

Список литературы

1. Филиппов. А., Шакирзянов Р. Дорогие ремонты (Затраты на ТОиР оборудования в металлургии) // Металлоснабжение и сбыт. – 2010. – №10. – С.82–85.
2. Лапун Д.П., Лускатова О.В. Оценка эффективности ТОиР // Техническое Обслуживание и Ремонт. – 2014. – №3. – С. 5–9.
3. Совершенствование управления инновационным развитием производственных предприятий России: монография / Баскакова Н.Т., Симаков Д.Б., Пимонова Т.К., Баландина Т.А., Якобсон З.В. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2014. – 163 с.
4. Реализация концепции производственного планирования на основе эффективного использования ограничений / Сеничев Г.С., Шмаков В.И., Виер И.В., Салганик В.М., Песин А.М., Жлудов В.В. – М.: Экономика, 2006. – 210 с.
5. Песин, А.М., Салганик, В.М., Жлудов, В.В. Управление промышленным предприятием на основе теории ограничений: основы методологии и опыт использования. – Магнитогорск: МГТУ, 2004. –199 с.

УДК 621.745.56

Г.А. Румянцева, Б.М. Немененок, Л.Я.Глушанкова, И.В.Прусова
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

ВЫБОР ВАРИАНТА ФЛЮСОВОЙ ОБРАБОТКИ СИЛУМИНОВ С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Исследование характера пылегазовых выбросов, образующихся при плавке и рафинировании алюминиевых литейных сплавов в различных плавильных агрегатах, показало [1], что основную экологическую опасность представляют процессы плавки неподготовленного возврата и рафинирующей обработки расплава. При этом выбросы пыли и газов во время рафинирования превышают данные показатели, отмечаемые по ходу плавки, в несколько раз. В большинстве случаев для рафинирования используют флюсы системы $\text{NaCl-KCl-Na}_3\text{AlF}_6$, что объясняет присутствие в отходящих

газах значительного количества хлоридов и фторидов, относящихся ко второму классу опасности. Из анализа патентной литературы следует, что в составах рафинирующих флюсов также используются карбонаты, оксиды, сульфаты и другие соединения щелочных и щелочноземельных металлов.

Для оценки эффективности новых рафинирующих препаратов применительно к электрическим тигельным печам САТ—0,15Б проводили исследования в условиях литейного цеха предприятия «Антонар» при плавке сплава АК5М2. В качестве шихты использовали чушковой сплав АК5М2 (57%) и возврат собственного производства (43%). После расплавления шихты и перегрева расплава до 720°C сухой рафинирующий флюс 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 проводили заливку форм, а также отливали в кокиль разрывные образцы для определения механических свойств и пробы на пористость по шкале ВИАМ.

Запыленность в процессе рафинирующей обработки оценивали по трем пробам, которые отбирали в течение первых 6 мин после нанесения флюса на зеркало металла. Отбор осуществляли на горизонтальном участке вытяжной вентиляции с диаметром воздуховода 0,3 м при динамическом давлении 55 Па. Скорость отходящих газов составляла 6,7 м/с с температурой 60°C. В дальнейших расчетах использовали усредненные данные трех проб. Концентрацию NO_2 , NO_x , CO и SO_2 в отходящих газах определяли электронным газоанализатором MSI 150 «EURO» с зондом. Для измерения содержания хлоридов и фторидов в системе вытяжной вентиляции применяли фотоколориметрический метод.

Исследования проводили для трех составов рафинирующего флюса:

- 1) стандартного (47% KCl +30% NaCl +23% Na_3AlF_6);
- 2) оптимизированного карбонатного (13% KCl +55% NaCl +17% Na_3AlF_6 + 10% Na_2CO_3 + 5% $\text{CaCO}_3\cdot\text{MgCO}_3$);
- 3) на основе SiO_2 (80% SiO_2 + 9,4% KCl + 6% NaCl + 4,6% Na_3AlF_6).

Анализировали процент брака «по течи», показатели механических свойств, балл пористости по шкале ВИАМ, количество образующегося шлака в процессе рафинирования, объем и состав пылегазовых выбросов. Данные по количеству отливок и проценту брака приведены в табл. 1.

Как следует из табл. 1, обработка расплава оптимизированным карбонатным флюсом обеспечила повышение герметичности отливок всех трех наименований по сравнению с заводской технологией (рафинирование стандартным флюсом), что свидетельствует о высокой рафинирующей способности флюса. Флюс на основе кремнезема показал худшие результаты при испытаниях на герметичность, что подтвердило данные лабораторных исследований.

Таблица 1
Результаты испытания отливок из сплава АК5М2 на герметичность

Наименование отливки	Результаты испытания на герметичность при обработке расплава флюсами								
	№ 1			№ 2			№ 3		
	Испытано	«Течь»		Испытано	«Течь»		Испытано	«Течь»	
		шт.	%		шт.	%		шт.	%
Корпус – 22	265	15	5,7	270	10	3,7	267	23	8,6
Корпус – 3240	180	9	5,0	175	6	3,4	165	13	7,9
Корпус – 208	315	18	5,7	308	12	3,9	300	25	8,3

Дегазирующее действие флюсов, содержащих криолит (Na_3AlF_6), объясняется тем, что такие флюсы, адсорбируя шлаковые включения, способствуют одновременному удалению из расплава водорода, образующего с частицами оксида алюминия комплекс $x\text{Al}_2\text{O}_3-y\text{H}_2$. Однако не следует исключать возможность дегазирующего действия флюса также вследствие термической диссоциации криолита. По данным работы [2], рафинирующее действие флюса возрастает по мере увеличения количества криолита до 15%, а дальнейшее повышение содержания криолита во флюсе эффекта не дает. Этим, очевидно, и объясняется более сильное рафинирующее действие карбонатного флюса.

Все варианты рафинирующей обработки обеспечили получение требуемых ГОСТ 1583-93 значений предела прочности при растяжении, относительного удлинения и твердости, а пористость соответствовала III баллу по шкале ВИАМ. Данные по количеству и составу пылегазовых выбросов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты анализов пылегазовых выбросов при флюсовой обработке сплава АК5М2 в печи САТ-0,15Б

Рафинирующий флюс	Расход флюса, %	Средняя концентрация пыли, г/м ³	Удельный выброс пыли, кг/т	В том числе		
				хлориды, кг/т	фториды, кг/т	СО, кг/т
Стандартный	1,0	2,053	2,584	0,17	0,09	–
Оптимизированный	1,0	0,613	0,771	0,096	0,048	0,32
На основе SiO ₂	1,0	0,445	0,560	0,026	0,025	–

Видно, что пылегазовые выбросы, образующиеся в результате флюсовой обработки сплава АК5М2 в тигельной печи САТ-0,15Б, существенно отличаются по составу и объему, что затрудняет оценку их степени вредности. Следует отметить, что при использовании оптимизированного карбонатного флюса наблюдается меньшее выделение пыли и в ее составе практически в 2 раза ниже содержание хлоридов и фторидов по сравнению со стандартным флюсом, но одновременно появляются выделения оксида углерода. Это связано с тем, что диоксид углерода, образующийся при диссоциации карбонатов, взаимодействует с жидким алюминием с образованием его оксида и СО.

Флюс на основе SiO₂ экологически более безопасен, т.к. при его вводе в расплав образуется минимальное количество пыли, хлоридов и фторидов, однако, как видно из табл. 1, он не обеспечивает требуемый уровень качества литья (в данном случае по герметичности).

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 импортного производства.

Для оценки степени вредности флюсовой обработки стандартным флюсом и оптимизированным карбонатным рассчитывали сумму экологического налога для предприятия при выплавке 1000 т сплава. Поскольку большинство предприятий по производству алюминиевого литья оборудованы только циклонами, то об-

разующиеся газы полностью выбрасываются в окружающую среду, а очистка от пыли не превышает 90 %.

Согласно налоговому кодексу Республики Беларусь хлориды и фториды относятся к веществам II класса опасности и для них ставка налога составляет 1635215 руб./т. Выделяющаяся пыль относится к III классу опасности (540580 руб./т) и CO – к IV классу опасности (268610 руб./т).

Для расчета годового валового выброса загрязняющих веществ, образующихся при флюсовой обработке, использовали формулу

$$Q_B = 10^{-3} \cdot q \cdot P \cdot T(1 - n), \quad (1)$$

где q – удельное выделение вещества на единицу продукции, кг/т;

P – расчетная производительность печи, т/ч;

T – годовой фонд времени, ч;

n – степень очистки загрязняющих веществ, в долях от единицы.

Сумму экологического налога ($H_{\text{ЭК}}$) рассчитывали по формуле

$$H_{\text{ЭК}} = Q_B^{\text{II}} \cdot C^{\text{II}} + Q_B^{\text{III}} \cdot C^{\text{III}} + Q_B^{\text{IV}} \cdot C^{\text{IV}}, \quad (2)$$

где Q_B^{II} , Q_B^{III} , Q_B^{IV} – годовой валовой выброс загрязняющих веществ II, III и IV классов опасности соответственно;

C^{II} , C^{III} , C^{IV} – ставка экологического налога за 1 т загрязняющих веществ II, III и IV классов опасности соответственно.

$$H_{\text{ЭК}}^{\text{ст}} = 10^{-3} \cdot (0,17 + 0,09) \cdot 1000 \cdot 1635215 + \\ + 10^{-3} \cdot 2,584 \cdot 1000 \cdot (1 - 0,9) \cdot 540580 = 564842 \text{ руб.}$$

$$H_{\text{ЭК}}^{\text{оп}} = 10^{-3} \cdot (0,096 + 0,048) \cdot 1000 \cdot 1635215 + \\ + 10^{-3} \cdot 0,771 \cdot 1000 \cdot (1 - 0,9) \cdot 540580 + 10^{-3} \cdot 0,32 \cdot 1000 \cdot 268610 = \\ = 363105 \text{ руб.}$$

Расчеты показали, что при использовании для флюсовой обработки сплава АК5М2 оптимизированного состава карбонатного флюса сумма экологического налога при выплавке 1000 т сплава уменьшится по сравнению с применяемой технологией в 1,56 раза,

что свидетельствует о его более высокой экологической безопасности.

Для сравнительной гигиенической оценки различных технологических процессов авторы работы [3] предлагают также использовать приведенные показатели, когда все составляющие загрязняющих веществ с учетом значений их ПДК пересчитываются на один из компонентов выбросов. В данном случае показатели удельных выбросов пересчитывали на приведенный выброс пыли ($q_{пр}$) по формуле

$$q_{пр} = q_{п} + \sum q_i \cdot \frac{ПДК_{п}}{ПДК_i}, \quad (3)$$

где $q_{п}$ – удельный выброс пыли, кг/т;

q_i – удельный выброс i -го компонента, кг/т;

$ПДК_{п}$ и $ПДК_i$ – значения среднесуточных предельно допустимых концентраций пыли и i -го компонента, мг/м³.

В табл. 3 приведены значения среднесуточных предельно допустимых концентраций некоторых составляющих пылегазовых выбросов.

Таблица 3

Значения среднесуточных ПДК некоторых составляющих пылегазовых выбросов

Вещество	ПДК, мг/м ³
Пыль неорганическая, содержащая SiO ₂ менее 70 %	100,0
Хлорид водорода	100,0
Фторид водорода	5,0
Оксид углерода	3000,0
Оксид азота	240,0

На основании данных табл. 2 и 3 были рассчитаны приведенные значения выбросов пыли для стандартного флюса ($q_{пр}^{ст}$) и оптимизированного ($q_{пр}^{оп}$):

$$q_{\text{пр}}^{\text{ст}} = 2,584 + 0,17 \cdot \frac{100}{100} + 0,09 \cdot \frac{100}{5} = 2,584 + 0,17 + 1,8 = 4,554 \text{ кг/т;}$$

$$q_{\text{пр}}^{\text{оп}} = 0,771 + 0,096 \cdot \frac{100}{100} + 0,048 \cdot \frac{100}{5} + 0,32 \cdot \frac{100}{3000} = 1,834 \text{ кг/т.}$$

Отношение $q_{\text{пр}}^{\text{ст}}$ к $q_{\text{пр}}^{\text{оп}}$ составило примерно 2,5, т.е. при использовании оптимизированного состава флюса приведенные значения выбросов пыли в 2,5 раз ниже, чем для стандартного флюса, что также подтверждает его более высокую экологическую безопасность.

Список литературы

1. Повышение экологической безопасности процессов плавки и рафинирования алюминиевых сплавов / С.П.Задруцкий [и др.]. – Минск: БНТУ, 2012. – 231 с.
2. Альтман М.Б. Неметаллические включения в алюминиевых сплавах. – М.: Metallургия, 1965. – 126 с.
3. Экология литейного производства / Ю.С. Юсфин [и др.]. – Брянск: Изд-во БГТУ, 2001. – 315 с.

УДК 669

В.М. Константинов, Д.В. Гегеня, М.И. Богданчик

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

ОБЗОР РЫНКА ЦИНКА И ЦИНКОВЫХ ОТХОДОВ

По данным World Bureau of Metal Statistics (WBMS), добыча цинка в руде в мире в 2007 г. составила около 11 млн т, что на 3,9% выше, чем в 2006 г., благодаря росту ее в КНР, Перу, Австралии, Казахстане и Намибии [1]. Ведущими странами в добыче цинковых руд традиционно являются КНР, Австралия, Перу, Канада, США, Мексика и Казахстан.

По данным ILZSG (The International Lead and Zinc Study Group), спрос цинка в мире в 2007 г. вырос до 11,4 млн т (почти на