

**ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА**

**ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ
МЕН ТЕХНИКАСЫ**

2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ



**НАУКА И ТЕХНИКА
КАЗАХСТАНА**

ИЗДАЕТСЯ С 2001 ГОДА

ISSN 2788-8770

№ 4 (2022)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**
выходит 1 раз в квартал

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ KZ51VPY00036165

выдано
Министерством информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

Публикация научных исследований по широкому спектру проблем
в области металлургии, машиностроения, транспорта, строительства,
химической и нефтегазовой инженерии, производства продуктов питания

Подписной индекс – 76129

<https://doi.org/10.48081/UNEK4627>

Импакт-фактор РИНЦ – 0,342

Абишев Кайратолла Кайроллинович – к.т.н., профессор (главный редактор);
Касенов Асылбек Жумабекович – к.т.н., профессор (заместитель главного редактора);
Мусина Жанара Керейовна – к.т.н., профессор (ответственный секретарь);
Шокубаева Зауреш Жанатовна – технический редактор.

Члены редакционной коллегии:

Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);
Клецель Марк Яковлевич – д.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганда, Казахстан);
Богомоллов Алексей Витальевич – к.т.н., ассоц. профессор (Павлодар, Казахстан);
Кажыбаева Галия Тулеуевна – к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);

Зарубежные члены редакционной коллегии:

Waigang Sun – профессор (Пекин, Китай);
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);
Magin Laruerta – д.т.н., профессор (СьюДад Реал, Испания);
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);
Ronny Berndtsson – профессор (Лунд, Швеция);
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Россия);
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Россия);
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Россия);
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Янюшкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Россия);
Ребезов Максим Борисович – д.с/х.н., профессор (Москва, Россия).

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на журнал «Наука и техника Казахстана» обязательна

© Торайгыров университет

А. Б. Куандықов¹, А. Г. Бакиров², А. К. Жунусов³, * П. О. Быков⁴.

^{1,2,3,4}Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

ЗЕРНИСТЫЕ ФИЛЬТРЫ ИЗ ЗОЛ ЭКИБАСТУЗСКИХ УГЛЕЙ ДЛЯ РАФИНИРОВАНИЯ ПЕРВИЧНОГО АЛЮМИНИЯ

В последние годы наметилась тенденция вовлечения в электролизное производство алюминия менее качественных источников сырья для производства анодов, что приводит к загрязнению металла примесями тяжелых цветных металлов (в частности ванадия).

Исследования посвящены удалению образующихся при обработке алюминия-сырца флюсом на основе борной кислоты (H_3BO_3) интерметаллидов из расплава за счет фильтрационного рафинирования.

При разработке способов фильтрационного рафинирования основными вопросами являются выбор метода рафинирования и материалов для изготовления фильтра.

Для удаления мелких включений, учитывая большой объем металла при электролизном производстве алюминия (до 8 тонн в каждом вакуум-ковше) наиболее эффективно с экономической точки зрения использовать насыпные зернистые фильтры.

В качестве материала для изготовления зерен фильтра использовалась зола Экибастузского угля, состоящая в основном SiO_2 и Al_2O_3 .

Полученные образцы алюминия анализировались на растровом электронном микроскопе фирмы JEOL с системой микроанализа INCA Energy.

Экспериментальные исследования показали возможность использования золы Экибастузских углей для изготовления гранул насыпных фильтров для рафинирования алюминия-сырца.

Детальные исследования на растровом электронном микроскопе фирмы JEOL с системой микроанализа INCA Energy показали возможность удаления примесей цветных металлов и в первую очередь ванадия.

Ключевые слова: алюминий, рафинирование, примеси, фильтр, зола.

Введение

В последние годы наметилась тенденция вовлечения в электролизное производство алюминия менее качественных источников сырья для производства анодов, что приводит к загрязнению металла примесями тяжелых цветных металлов (в частности ванадия) [1–3]. Как известно [3–5] ванадий при концентрации около 2 ppm снижает электропроводность алюминия в 2 раза.

В Казахстане для производства обожжённых анодов алюминиевых электролизеров частично используется местный кокс ТОО «УПНК-ПВ» (Павлодар, Республика Казахстан) с повышенным содержанием ванадия и других примесей.

В ряде работ [4–6] предложены способы рафинирования первичного алюминия от примесей ванадия, которые не нашли широкого промышленного применения.

В работе [7] авторами исследована технология рафинирования первичного алюминия от примесей ванадия борсодержащей лигатурой Al-B вне электролизной ванны. Исследования показали [7]:

- снижение содержания ванадия в среднем на 78 % в основной массе металла, при увеличении его содержания в нижней части ковша (объем до 5–10 % от емкости ковша);

- перевод значительного количества ванадия в интерметаллид;

- сложность в разделении интерметаллидов ванадия размером около 10 мкм и рафинированного алюминия в ковше традиционными методами (отстаивание в течение 4–7 часов не дало положительного результата).

Дальнейшие исследования посвящены удалению образующихся интерметаллидов из расплава за счет фильтрационного рафинирования.

Материалы и методы

При разработке способов фильтрационного рафинирования основными вопросами являются выбор метода рафинирования и материалов для изготовления фильтра.

Все методы фильтрационного рафинирования подразделяются [8–12]:

- 1 по месту применения: внеформенные, внутриформенные фильтры;

- 2 по механизму отделения неметаллических включений: сетчатый, на кеке, глубинный, адсорбционно-химический;

- 3 по форме применяемого каркаса фильтра: сетка, зерна, жидкие флюсы, пенокерамика, огнеупор с прямыми каналами;

- 4 по активности материала фильтра: нейтральные, активные;

- 5 по агрегатному состоянию: жидкие, твердые;

- 6 по совместному применению с другими способами рафинирования: фильтрация + вибрация, фильтрация + дегазация продувкой газами, фильтрация + обработка флюсами; фильтрация + электромагнитное воздействие.

Фильтрация имеет ряд особенностей [8–12]:

- рафинированию подвергается последовательно весь объем жидкого металла, а сам процесс может быть осуществлён непосредственно при разливке расплава из печи в ковш или литейную форму;

- сравнительная простота технологического процесса;

- легко вписывается в действующий на производстве технологический процесс.

Существует две принципиальные схемы процесса фильтрационного рафинирования металлов – это фильтрация через плоские и объёмные фильтры [11].

Конструктивно фильтры можно разделить на следующие типы [8–14]: пластинчатые канальные; пластинчатые ячеистые; сетчатые; воронкообразные; пенокерамические; насыпные зернистые (кусковые).

Анализ научно-технической информации показывает, что для удаления мелких включений необходимо применение объемных фильтров. Учитывая большой объем металла при электролизном производстве алюминия (до 8 тонн в каждом вакуум-ковше) наиболее эффективно с экономической точки зрения использовать насыпные зернистые фильтры.

Обзор литературы показал [8–14], что основными материалами фильтров, являются следующие:

1) на основе оксидов: корунд, глинозем, шамот, магнезит, алунит, окись циркония, базальт, конверторный шлак;

2) на основе графита: графитовый бой тиглей, текстурированные графитовые волокна;

3) на основе стекловолокна: сетки плетенные и спрессованные;

4) известняк;

5) на основе солей: флюсы твердые ($52,7\% \text{CaF}_2 + 47,3\% \text{NaF}$; $51,0\% \text{MgF}_2 + 49\% \text{NaF}$; $66\% \text{NaCl} + 34\% \text{NaF}$; $60\% \text{Na}_3\text{AlF}_6 + 40\% \text{NaF}$) и жидкие.

Отличительной особенностью зернистых фильтров является большая поверхность контакта с металлическим расплавом в процессе фильтрации и наличие длинных, тонких и извилистых межзеренных каналов переменного сечения [8–14]. Решающую роль в отделении крупных включений и плен в данном случае принадлежит механическим процессам, а в отделении тонкодисперсных включений – адгезионным, проходящим по всей глубине фильтра и называемым «глубинной» фильтрацией.

Эти процессы имеют место одновременно, но в зависимости от характера течения, отношения размера ячейки фильтра к размеру включения, природы материала фильтра, характеризующей взаимодействие его с расплавом и включениями, преобладающим можно считать лишь один из них.

Наиболее поздние работы ученых МИСиС в частности в трудах Ген Э. Б. был предложен реакционно-кристаллизационный механизм (РКМ), при котором расплав фильтруется от растворенной части примеси [15]. Термодинамической предпосылкой для этого является неравновесное состояние расплава по отношению к реакции образования фаз.

Схема РКМ включает в себя следующие стадии [15]:

– доставка удаляемой примеси к поверхности фильтра и связывающего его компонента (I);

– адсорбции их на поверхности фильтра (II) и химической реакции между ними;

– выделения неметаллической фазы, которая может накапливаться на поверхности либо удаляться путем впитывания в поры фильтра (III).

Разработана количественная модель для описания эффективности фильтрационного рафинирования жидких расплавов, учитывающая все

рафинирующие эффекты – сеточный, адгезионный и РКМ. Суммарный коэффициент осаждения равен [15]:

$$\eta = 1 - [(C_{k(p)} / C_{0(p)})(m / (1 + m))] - [(C_{k(xc)} / C_{0(xc)})(1 / (1 + m))] \quad (1)$$

где $m = C_{0(p)} / C_{0(xc)}$

$C_{0(p)}$ и $C_{0(xc)}$ – соответственно содержание растворенной и химически связанной частей удаляемой примеси в нефильтрованном расплаве, %;

$C_{k(p)}$ и $C_{k(xc)}$ – соответственно содержание растворенной и химически связанной частей удаляемой примеси в фильтрованном расплаве, %.

В работе был рассмотрен процесс фильтрационного рафинирования жидкого алюминия-сырца после флюсовой обработки борной кислотой (H_3BO_3). В процессе рафинирования образуются интерметаллиды VB2 размером около 10 мкм. Плотность диборида ванадия составляет 5,10 г/см³, что в 2 раза больше чем у алюминия (2,69 г/см³), при температурах близких к температуре плавления алюминия VB2 находится в твердом виде.

С учетом большого объема металла при электролизе алюминия в качестве фильтра был выбран насыпной объемный фильтр с гранулами размером 15 – 25 мм.

В качестве материала для изготовления зерен фильтра использовалась зола Экибастузского угля, состоящая в основном SiO_2 и Al_2O_3 (таблица 1 и 2).

Таблица 1 – Химический состав зол Экибастузских углей, %

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	CaO	MgO	SO ₃	п.п.п.	гигр. вода	CO ₂	≤ SiO ₂
46,7	25,2	6,58	0,66	1,28	7,66	3,1	1,26	3,41	0,57	3,96	26,7

Таблица 2 – Фазово-минералогический состав зол Экибастузских углей, мас. % (усредненный)

Стеклофаза	Аморфизованное глинистое вещество	Оксиды железа	Полевой шпат, кварц, пироксен	Корунд, муллит, кристобалит	Кальцит	Углистые частицы
30	25	9	10	7	8	11

Химический состав алюминия-сырца приведен в таблице 3. Химический состав алюминия-сырца определялся на оптико-эмиссионном спектрометре ДФС-500.

Таблица 3 – Химический состав первичного алюминия до рафинирования, %

Al	Si	Fe	Cu	Mn
96,1299	3,2557	0,4105	0,0071	0,0032
Mg	Ni	Cr	Ti	V
0,0239	0,0115	0,001	0,0323	0,0132

Выплавка и флюсовое рафинирования алюминия-сырца борной кислотой проводилось аналогично работе [7].

Фильтрационное рафинирование осуществлялось на экспериментальной установке (рисунок 1), которая состояла из фильтрующего блока 1, зёрен фильтра 2 и формы 3, в нижней части располагалось отверстие для истечения профильтрованного металла в ковш, которое закрывалось огнеупорной сеткой.

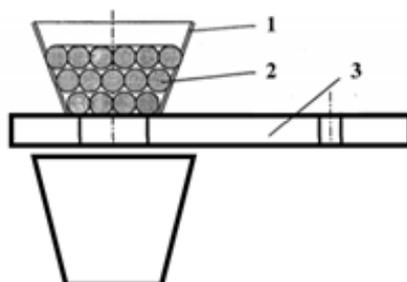


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

Полученные образцы (рисунок 2) анализировались на растровом электронном микроскопе фирмы JEOL с системой микроанализа INCA Energy.



Рисунок 2 – Образцы профильтрованного алюминия-сырца

Результаты и обсуждение

На рисунке 3 и в таблице 4 представлены результаты исследования алюминия после рафинирования борной кислотой H_3BO_3 , на рисунке 4 и таблице 5 после фильтрации через зернистый фильтр.

Таблица 4 – Характеристика химических элементов по результатам растровой электронной микроскопии образца алюминия-сырца после флюсового рафинирования, %

Спектр	В стат.	O	Al	Si
Спектр 1	Да	51,77	47,50	-
Спектр 2	Да	52,21	47,79	-
Спектр 3	Да	11,59	77,31	0,83
Макс.		52,21	77,31	0,83
Мин.		11,59	47,50	0,83
Спектр	V	Cr	Fe	Итог
Спектр 1	-	-	0,73	100,00
Спектр 2	-	-	-	100,00
Спектр 3	-	-	8,65	100,00

Макс.	-	-	8,65	
Мин.	-	-	0,73	

Рисунок 3 – Результаты растровой электронной микроскопии образца алюминия-сырца после флюсового рафинирования

Таблица 5 – Характеристика химических элементов по результатам растровой электронной микроскопии образца алюминия-сырца после фильтрационного рафинирования, %

Спектр	В стат.	O	Al	Si
Спектр 1	Да	35,45	49,41	11,70
Спектр 2	Да	48,96	25,13	6,51
Спектр 3	Да	7,33	23,59	69,08
Спектр 4	Да	6,27	91,18	1,74
Макс.		48,96	91,18	69,08
Мин.		6,27	23,59	1,74
Спектр	V	Ca	Fe	Итог
Спектр 1	-	3,44	-	100,00
Спектр 2	-	19,40	-	100,00
Спектр 3	-	-	-	100,00
Спектр 4	-	-	0,81	100,00
Макс.	-	19,40	0,81	
Мин.	-	3,44	0,81	

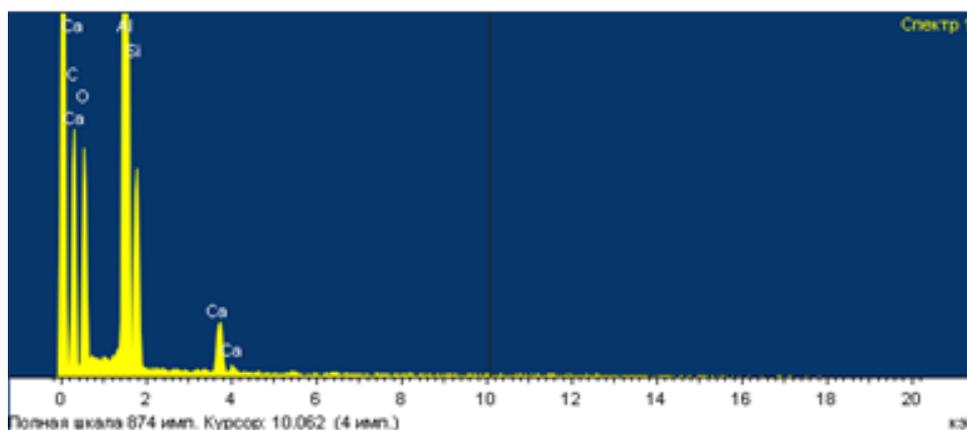
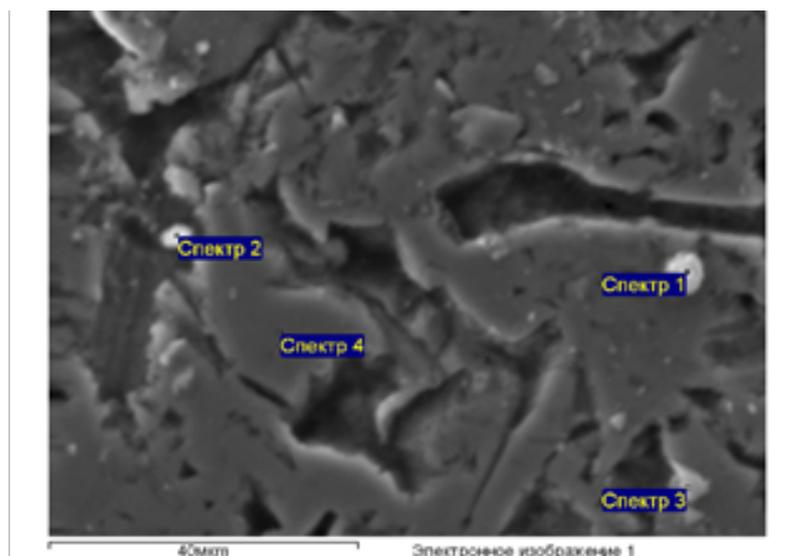


Рисунок 4 – Результаты растровой электронной микроскопии образца алюминия-сырца после фильтрационного рафинирования

Выводы

1 Экспериментальные исследования показали возможность использования золы Экибастузских углей для изготовления гранул насыпных фильтров для рафинирования алюминия-сырца.

2 Детальные исследования на растровом электронном микроскопе фирмы JEOL с системой микроанализа INCA Energy показали возможность удаления примесей цветных металлов и в первую очередь ванадия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Ибрагимов, А. Т.** Электрометаллургия алюминия. Казахстанский электролизный завод / А. Т. Ибрагимов, Р. В. Пак. – Павлодар : Дом печати, 2009. – 263 с.

2 **Gorlanov, E. S., Batrachenko, A. A., Smailov, B. S., Morozov, A. Y.** Role of Vanadium in Aluminum Electrolyzer Melts // *Metallurgist*. – Vol. 62(9–10). – (2019) 1048–1053.

3 **Gorlanov E. S., Batrachenko A. A., Smailov B. S., Skvortsov A. P.** Testing Baked Anodes with an Increased Vanadium Content // *Metallurgist*. – Vol. 62(1–2). – (2018) 62–69 p.

4 **Khaliq, A., Rhamdhani, M. A., Brooks, G. A., Grandfield, J. F.** Removal of Vanadium from Molten Aluminum-Part I. Analysis of VB₂ Formation, *Metallurgical and Materials Transactions B Volume 45*. – DOI <https://doi.org/10.1007/s11663-013-9974-x>. – 2014. – P. 752–768 p.

5 **Khaliq, A., Rhamdhani, M. A., Brooks, G. A., Grandfield, J. F.** Removal of Vanadium from Molten Aluminum-Part II. Kinetic Analysis and Mechanism of VB₂ Formation, *Metallurgical and Materials Transactions B*. – DOI: 10.1007/s11663-013-9975-9. – 2013. – 769–783 p.

6 **Khaliq, A., Rhamdhani, M. A., Brooks, G. A., Grandfield, J. F.** Removal of Vanadium from Molten Aluminum-Part III. Analysis of Industrial Boron Treatment Practice, // *Metallurgical and Materials Transactions B*. – DOI: 10.1007/s11663-013-9975-9. – 2013. – P 769–783 p.

7 **Быков, П. О., Куандыков, А. В., Жунусов, А. К.** Refining of Primary Aluminum from Vanadium // *Defect and Diffusion Forum*. – 2021. – 410DDF. – P. 405–410 p.

8 **Shipilov, S. E., Ten, E. B., Zholdubayeva, Z. D., Shipilova, S. S., Yurchenko E. V.** Refining of metal melts by filtration method // *Metalurgija*. – Vol. 58. – Issue 3–4. – 2019. – P. 303–306 p.

9 **Shayakhmetov, B. K., Kimanov, B. M., Ten, E. B., Zholdubayeva, Z. D., Issagulova, D. A.** Gravimetric and dilatometric research of elements action on three dimensional filter by thermal effects // *Metalurgija* // – 53(1). – 2014. – P. 44–66 p.

10 **Ten, E. B., Kimanov, B. M., Rakhuba, E. M.** Deposition of nonmetallic phases at filter surfaces // *Steel in Translation*. – 42(5). – 2012. – P. 411–414.

11 **Мухин, А. Г.** Повышение эффективности рафинирования силуминов при технологических переливах через зернистые фильтры : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.04 – Литейное производство. – Нижний Новгород : Нижегородский государственный технический университет, 2002. – 204 с.

12 **Bao, S.** Filtration of Aluminium-Experiments, Wetting and Modelling : Thesis for the degree of Philosophiae Doctor. – Trondheim : Norwegian University of Science and Technology, 2011. – 218 p.

13 **Суюндиков, М. М.** Физическая и математическая модели процесса фильтрования металла в литниковой системе, конструкция и расчет для чугунных отливок : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – М. : Московский автомеханический институт, 1989. – 197 с.

14 **Киманов, Б. М.** Разработка научных основ и технологии фильтрационного рафинирования черных и цветных металлов и сплавов : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. – Караганда : Химико-металлургический институт им. Ж Абишева, 2010. – 320 с.

15 **Тен, Э. Б.** Рафинирование металлических расплавов фильтрованием // Черная металлургия: Бюл. НТИ // Черметинформация. – 1991. – № 3. – С. 63–65.

REFERENCES

1 **Ibragimov, A. T.** E`lektrometallurgiya alyuminiya. Kazaxstanskij e`lektrolizny`j zavod [Aluminum electrometallurgy. Kazakhstan electrolysis plant] A. T. Ibragimov, R. V. Pak. – Pavlodar : House of the press, 2009. – 263 p.

2 **Gorlanov, E. S., Batrachenko, A. A., Smailov, B. S., Morozov, A. Y.** Role of Vanadium in Aluminum Electrolyzer Melts, // Metallurgist. – Vol. 62(9–10). – 2019. – P. 1048–1053.

3 **Gorlanov, E. S., Batrachenko, A. A., Smailov, B. S., Skvortsov, A. P.** Testing Baked Anodes with an Increased Vanadium Content // Metallurgist. – Vol. 62(1–2). – 2018. – P. 62–69.

4 **Khaliq, A., Rhamdhani, M. A., Brooks, G. A., Grandfield, J. F.** Removal of Vanadium from Molten Aluminum-Part I. Analysis of VB₂ Formation, Metallurgical and Materials Transactions B. – Volume 45 – DOI <https://doi.org/10.1007/s11663-013-9974-x>. – 2014. – P. 752–768.

5 **Khaliq, A., Rhamdhani, M. A., Brooks, G. A., Grandfield, J. F.** Removal of Vanadium from Molten Aluminum-Part II. Kinetic Analysis and Mechanism of VB₂ Formation, Metallurgical and Materials Transactions B. – DOI: 10.1007/s11663-013-9975-9. – 2013. – P. 769–783.

6 **Khaliq, A., Rhamdhani, M. A., Brooks, G. A., Grandfield, J. F.** Removal of Vanadium from Molten Aluminum-Part III. Analysis of Industrial Boron Treatment Practice, Metallurgical and Materials Transactions B. – DOI: 10.1007/s11663-013-9975-9. – 2013. – P. 769–783.

7 **Bykov, P. O., Kuandykov, A. B., Zhunusov, A. K.** Refining of Primary Aluminum from Vanadium // Defect and Diffusion Forum. – 2021. – 410DDF. – P. 405–410.

8 **Shipilov, S. E., Ten, E. B., Zholdubayeva, Z. D., Shipilova, S. S., Yurchenko E. V.** Refining of metal melts by filtration method // Metalurgija. – Volume 58, – Issue 3–4. – 2019. – P. 303–306.

9 **Shayakhmetov, B. K., Kimanov, B. M., Ten, E. B., Zholdubayeva, Z. D., Issagulova, D. A.** Gravimetric and dilatometric research of elements action on three dimensional filter by thermal effects // Metalurgija. – 53(1). – 2014. – P. 44–66.

10 **Ten, E. B., Kimanov, B. M., Rakhuba, E. M.** Deposition of nonmetallic phases at filter surfaces // Steel in Translation. – 42(5). – 2012. – P. 411–414.

11 **Muhin, A. G.** Povyshenie effektivnosti rafinirovaniya siluminov pri tehnologicheskikh perelivah cherez zernistye filtry : dissertacia na soiskanie uchenoi

stepeni kandidata tehniceskikh nauk po specialnosti 05.16.04 – Liteinoe proizvodstvo. [Increase of efficiency of silumin refining at technological overflow through granular filters : thesis for the degree of candidate of technical sciences on specialty 05.16.04 – Foundry engineering]. – Nizhniy Novgorod : Nizhniy Novgorod State Technical University, 2002. – 204 p.

12 **Bao, S.** Filtration of Aluminium-Experiments, Wetting and Modelling : Thesis for the degree of Philosophiae Doctor. – Trondheim : Norwegian University of Science and Technology, 2011. – 218 p.

13 **Suyundikov, M. M.** Fizicheskaya i matematicheskaya modeli processa filtrovaniya metalla v litnikovoi systeme, konstrukcia i raschet dlya chugunnykh otlivok : dissertacia na soiskanie uchenoi stepeni kandidata tehniceskikh nauk [Physical and mathematical models of the metal filtering process in the gating system, design and calculation for iron castings : PhD thesis]. – Moscow : Moscow Automechanical Institute., 1989. – 197 p.

14 **Kimantov, B. M.** Razrabotka nauchnykh osnov i tehnologii filtracionnogo rafinirovaniya chernykh i cvetnykh metallov i splavov : dissertacia na soiskanie uchenoi stepeni doktora tehniceskikh nauk [Development of scientific bases and technology of filtration refining of ferrous and non-ferrous metals and alloys : thesis for the degree of Doctor of Technical Sciences] – Karaganda : Chemical and Metallurgical Institute. Zh Abishev, 2010. – 320 p.

15 **Ten, E. B.** Rafinirivanie metallicheskih rasplavov filtrovaniem [Refining of metallic melts by filtration] // Ferrous Metallurgy : Bulletin. STI / Chermetininform, 1991. – № 3. – P. 63–65.

Material received on 21.11.22.

*А. Б. Қуандықов¹, А. Г. Бакиров², А. К. Жунусов³, *П. О. Быков⁴.*

^{1,2,3,4}Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал баспаға түсті 21.11.22.

БАСТАПҚЫ АЛЮМИНИЙДІ ТАЗАРТУҒА АРНАЛҒАН ЕКІБАСТҰЗ КӨМІРІНІҢ КҮЛІНЕН ЖАСАЛҒАН ТҮЙІРШІКТІ СҮЗГІЛЕР

Соңғы жылдары электролиз өндірісіне анодтарды өндіру үшін шикізаттың сапасыз көздерін тарту үрдісі байқалды, бұл металдың ауыр түсті металдардың (атап айтқанда ванадийдің) қоспаларымен ластануына әкеледі.

Зерттеулер фильтрациялық тазарту арқылы балқымадан шикі алюминийді бор қышқылы (H_3BO_3) негізіндегі агынмен өңдеу кезінде пайда болатын металлідтерді жоюға бағытталған.

Сүзгіден тазарту әдістерін әзірлеу кезінде негізгі мәселелер сүзгі жасау үшін тазарту әдісі мен материалдарын таңдау болып табылады.

Алюминийдің электролиз өндірісінде металдың үлкен көлемін ескере отырып, ұсақ қоспаларды кетіру үшін (әр вакуумдық шелекте 8 тоннаға дейін) экономикалық тұрғыдан сусымалы түйіршікті сүзгілерді қолдану тиімді.

Сүзгі дәндерін жасау үшін материал ретінде негізінен SiO_2 және Al_2O_3 тұратын Екібастұз көмірінің күлі пайдаланылды.

Алынған алюминий үлгілері Inca energy микроанализ жүйесі бар JEOL фирмасының растрлық электронды микроскопында талданды.

Эксперименттік зерттеулер шикізат алюминийін тазартуға арналған сусымалы сүзгілердің түйіршіктерін жасау үшін Екібастұз көмірінің күлін пайдалану мүмкіндігін көрсетті.

Inca energy микроанализ жүйесі бар JEOL фирмасының растрлық электронды микроскопындағы егжей тегжейлі зерттеулер түсті металдар мен ең алдымен ванадий қоспаларын кетіру мүмкіндігін көрсетті.

Кілтті сөздер: алюминий, тазарту, қоспалар, сүзгі, күл.

A. B. Kuandykov¹, A. G. Bakirov², A. K. Zhunusov³, *P. O. Bykov⁴.

^{1,2,3,4}Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

Material received on 21.11.22.

GRANULAR FILTERS FROM EKIBASTUZ COAL ASH FOR REFINING PRIMARY ALUMINUM

In recent years, there has been a tendency to involve less qualitative sources of raw materials for the production of anodes in the electrolysis production of aluminum, which leads to contamination of the metal with impurities of heavy non-ferrous metals (in particular vanadium).

The research is devoted to the removal of intermetallides formed during the processing of raw aluminum with boric acid-based flux (H_3BO_3) from the melt due to filtration refining.

When developing filtration refining methods, the main issues are the choice of the refining method and materials for the manufacture of the filter.

To remove small inclusions, taking into account the large volume of metal in the electrolysis production of aluminum (up to 8 tons in each vacuum bucket), it is most economically efficient to use bulk granular filters.

The ash of Ekibastuz coal, consisting mainly of SiO_2 and Al_2O_3 , was used as a material for the manufacture of filter grains.

The obtained aluminum samples were analyzed on a JEOL scanning electron microscope with INCA Energy microanalysis system.

Experimental studies have shown the possibility of using the ash of Ekibastuz coals for the manufacture of bulk filter granules for refining raw aluminum.

Detailed studies on a JEOL scanning electron microscope with the INCA Energy microanalysis system have shown the possibility of removing impurities of non-ferrous metals and, first of all, vanadium.

Keywords: aluminum, refining, impurities, filter, ash.

Теруге 24.11.22 ж. жіберілді. Басуға 27.12.22 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

66,9 Mb RAM

Шартты баспа табағы 93,80 Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: Е. Е. Калихан

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс № 4009

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

nitk.tou.edu.kz