



Application of the method of mathematical planning of experiments enabled to receive dependences of mechanical characteristics of alloy AK9 in cast state, grade of porosity by the scale VIAM and quantity of escaping dust at flux processing on composition of fining flux metal. The composition of fining flux metal, providing minimum dust discharge and way of assessment of degree of discharge harmfulness by the amount of ecological tax is offered.

Г. А. РУМЯНЦЕВА, Б. М. НЕМЕНЕНОК, С. П. ЗАДРУЦКИЙ, А. П. БЕЖОК, О. Е. КОЗЛОВА, БНТУ

УДК 621.74

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАФИНИРУЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ СИЛУМИНОВ

Промышленные газовые выбросы в атмосферу являются предметом пристального внимания экологических служб, следящих за чистотой воздушного бассейна в местах сосредоточения предприятий, в городах и за их пределами, в населенных пунктах, находящихся в промышленных зонах. Несмотря на то что по степени опасности выбросы литейных цехов значительно уступают транспортным выбросам большинства городов или выбросам предприятий химической промышленности, за их образованием и распространением ведется тщательное наблюдение. Количество выбросов газовых соединений, которые могут причинить вред здоровью людей, негативно повлиять на окружающую природную среду, нанести ущерб средствам производства, жилым зданиям или продуктам сельского хозяйства, постоянно контролируется. На промышленных предприятиях Республики Беларусь для учета выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух используются результаты инвентаризации источников выбросов и данных журналов учетной документации в области охраны окружающей среды. При этом суммарные за длительный период времени выбросы обычно определяются по результатам кратковременных (разовых) измерений концентрации загрязняющих веществ и скорости газов в вытяжной вентиляции и дымовой трубе. Однако экстраполяция результатов разовых измерений не может обеспечить достаточную точность определения валовых выбросов, которая достигается при непрерывных стационарных измерениях [1].

К сожалению, при составлении экологических паспортов на предприятиях не всегда учитываются все компоненты выбросов, что связано с трудностью их определения и отсутствием соответствующего оборудования, а также информации о составе используемых материалов, особенно им-

портного производства. Это особенно актуально для оборудования, которое работает по сложному переменному графику, например, плавильные печи, когда объемы выбросов в атмосферу в различные периоды плавки могут различаться на порядок. Кроме цикличности и нестационарности режима, на колебания количества выбросов влияют характеристики топлива, сырья, используемых материалов, разные режимы нагрузки технологического оборудования и др., поэтому учет выбросов по разовым измерениям не может быть достаточно достоверным, а автоматизированные системы контроля и учета выбросов в атмосферу для многих предприятий не доступны по ценовому фактору.

Анализ объемов и составов пылегазовых выбросов, образующихся при плавке и рафинировании алюминиевых сплавов в различных плавильных агрегатах, показал, что основную экологическую опасность представляют процессы плавки неподготовленного возврата и рафинирующей обработки. По данным авторов работы [2], 1 кг масла, содержащегося в шихте, при нормальных условиях в результате реакции с кислородом дает почти 11 м³ отходящего газа, который увеличивается в объеме из-за температуры реакции практически до 50 м³, что может превышать возможности системы очистки отходящих газов.

В большинстве случаев для рафинирования используют флюсы системы NaCl-KCl-Na₃AlF₆, что и объясняет присутствие в отходящих газах значительного количества хлоридов и фторидов, относящихся ко второму классу опасности. Из анализа патентной литературы следует, что в составе рафинирующих флюсов также используются карбонаты, оксиды, сульфаты и другие соединения щелочных и щелочноземельных металлов. Поэтому ряд экологических проблем, возникающих при плавке и рафинировании, можно успешно решить

за счет предварительной подготовки возврата к плавке и использования флюсов с меньшим содержанием хлоридов и фторидов.

Для выбора оптимального содержания карбонатов в рафинирующем флюсе использовали метод математического планирования экспериментов. В качестве независимых переменных были выбраны содержание Na_3AlF_6 (X_1), Na_2CO_3 (X_2) и доломита (X_3). Зависимыми переменными являлись: предел прочности при растяжении в литом состоянии (Y_1), относительное удлинение (Y_2), балл пористости по шкале ВИАМ (Y_3), объем выделяющейся пыли при флюсовой обработке (Y_4). Основу рафинирующего флюса составляли хлориды натрия и калия. Для снижения стоимости флюса в качестве хлорида натрия использовали галит – побочный продукт, образующийся при производстве калийных удобрений. Содержание Na_3AlF_6 варьировали в интервале 10–20%, а Na_2CO_3 и доломита – от 5 до 15%. Для построения математических моделей был реализован линейный план полного факторного эксперимента 2^3 . Результаты исследований приведены в табл. 1. Исследования проводили на сплаве АК9. Плавку вели в печи сопротивления с емкостью тигля 80 кг. Исследуемые составы флюсов в количестве 1% от массы расплава наносили на зеркало металла, выдерживали 5 мин и после расплавления флюса его замешивали в расплав. Спустя 10 мин с поверхности металла снимали шлак и при 720 °С заливали в кокиль образцы для определения механических свойств и пробы для оценки пористости. Пробы выбросов

пыли отбирали на горизонтальном участке вытяжной вентиляции в течение 2 мин после нанесения флюса на расплав. После обработки результатов исследований, проверки статистической значимости коэффициентов регрессии и адекватности математических моделей были получены следующие зависимости:

$$Y_1 = 204,625 + 18,375x_2 + 4,625x_3,$$

$$Y_2 = 7,8 + 0,65x_2,$$

$$Y_3 = 2,175 - 0,475x_1 - 0,125x_2,$$

$$Y_4 = 4,592 + 0,209x_1 + 0,304x_2 + 0,196x_3 - 0,046x_1x_2 +$$

$$0,148x_1x_3 - 0,048x_2x_3 - 0,099x_1x_2x_3.$$

Используя полученные математические модели, проводили минимизацию уравнения по выбросам пыли при заданных ограничениях балла пористости по шкале ВИАМ ($Y_3 \leq 2$), предела прочности при растяжении ($Y_1 \geq 200$ МПа), относительного удлинения ($Y_2 \geq 7\%$). Данные ограничения при минимальных выбросах пыли 4,4 г реализуются для флюса, содержащего 17% Na_3AlF_6 , 10% Na_2CO_3 , 5% доломита, 13% KCl, 55% NaCl. Для оценки пылегазовых выбросов, образующихся при обработке расплава, были проведены исследования в условиях литейного участка на печах сопротивления, емкостью 100 кг при плавке сплава АК5М2. Сравнивали выделения пыли, после флюсовой обработки оптимизированным составом и стандартным рафинирующим флюсом 30% NaCl, 47% KCl,

Таблица 1. Матрица планирования 2^3 и результаты опытов

Номер опыта	Кодовый масштаб			Натуральный масштаб			Результаты опытов											
	x_1	x_2	x_3	содержание Na_3AlF_6 , % X_1	содержание Na_2CO_3 , % X_2	содержание доломита, % X_3	σ_w , МПа			δ , %			балл пористости			выброс пыли, г		
							Y_1			Y_2			Y_3			Y_4		
							Обр. 1	Обр. 2	Обр. 3	Обр. 1	Обр. 2	Обр. 3	Обр. 1	Обр. 2	Обр. 3	Обр. 1	Обр. 2	Обр. 3
1	+	+	+	20	15	15	220	230	228	8,4	8,4	9,0	1,6	1,5	1,7	5,254	5,27	5,244
2	-	+	+	10	15	15	230	230	218	8,3	8,6	8,6	2,4	2,6	2,2	4,834	4,814	4,848
3	+	-	+	20	5	15	187	196	202	7,0	7,2	7,4	1,7	1,8	1,9	5,032	5,060	5,004
4	-	-	+	10	5	15	193	185	192	7,4	7,0	7,2	2,7	2,8	2,9	4,016	4,048	4,028
5	+	+	-	20	15	5	226	206	228	8,2	8,6	8,4	1,6	1,5	1,7	4,870	4,825	4,890
6	-	+	-	10	15	5	219	215	226	8,0	8,2	8,7	2,6	2,5	2,7	4,632	4,612	4,658
7	+	-	-	20	5	5	173	177	190	7,4	7,0	7,2	1,8	1,7	1,9	4,018	4,050	4,088
8	-	-	-	10	5	5	177	175	188	6,8	6,8	7,4	2,9	2,8	2,7	4,018	4,066	4,024

Таблица 2. Пылегазовые выбросы при флюсовой обработке сплава АК5М2

Рафинирующий флюс	Средняя концентрация пыли, г/м ³	Удельный выброс пыли, кг/т	В том числе		
			хлориды, кг/т	фториды, кг/т	СО, кг/т
Стандартный	2,053	2,584	0,17	0,09	–
Оптимизированный	0,613	0,771	0,096	0,048	0,32

23% Na_3AlF_6 в количестве 1% от массы расплава. Результаты замеров приведены в табл. 2.

Учитывая, что образующиеся выбросы отличаются по составу и объему, при оценке их степени вредности рассчитывали сумму экологического налога для предприятия при выплавке 1000 т сплава. Поскольку большинство предприятий по производству алюминиевого литья оборудованы только циклонами, то образующиеся газы полностью выбрасываются в окружающую среду, а очистка от пыли не превышает 90 %.

Можно также воспользоваться и показателем условной токсичности, когда выбросы различных веществ пересчитываются на один газ с использованием интегрального показателя, учитывающего состав газов и предельно допустимые концентрации каждого из его составляющих.

Согласно налоговому кодексу Республики Беларусь, хлориды и фториды относятся к веществам II класса опасности и для них ставка налога составляет 1 635 215 руб./т, выделяющаяся пыль относится к III классу опасности (540 580 руб./т) и CO – к IV классу опасности (268 610 руб./т). В случае использования стандартного рафинирующего флюса экологический налог составит 564 842 руб./т против 363 105 руб./т для оптимизированного состава, что в 1,55 раза выше.

Таким образом, зная максимальное количество выбросов того или иного вредного вещества, размеры платежей, основанных на определении наносимого вреда окружающей среде, стоимость рафинирующих препаратов, можно выявить оптимальные для производства инвестиции [3], которые необходимо направить на совершенствование технологического процесса или строительство очистных сооружений.

Выводы

В результате проведенных исследований получены зависимости механических свойств сплава АК9 в литом состоянии, балла пористости по шкале ВИАМ и количества выделяющейся пыли при флюсовой обработке от состава рафинирующего флюса; разработан состав рафинирующего флюса, содержащего Na_2CO_3 и доломит, который обеспечивает минимальный выброс пыли и обеспечивает II балл пористости по шкале ВИАМ при $\sigma_b \geq 200$ МПа и $\delta \geq 7$ %; предложен способ оценки степени вредности пылегазовых выбросов, образующихся при флюсовой обработке, по величине экологического налога; показано, что использование оптимизированного состава карбонатного флюса обеспечивает снижение экологического налога для предприятия в 1,55 раза по сравнению с применением стандартного рафинирующего флюса.

Литература

1. Автоматизированная система контроля и учета выбросов в атмосферу / А. И. Панковец и др. // Сталь. 2010. № 6. С. 104–106.
2. Рециклинг алюминия: Справ. руковод. / К. Шмитц, Й. Домагала, П. Хааг. М.: «Алюсил МВит», 2008.
3. Д а м п л о н Ж. В. Эколого-экономическая эффективность производства алюминия на примере ОАО «Русалновокунецк» // Экология и промышленность России. 2008. № 8. С. 43–45.