

УДК 66.046.516, 691.771

А.В. Суздальцев, канд. хим. наук,
А.Ю. Николаев, Ю.П. Зайков, проф., д-р хим. Наук
(ИВТЭ УрО РАН, г. Екатеринбург)

СИНТЕЗ ЛИГАТУР АЛЮМИНИЯ ПРИ ЭЛЕКТРОЛИЗЕ ОКСИДНО-ФТОРИДНЫХ РАСПЛАВОВ

В последнее время спрос на чистый алюминий снижается, в то время как существенно растет спрос на его лигатуры, используемые для получения сплавов и композиционных материалов на основе алюминия [1]. Существующие технологии получения лигатур алюминия основаны на механическом смешении алюминия с легирующим элементом или алюминотермическом восстановлении соединений легирующих элементов [1-3]. Оба варианта обладают такими недостатками, как использование относительно дорогих реагентов и большие объемы невостребованных отходов. Вследствие этого стоимость получаемых лигатур является очень высокой для массового потребителя.

В данной работе приводятся результаты экспериментальной апробации нового способа непрерывного синтеза лигатур алюминия со скандием, цирконием и бором при электролизе расплавов $\text{KF-NaF-AlF}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$ с добавками оксидов Sc_2O_3 , ZrO_2 и B_2O_3 . Сущность способа заключается в том, что вышеперечисленные оксиды в расплаве KF-NaF-AlF_3 при контакте с жидким алюминием восстанавливаются до соответствующих металлов (Рис. 1). Для повышения извлечения легирующего элемента в алюминий продукт алюминотермической реакции Al_2O_3 , растворенный в исследуемом расплаве, подвергают электролитическому разложению.

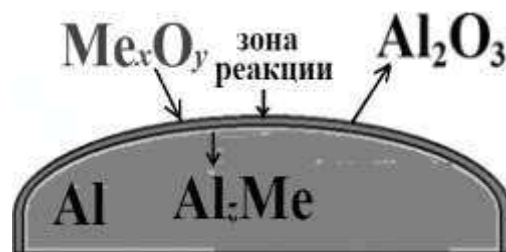


Рисунок 1. – Схема алюминотермического восстановления оксидов

Для выбора параметров электролиза расплавов $\text{KF-NaF-AlF}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$ с добавками оксидов Sc_2O_3 , ZrO_2 и B_2O_3 при получении лигатур предварительно были изучены:

- закономерности алюминотермического восстановления оксидов Sc_2O_3 , ZrO_2 и B_2O_3 в зависимости от температуры, условий перемешивания алюминия, содержания оксида и длительности синтеза;
- кинетика электровосстановления алюминия и легирующего элемента в расплавах на основе системы $\text{KF-AlF}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$.

На основании вольтамперных измерений показано, что бор и цирконий начинают восстанавливаться при потенциалах на 0.5 и 0.08 В положительнее потенциала восстановления алюминия, в то время как скандий восстанавливается совместно с алюминием при более отрицательных потенциалах (Рис. 2). На основании стационарных измерений для электролиза расплавов $\text{KF-NaF-AlF}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$ с добавками оксидов Sc_2O_3 , ZrO_2 и B_2O_3 при $750\text{-}800^\circ\text{C}$ выбрана катодная плотность тока в диапазоне $0.4\text{-}0.7 \text{ A/cm}^2$. В Таблице приведены результаты синтеза лигатур алюминия, а на Рис. 3 – типичные микрофотографии лигатур алюминия, полученных при электролизе.

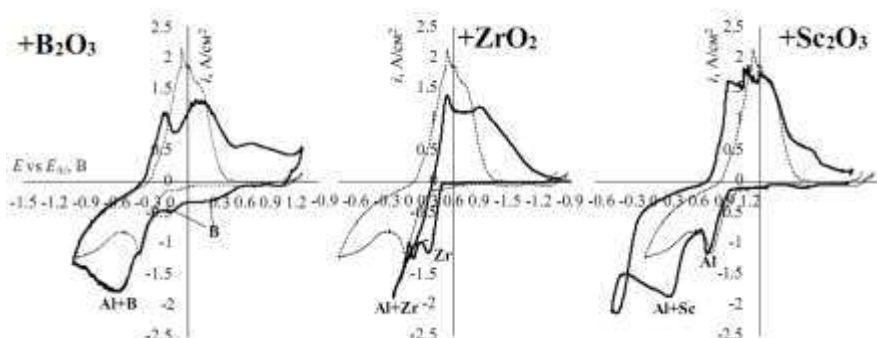


Рисунок 2 – Вольтамперограммы, полученные на вольфрам в расплаве $\text{KF-AlF}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$ с добавками оксидов Sc_2O_3 , ZrO_2 и B_2O_3 при 750°C и скорости развертки потенциала 0.1 В/с



Рисунок 3 – Микрофотографии лигатур алюминия с бором, цирконием и скандием, полученных при электролизе расплавов $\text{KF-NaF-AlF}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$ с добавками оксидов Sc_2O_3 , ZrO_2 и B_2O_3 при 800°C

**Таблица – Результаты сравнительного анализа
алюминотермического и электролитического получения лигатур
алюминия**

Расплав	CR	Алюминотермический синтез			Электролиз		
		T, °C	Me в Al, %	Извлечение, %	T, °C	Me в Al, %	Извлечение, %
KF-AlF ₃ -Sc ₂ O ₃	1.3	750	0.9	50-95	750	> 5	90-95
KF-NaF-AlF ₃ -Sc ₂ O ₃	1.5	800	до 1.2	90-96	820	> 2.5	95-98
KF-AlF ₃ -ZrO ₂	1.3	750	до 0.62	70-80	750	14.1	95-98
KF-NaF-AlF ₃ -ZrO ₂	1.5	800	до 1.1	95-98	800	15.8	93-99
KF-AlF ₃ -B ₂ O ₃	1.5	800	0.13	26	-	-	-
KF-NaF-AlF ₃ -B ₂ O ₃	1.5	-	-	-	820	8-10	> 75

Исходя из приведенных результатов следует, что электролитическое разложение Al₂O₃ позволяет повысить содержание легирующего элемента в алюминии, а также его извлечение из оксида. При этом разработанный способ позволяет непрерывно получать лигатуры с содержанием (мас.%): скандия – 5 и выше, циркония – 15 и выше, бора – 10 и выше.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Напалков, В.И. Легирование и модифицирование магния и алюминия/ В.И. Напалков, С.В. Махов // М.: МИСИС. – 2002.
- 2 Козловский, Г.А. Оценка технологий производства лигатур алюминия с Ti, Zr и B из различного сырья / Г.А. Козловский, С.В. Махов, В.И. Москвитин, Д.А. Попов // Цветные металлы. – 2017. – №3.– С. 53.
- 3 Suzdaltsev, A.V. Review-Synthesis of aluminum master alloys in oxide- fluoride melts: A review / A.V. Suzdaltsev, P.S. Pershin, A.A. Filatov, A.Yu. Nikolaev, Yu.P. Zaikov // Journal of the Electrochemical Society. – 2020. – Vol. 167(10). – № 102503.