожцов Александр Борисович

19.11.2018 г.



634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 36,
тел. 8 (3822) 529-585, www.tsu.ru, rector@tsu.ru
e-mail: abv@mail.tomsknet.ru