DOI: 10.17117/na.2017.01.03.053

<http://ucom.ru/doc/na.2017.01.03.053.pdf>

Поступила (Received): 31.01.2017

Дьяков В.Е.
Рафинирование алюминиевых сплавов
центробежной фильтрацией

Dyakov V.E.
Refining of aluminum alloys by centrifugal filtration

Приведенный обзор предложений применения центробежной фильтрации для регенерации алюминия из технологических продуктов выявил необходимость дополнительных исследований. Исследования проведены на лабораторной центрифуге с погружаемым фильтром. Испытания проведены на промышленной центрифуге применяемой для рафинирования олова. Исследование кинетики очистки расплава алюминия от железа центробежной фильтрацией погружаемым фильтром показана перспективность переработки промпродуктов, с высоким содержанием железа на сплав силумина. Показано, что со снижением содержания железа в расплаве повышаются удельные потери алюминия на единицу удаляемого железа Al/Fe. Фильтрация силумина из железистых исходных компонентов позволяет получать силумин с содержанием 0,6% железа с выходом 90,9% марочного продукта

Ключевые слова: центробежная фильтрация, кинетика фильтрации, силумин, железистый алюминий

An overview of the proposals of the use of centrifugal filtration for the regeneration of the aluminum technology products identified the need for additional research. Investigations were carried out on a laboratory centrifuge with a submersible filter. The tests conducted on the industrial centrifuge used for refining tin. The study of the kinetics of purification of the melt of aluminium from iron centrifugal submersible filtration filter shown to be promising for processing industrial products, with a high iron content in the alloy of silumin. It is shown that with decrease of iron content in the melt increased specific losses of aluminum removed per unit iron Al/Fe. Filtering of silumin ferrous initial components allows to obtain the silumin with the content of 0,6% iron with a yield of 90.9% of branded product

Key words: centrifugal filtration, filtration kinetics, ferrous aluminum, silumin

Дьяков Виталий Евгеньевич

Кандидат технических наук, консультант
Центральный научно-исследовательский
институт олова
г. Новосибирск, ул. Аникина, 6

Dyakov Vitali Evgenievich

Candidate of Technical Sciences, Expert device
Central research institute of the tin
Novosibirsk, Anikina st., 6

В металлургии для рафинирования олова от железа применяется аппарат центробежной фильтрации расплавленного металла от твердых примесей. Аппарат [1,2] содержит плавильный котел, ротор с фильтром, образованный двумя конусообразными тарелями, погружаемый в котел с расплавом для сбора твердых кристаллов примесей.

Известен способ центробежной фильтрации отходов алюминиевого сплава силумина с помощью указанного аппарата. Способ переработки остатков

[3] при производстве силумина, осуществляют нагреванием до 710-750°C, перемешиванием массы и фильтрации посредством центрифуги при одновременном охлаждении до 580-585°C. При исходном содержании Fe-3,9%; Mn-4,1% после фильтрации получают 0,69%Fe, 0,3%Mn с выходом годного продукта 56%. Центробежная фильтрация отходов подобна способу получения силумина [4], который включает разбавление электротермического алюмо-кремниевого сплава до содержания кремния на 13-15% больше содержания железа, фильтруют при снижении температуры от 650-700 до 610-620°C и после введения марганца фильтруют при температуре 580-610°C.

Упоминается применение центробежной фильтрации для регенерации алюминиевого сплава из анодных осадков с электролизеров рафинирования [5]. Способ переработки анодных осадков электролитического рафинирования алюминия включает нагрев анодных осадков до 760-825°C, отделением твердой фазы с непрерывным охлаждением до температуры 670-680°C при разделяющем центробежном факторе 50-200g. Для повышения очистки перед центробежной фильтрацией авторы предлагают [6] анодные осадки сплавлять с кремний содержащим материалом при соотношении анодных осадков и кремния от 9:1 до 9:2,5 и охлаждать расплав до 550-570°C. После этого жидкую фазу возвращают в электролизер.

По другому варианту [7] в анодные осадки с содержанием 28-33% меди, 10-11% железа, 4% кремния вводят алюминий в соотношении (1:0,75-3), нагревают до 680-730°C и отделяют центрифугой твердую фазу при температуре 625-640°C. Получают жидкую фазу для возврата в электролизер с повышением извлечения меди на 20%. В последующем авторы предлагают упреждать полную разгрузку ванны и [8] при достижении в анодном сплаве концентрации железа 4-8% и кремния 3-5% извлекать 0,1-0,3 массовой части анодного сплава для очистки. После фильтрации от железа жидкую фазу возвращают в электролизер.

С целью повышения производительности центрифуги и качества очистки алюминия предлагалась [9] центрифуга, в которой фильтр в виде барабана выполнен расширяющимся книзу, причем угол между образующей внутренней поверхности барабана и горизонтом меньше угла естественного откоса отфильтрованных примесей. На внутренней поверхности колец выполнены фильтрующие канавки, заполненные фильтрующим материалом.

Приведенный обзор предложений возможного применения центробежной фильтрации для регенерации алюминия и сплавов из технологических продуктов показал необходимость дополнительных исследований. В настоящей работе показаны результаты исследований кинетики высокотемпературной центробежной фильтрации алюминия и силумина.

Методика опытов

Лабораторные опыты по фильтрации сплавов проводили на лабораторной центрифуге с погружаемым фильтром описанной в работе [10]. Фильтр в виде двух конических тарелок диаметром 130мм, обращенных друг к другу основаниями с зазором 0,1-0,2мм для фильтрующей щели и с образованием полости для накопления осадка. Фильтр погружался в металл, расплавленный в

котле емкостью 10л. Двигателем постоянного тока фильтр приводился во вращение в расплаве со скоростью 300 об\мин. Периодически фильтр с кристаллами осадка поднимали над поверхностью расплава и увеличили скорость его вращения до 1500об\мин на 20-30 сек. При этом происходила очистка осадка от жидкого металла и останавливали вращение фильтра. Верхнюю тарель освобождали и удаляли из полости фильтра осадок для взвешивания и анализа. При необходимости периодически отбирались пробы металла брызг из фильтра и металла из ванны котла.

Пробы анализировались на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно связанной плазмой IRIS Intrepid компании INTERTECH Corporation.

Полупромышленные испытания проводились на центрифуге ПАВФС 650, описанной в работе [11].

Результаты опытов и обсуждение

Предварительными лабораторными опытами определена оптимальная длительность наполнения фильтра осадком твердыми примесями. Оптимальная длительность наполнения фильтра принята 0,5-2 мин и зависит от концентрации твердых кристаллов в расплаве.

По описанной методике исследована кинетика удаления железа из железистого алюминия со снижением температуры расплава таблице 1.

Таблица 1. Кинетика фильтрации железистого алюминия

Загружено	N	Вес, кг	Fe %	Степень очистки, %
Алюминий железистый		20	5,35	
Получено				
Фильтр остатки при 720°C	1	0,39	24,2	8,8
	2	0,32	22,4	15,5
	3	0,15	20,2	18,3
Фильтр остатки при 710°C	4	0,62	26,5	33,7
	5	0,45	21,6	42,7
	6	0,15	19,8	45,5
Фильтр остатки при 700°C	7	0,49	26,3	57,5
	8	0,31	21,7	63,8
	9	0,13	21,0	66,3
Фильтр остатки при 680°C	10	0,40	23,4	75,2
	11	0,25	20,8	80,0
	12	0,17	18,4	82,9
	13	0,08	14,0	84,0
итого фильтр остатков		3,91		84,0
Алюминий отфильтрованный		16,74	0,9	

Некондиционный железистый алюминий отафрирован от железа с 5,35%Fe до содержания 0,9% с выходом готового продукта 80,4%. Фильтростатки, содержащие 14-26% железа, получают в виде сыпучей зернистой структуры, пригодной для дозировки в легировании сплавов. Выход алюминия с фильтростатками составили 81,2%.

Рис. 1. Кинетика фильтрации алюминия от железа

На кинетической кривой (рис 1) видны перегибы. В течение фильтрации при каждой температуре степень очистки снижается, а при понижении температуры снова возрастает. Значительный объем отходов образуется в виде сплава силумина. Поэтому представляет интерес использовать фильтрацию при получении сплава силумина из некондиционных по железу компонентов. В таблице 2 приведены исследования кинетики очистки расплав силумина от железа.

При снижении температуры расплава наполнение фильтра осадком и содержание железа в осадке увеличивается и постепенно снижается. Центробежная фильтрация из не кондиционного силумина с содержанием 2,19% железа позволяет получить 76,9% товарного силумина с содержанием 0,53% железа.

Таблица 2. Кинетика очистки расплава отходов силумина от железа фильтрацией.

Операция продукт	Длительность фильтрации, мин	вес, кг	содержание, %			степень, % удаления Fe	% потерь		Al/Fe
			Fe%	Si%	Al		Si	Al	
некондиционный силумин		15,06	2,19	11,8	85				
осадок при 640 °C	6	0,59	7,95	11,0	80	14,2	3,7	3,7	10,1
	10	0,47	6,58	11,0	81,4	23,6	6,6	6,7	12,4
	12	0,31	5,68	12,1	81,3	28,9	8,7	8,6	14,3
осадок при 620 °C	18	0,98	8,0	11,6	79,4	52,7	15,1	14,7	9,9
	24	0,88	5,26	10,2	83,5	66,7	20,1	20,5	15,8
	26	0,26	3,49	10,4	85,1	69,5	21,7	22,2	24,4
осадок при 590 °C	30	0,49	5,18	9,2	84,6	77,2	24,2	25,4	16,3
	34	0,39	2,32	8,9	87,8	79,9	26,2	28,1	37,8
	36	0,15	1,13	9,0	88,9	80,4	26,9	29,1	78,6
Силумин продукт		11,58	0,53	11,5	87,2

Рис. 2. Кинетика фильтрации силумина от железа и удельных потерь алюминия

С увеличением длительности фильтрации (Рис 2) удельные потери алюминия (2) на единицу удаленного железа Al/Fe вначале незначительные, но затем резко возрастают. Изгибы на кривой характеризуют переход на снижение температуры фильтрации. Как показывает рис 3 со снижением содержания Fe<0,7% в расплаве увеличиваются удельные потери алюминия в фильтр остатки.

Рис. 3. Зависимость удельных потерь алюминия от содержания железа

С целью оценки возможности переработки некондиционных силумина и алюминия проведены испытания в стальном котле емкостью 2,5м³ диаметром 2,1м с нагревателем 250квт. Внутренняя поверхность котла, мешалка, тарелы и вал центрифуги покрывались графитовой мастикой на жидком стекле. Перемешивание осуществлялось четырехлопастной мешалкой с приводом через редуктор. Фильтрация проводилась промышленной [11] центрифугой ПАВФС. Результаты приведены в таблице 3.

Таблица 3. Баланс испытаний регенерации силумина, приготовленного из некондиционных промпродуктов

Операция	Вес, т	содержание, %				извлечение, %		
		Si	Fe	Al	Mn	Si	Fe	Al
Загружено								
Силумин некондиция	4200	13,9	1,2	84,2	0,67			
Алюминий некондиция	1300	0,5	3,5	95,6	0,4			
расплав исходный	5500	10,7	1,74		0,6		100	
Получено								
Фильтр остатки-1	300	3,4	15,1	75,8	5,7	1,7	47,2	4,8
Фильтр остатки-2	200	6	10,3	78,4	5,3	2,0	21,5	3,3
Силумин продукт	5000	11,5	0,6	87,8	0,15	96,3	31,3	91,9

Полученный фильтрат с содержанием 0,6% железа удовлетворял требованиям ГОСТ 1521-68 на силумин марки Сил-2. Выход годного продукта 90,9%.

Выводы: Исследование кинетики очистки расплава от железа центробежной фильтрацией погружаемым фильтром показана перспективность переработки промпродуктов, не кондиционных по содержанию железа, на сплав силумина. Показано, что со снижением содержания железа в расплаве повышаются удельные потери алюминия на единицу удаляемого железа Al/Fe. Фильтрация силумина из высокожелезистых исходных компонентов позволяет получать марочный силумин с 91,9% извлечением алюминия.

Автор выражает признательность коллегам Сутуруину С.Н., Арнольд А.А. оказавшим помощь в организации испытаний.

Список используемых источников:

1. Авт св СССР №923197- Сутурин С.Н., Семенов А.Е., Бауэр Е.Т., Дьяков В.Е., Корюков Ю.С.; Аппарат центробежной фильтрации расплава от твердых примесей; опуб 10.12.1996; Бу№34-96-с251.
2. Pat DE 2206475\| <https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=2206475A1&KC> Dolgov A.V., Dyakov V.E., Suturin S.N., Bauer E.T., Deev S.L., Semenov A.E., Perkis L.V., Konovalov L.V. Verfahren und Vorrichtung zum Raffinieren einer Schmelze von festen Beimengungen, 1974.
3. Авт св СССР №1356475; Арнольд А.А., Гульдин И.Т., Захаров А.М., Долгов А.В., Маценко Ю.А., Дугельный А.П., Дьяков В.Е., Сутурин С.Н., Карпов Б.И., Кисилев В.П., Петров С.А., Бастрыга И.М., Крыса Э.С., Семенов А.Е., Кирс Б.Г.; Способ переработки фильтростатков силумина; опуб. БИН№35-12. 598 с.
4. Авт св СССР №820225; Сутурин С.Н., Дьяков В.Е., Долгов А.В., Кисилев В.П., Карпов Б.И., Яковенко В.А., Якименко О.Н., Зарак В.А. Способ получения силумина. Опуб. 10.11.11. №31-11-1125.
5. Авт св СССР №1259694-Арнольд А.А., Гульдин И.Т., Захаров А.М., Чернова Е.П., Сутурин С.Н., Долгов А.В., Дьяков В.Е., Дугельный А.П., Заливной В.И., Крюковский В.А., Куликов Ю.В., Петухов М.П., Захаров В.М., Способ переработки анодных осадков электролитического рафинирования алюминия. Опуб.23.05.88.Бу19-88-270.
6. Авт св СССР №1271096- Арнольд А.А., Гульдин И.Т., Захаров А.Н.,Чернова Е.Т., Долгов А.В., Сутурин С.Н., Дугельный А.П., Дьяков В.Е., Заливной В.Н., Громов Б.С., Борисов И.В.; Способ переработки анодных осадков электролитического рафинирования алюминия. Опуб 23.05.88. БИ19-88-с270.
7. Авт св СССР №1391138 Арнольд А.А., Гульдин И.Т., Захаров А.М., Беляев А.А., Долгов А.В., Сутурин С.Н., Дьяков В.Е., Дугельный А.П., МаценкоЮ.А., Заливной В.И., Мурашкин А.И., Крюковский В.А., Борисов И.В., Колпаков Ю.И., Куликов Ю.В.; Способ переработки анодных осадков электролитического рафинирования алюминия; Опуб 30.07.89-Бу28-89-с271.

8. Авт св СССР №1431380- Арнольд А.А., Гульдин И.Т., Захаров А.М., Беляев А.А., Долгов А.В., Семенов А.Е. Дьяков В.Е., Дугельный А.П., Сутурин С.Н., Заливной В.И., Крюковский В.А., Мурашкин А.И., Борисов И.В. Куликов Ю.В., Колпаков Ю.И- Способ электролизного рафинирования алюминия. Оуб-10.11.11. №31-11-с1127.
9. Авт св СССР №912763- Якименко О.Н, Яковенко В.А., Зарак В.А., Сутурин С.Н., Дьяков В.Е., Долгов А.В. Центрифуга для очистки алюминия и сплава; Оуб 15.03.83; Бу№10-82-с121;
10. Долгов А.В., Сутурин С.Н., Дьяков В.Е. Центробежное рафинирование свинца от меди \ \ Цветные металлы-1978 № 6. С. 3-5.
11. Долгов А.В., Дьяков В.Е., Яросл Бурда, К.Вурм- Промышленные испытания центробежной фильтрации свинца на предприятии Ковогута (Чехия) \ \ Цветные металла 1990, №11. С. 41-44.

© 2017, Дьяков В.Е.

Рафинирование алюминиевых сплавов
центробежной фильтрацией

© 2017, Dyakov V.E.

Refining of aluminum alloys by centrifugal filtration