

**Б. М. Немененок, Г. А. Румянцева, С. П. Задрецкий, А. П. Бежок, В. А. Розум,
В. И. Быцько*, В. П. Каргинов****

Белорусский национальный технический университет, Минск

*ООО «Комплекс Плюс», Харьков

**ООО «Союз», Днепропетровск

Оценка пылегазовых выбросов от отражательных пламенных и электрических печей при плавке алюминиевых литейных сплавов

Проведен анализ основных источников выделения пыли и газов при плавке и рафинировании силуминов. Установлено, что максимальное количество пыли и газов при плавке в отражательных пламенных и электрических печах образуется при рафинировании расплава хлорсодержащими препаратами. Обработка 0,05 % расплава хлористого цинка в электрической отражательной печи емкостью 2,5 т увеличивает запыленность до 70 г/м³ при росте концентрации хлоридов до 120 мг/м³.

Ключевые слова: плавка, рафинирование, силумины, хлориды, запыленность, экология, выбросы

Важное место в развитии современного машиностроения и приборостроения принадлежит отливкам из алюминиевых сплавов, производство которых в мире постоянно возрастает. Анализ плавильного оборудования производства цветного литья показывает, что наряду с индукционными печами для плавки литейных сплавов широко используются отражательные пламенные и электрические печи.

В процессе производства отливок из сплавов цветных металлов используются вещества и реагенты, которые в исходном состоянии обладают токсичными свойствами по отношению к человеку и окружающей среде. Наиболее часто токсичные выделения встречаются при производстве алюминиевого литья – пары металлов, газы и мелкодисперсная пыль. После полного сгорания органического топлива в дымовых газах образуются CO₂, H₂O, N₂, SO₂ и SO₃, а в ядре факела горелок при высоких температурах происходит частичное окисление азота топлива и воздуха с образованием NO и NO₂ [1].

Для приготовления сплавов, особенно сложнoleгированных, используются такие легкоокисляемые металлы, как магний, цинк, титан и др. Во время плавления шихтовых материалов происходят интенсивное капельное окисление, испарение и унос оксидов металла с потоком отходящих газов. С целью получения расплава требуемого качества применяются различные рафинирующие вещества (гексахлорэтан, флюсы, хлориды и фториды), которые при взаимодействии с металлами образуют вещества, легко уносимые дымовыми газами. Особенно осложняется ситуация при расположении цехов цветного литья непосредственно в городской черте, так как требования к допустимому содержанию вредных веществ в воздухе населенных пунктов постоянно ужесточаются и для их соблюдения существующие

способы очистки становятся экономически неоправданными.

Основным направлением в развитии литейного производства является создание и внедрение безотходных или малоотходных технологических процессов. К числу первоочередных задач следует отнести необходимость быстрой повсеместной оценки литейных процессов, материалов и оборудования, которые применяются для их осуществления в соответствии с их санитарно-гигиеническими и экологическими требованиями, а также заменой новыми, исключающими загрязнение окружающей природной среды, не удовлетворяющих эти требования [2].

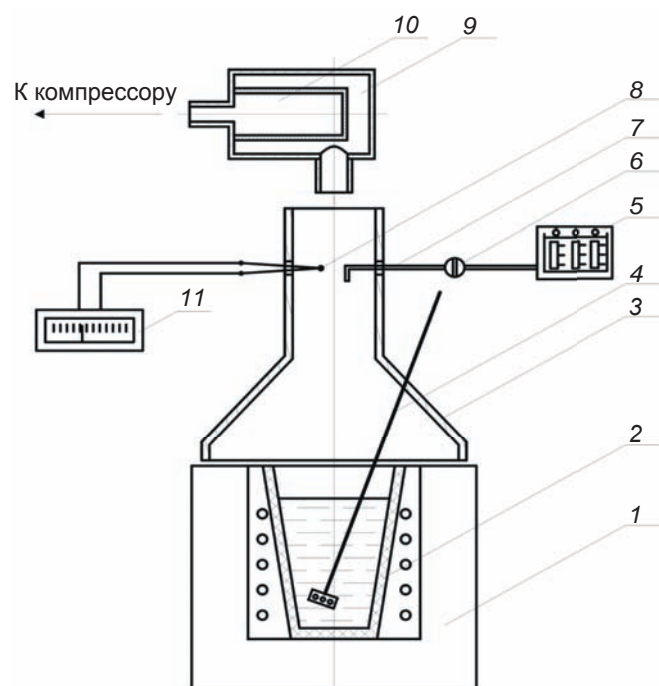


Рис. 1. Схема опытной установки для замера пылегазовых выбросов при плавке и внепечной обработке алюминиевых сплавов

В технической литературе в настоящий момент отсутствуют систематизированные данные по количеству и составу выделений, образующихся при плавке литейных алюминиевых сплавов.

Поэтому совершенно очевидна необходимость

проведения исследований по анализу сложившейся ситуации и разработке новых технологий внепечной обработки алюминиевых сплавов.

С целью оценки интенсивности пылегазообразования, состава и свойств вредных выбросов была разработана соответствующая методика.

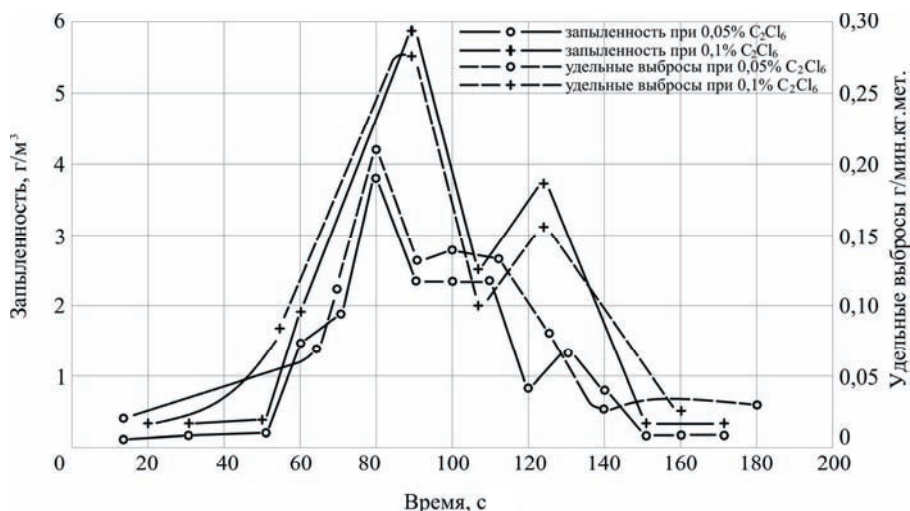


Рис. 2. Характеристики пылегазовых выбросов при рафинировании алюминиевых сплавов гексахлорэтаном

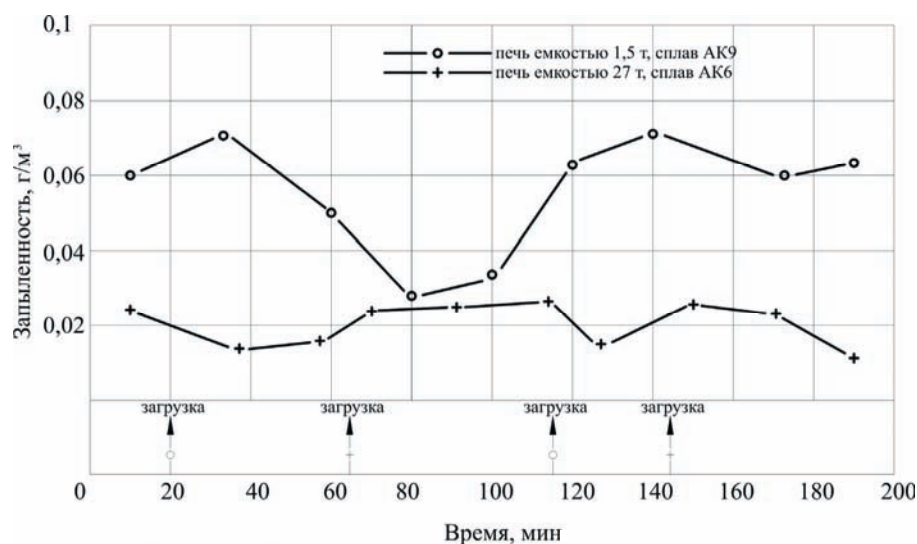


Рис. 3. Запыленность газов в газоходе от пламенных отражательных печей при плавке сплавов АК6 и АК9

Изучение интенсивности выделения пылегазовых выбросов при плавке и внепечной обработке алюминиевых сплавов проводили на опытной установке (рис. 1), состоящей из силитовой печи 1, тигля 2 емкостью 30 кг и колпака 3, установленного над тиглем. Ввод флюсов или дегазирующих препаратов в колокольчике 4, а также перемешивание расплава производили через специальное отверстие в колпаке.

В процессе плавки осуществляли непрерывный отбор газа с помощью газоанализаторной трубки 7 через грушу с фильтром АФА 6. Отбор газа производили аспиратором Мигунова 5. Запыленность определяли по разнице масс фильтра до и после опыта. В зоне отбора газовых проб непрерывно фиксировали температуру хромель-алюмелевой термопарой 8 и потенциометром 11. Скорость газового потока измеряли чашечным анемометром. Пробы пыли для дисперсного и рентгеноструктурного анализов отбирали с помощью циклона 9, через который компрессором просасывали запыленный воздух. Пыль фильтровали тканевым фильтром 10.

Методику исследования пылегазовых выбросов от алюминиевых расплавов обрабатывали на чистом алюминии и при ра-

Таблица 1

Общая характеристика обследованных плавильных агрегатов

Тип печи	Марка печи	Емкость, т	Производительность, т/ч	Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/т	Расход топлива (природного газа), м³/т
Пламенные отражательные	AR 60000	27,0	5,0	—	60
	AR 40000	18,0	—	—	55
Электрические отражательные	САН-2,5	2,5	0,5	550	—
	САК-2	2,0	0,3	600	—

Таблица 2

Удельное количество вредных выбросов, образующихся при плавке в газовых пламенных печах и в процессе рафинирования C₂Cl₆ на стенде

Наименование агрегата	Объем выбрасываемых газов, м³/ч	Запыленность газов, г/м³	Содержание хлоридов, мг/м³	Удельные выбросы при плавке, кг/ч		Удельные выбросы на 1 т жидкого металла, кг	
				пыль	хлориды	пыль	хлориды
Печь AR-60000	25000	0,02	—	0,5	—	0,10	—
Печь AR-40000	20000	0,02	—	0,4	—	0,08	—
Стенд	40000	0,29	8	—	—	0,30	0,01
<i>Итого</i>						0,48	0,01

Таблица 3

Запыленность во время загрузки и расплавления шихты в электрической отражательной поворотной печи емкостью 2,5 т

Время замера, ч, мин	Время отбора проб, мин	Запыленность, г/м ³	Примечания
13,48	2	2,18	загрузка возврата
13,52	2	0,63	
13,55	2	0,23	
13,59	2	0,26	загрузка чушки
14,04	2	0,34	
14,07	2	0,42	
14,13	2	0,62	
14,16	2	0,21	
14,19	2	0,15	
14,23	2	0,17	
14,26	2	0,19	загрузка чушки
14,29	2	0,21	
14,32	2	0,19	
14,35	2	0,18	
14,39	2	0,10	
14,42	2	0,36	
14,45	2	0,16	

финировании гексахлорэтаном в количестве 0,05 и 0,10 % от массы расплава.

На рис. 2 приведены графические зависимости по изменению запыленности газов и удельных выбросов при расплавлении шихты и рафинировании расплава. Удельные выбросы рассчитывали исходя из количества отходящих газов и запыленности газового потока. Как видно из рис. 2, продолжительность и интенсивность выброса пыли непосредственно связана с величиной добавки гексахлорэтана. Если при добавлении 0,05 % C₂Cl₆ продолжительность интенсивных выбросов пыли составляет 60 с, максимальная запыленность – 4,0 г/м³ и максимальные удельные выбросы – 0,22 г/(мин·кг) металла, то после ввода 0,1 % C₂Cl₆ продолжительность интенсивных выбросов составила 90 с, запыленность достигла 6,6 г/м³, а удельные выбросы доходили до 0,3 г/(мин·кг) металла.

Для оценки интенсивности пылегазообразования состава и свойств вредных выбросов были исследованы выделения пыли и газов от различных отражательных печей, характеристики которых приведены в табл. 1.

На основании полученных данных строили зависимости изменения запыленности газов и удельных выбросов при расплавлении шихты и рафинировании расплава. Удельные выбросы рассчитывали, исходя из количества отходящих газов и запыленности газового потока, а также производительности плавильного агрегата.

Пламенные отражательные печи AR 60000 и AR 40000 работают в блоке, при этом первая печь используется в качестве плавильного агрегата, а вторая – миксера, куда по мере расплавления перетекает расплав из первой печи. Эти печи обогреваются двумя газовыми горелками, расположенными горизонтально. Температура металла достига-

Таблица 4

Запыленность и содержание хлоридов во время рафинирования в электрической отражательной поворотной печи емкостью 2,5 т

Время замера, ч, мин	Время отбора проб, мин	Запыленность, г/м ³	Содержание хлоридов, мг/м ³	Примечания
10,25	0,8	43,0	60	начало рафинирования ZnCl ₂
10,27	0,6	71,1	100	
10,29	1	12,7	80	
10,31	1	12,0	40	конец рафинирования ZnCl ₂
10,35	1	9,80	40	
10,38	1	8,70	20	
10,40	1	8,80	25	
10,43	1	1,24	–	
10,46	1	2,49	–	
10,48	1	2,46	–	
10,51	1	1,67	–	
10,53	1	1,68	–	
10,55	1	1,48	–	
10,58	1	1,14	–	

ет 750 °С. Отходящие газы выбрасываются в атмосферу через трубу высотой 15,0 и диаметром 1,5 м.

В пламенных отражательных печах AR 60000 и AR 40000 в период обследования выплавляли сплавы (в %) марок АК6 (5,5-6,5 Si; 1,65-2,25 Cu; 0,30-0,45 Fe; остальное – Al) и АК12 (11,0-12,5 Si; 1,75-2,50 Cu; 0,7-1,0 Mg; ≤ 0,8 Fe; остальное – Al).

В составе шихты использовали чушковые сплавы данных марок и возврат собственного производства с участка кокильного литья, у которого не было масляных загрязнений. Согласно существующей

Таблица 5

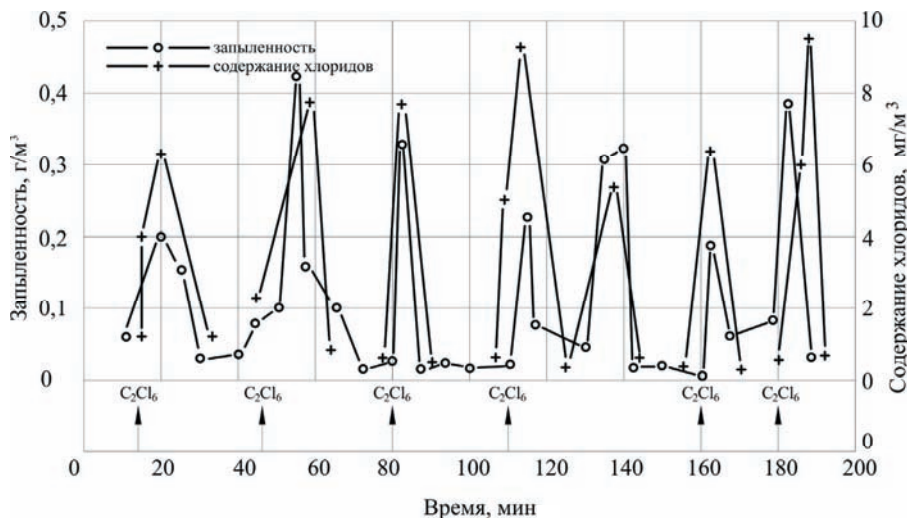
Запыленность и содержание хлоридов в газоходе от электрической отражательной поворотной печи емкостью 2,5 т

Время замера, ч, мин	Время отбора проб, мин	Запыленность, г/м ³	Содержание хлоридов, мг/м ³	Примечания	
9,45	2	0,06	–		
9,51	2	0,03	–		
9,58	5	0,06	–		
10,12	5	0,08	–		
10,18	5	0,03	–		
10,27	5	0,05	–		
10,32	3	0,04	–		
10,39	5	0,05	–		
10,42	5	0,06	–		
10,49	5	0,08	–		
10,56	5	0,07	–		
11,02	5	0,02	–		
11,10	5	0,13	6		рафинирование ZnCl ₂
11,21	1	0,91	10		
11,23	1	1,62	6		
11,26	1	0,60	6		
11,30	1	0,61	4		

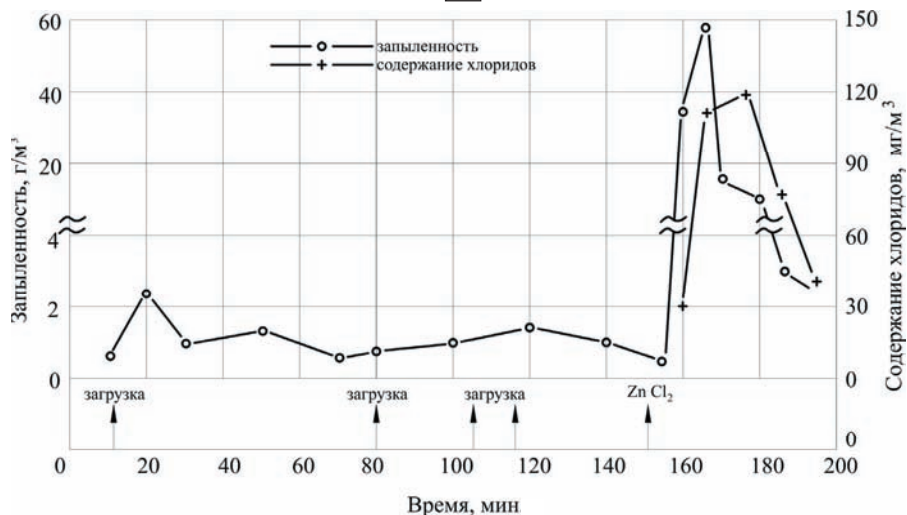
технологии сплавы рафинировали в ковше емкостью 900 кг одной таблеткой гексахлорэтана (C_2Cl_6) из расчета 0,03 % от массы расплава. В печи расплав защищали от окисления покровным флюсом (в % марки МХ3 (52-57 NaCl; 30-35 KCl; 10-15 Na_2SiF_6)).

Отбор проб для оценки запыленности газов

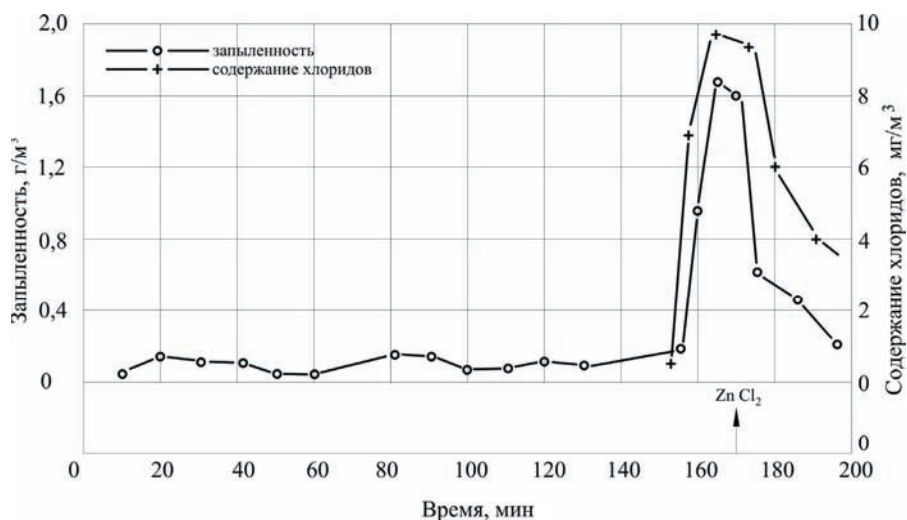
в газоходе от пламенных отражательных печей AR 60000 и AR 40000 в процессе плавки сплавов АК6 и АК12 проводили в течение трех часов. При определении запыленности газов и содержания хлоридов в газоходе от стенда на этапе рафинирования сплавов время отбора проб составляло 0,5-1,0 мин.



а



б



в

По результатам замеров построены графические зависимости запыленности газов в газоходе от пламенных отражательных печей AR 60000 и AR 40000 (рис. 3) и установлен характер запыленности и содержания хлоридов в газоходе от стенда для рафинирования сплавов АК6 и АК12 (рис. 4, а).

Для определения удельного количества вредных выбросов необходимо знать объем отходящих дымовых газов, который определяли исходя из геометрического напора дымовой трубы. Расчеты показали, что из печи AR 60000 выбрасывается 25000 м³/ч дымовых газов со средней запыленностью 0,02 г/м³. Из печи AR 40000 часовые объемы отходящих дымовых газов составляют 20000 м³ при такой же запыленности (0,02 г/м³). Производительность вентиляционной установки стенда для рафинирования сплавов АК6 и АК12 – 40000 м³/ч. Средние значения запыленности и содержания хлоридов в процессе рафинирования C_2Cl_6 составляют 0,29 и 8,0 мг/м³ соответственно. Информация по удельному количеству вредных выбросов, образующихся при плавке и рафинировании сплавов АК6 и АК12, приведена в табл. 2.

В процессе обследования электрической отражательной печи САН-2,5 замеры запыленности и содержания хлоридов проводили в объеме печи в периоды загрузки, расплавления шихты и рафинирования, а также в отсасывающем газоходе. Согласно принятой технологии рафинирование проводили в печи (непосредственно перед выпуском металла) хлористым цинком в количестве 0,05 % от массы расплава. Результаты замеров представлены в табл. 3-5.

В электрических отражательных печах расплавление шихты происходит с помощью нихромовых нагревателей, поэтому запыленность газов в объеме печи в период загрузки шихты и ее расплавления

Рис. 4. Запыленность газов и содержание хлоридов: на входе во время рафинирования сплава АК6 (а); в электрической отражательной поворотной печи емкостью 2,5 т (б); в газоходе электрической отражательной поворотной печи емкостью 2,5 т (в);

достигает небольших значений – 0,5 г/м³ (рис. 4, б), а в газоходе – в пределах 0,03 г/м³ (рис. 4, в). Однако процесс рафинирования хлористым цинком продолжается дольше (15-20 мин), чем обработка расплава гексахлорэтаном (3-5 мин). При этом запыленность во время рафинирования в объеме печи достигает 70,0 г/м³ (рис. 4, б), а в газоходе от печи возрастает до 1,6 г/м³ (рис. 4, в).

По результатам нескольких плавков были построены графики, обобщающие усредненные значения запыленности в объеме печи и газоходе (рис. 5, а, б).

Удельное количество вредных выбросов, образующихся при плавке алюминиевых сплавов в электрической отражательной наклонной печи САН-2,5, замеренное в газоходе, приведено в табл. 6.

Анализ процессов плавки и рафинирования алюминиевых сплавов в отражательных печах с газовым и электрическим нагревом металла показывает, что основным источником вредных выбросов является процесс рафинирования. В периоды обработки расплава объемы выбросов превосходят средние показатели плавки по запыленности и загазованности в несколько раз. Поэтому наиболее эффективный способ улучшения экологической ситуации – переход на менее токсичные рафинирующие препараты. В связи с этим разработка и внедрение в действующие литейные производства экологически безвредных высокоэффективных рафинирующих препаратов – весьма актуальная задача.

Специалисты кафедры металлургии литейных сплавов Белорусского национального технического университета разработали широкую гамму современных дегазирующих и покровно-рафинирующих

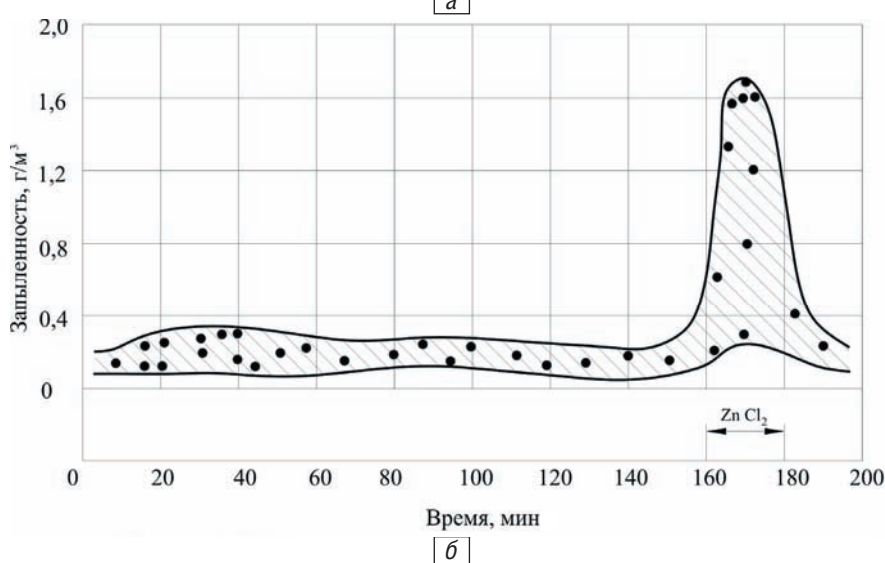
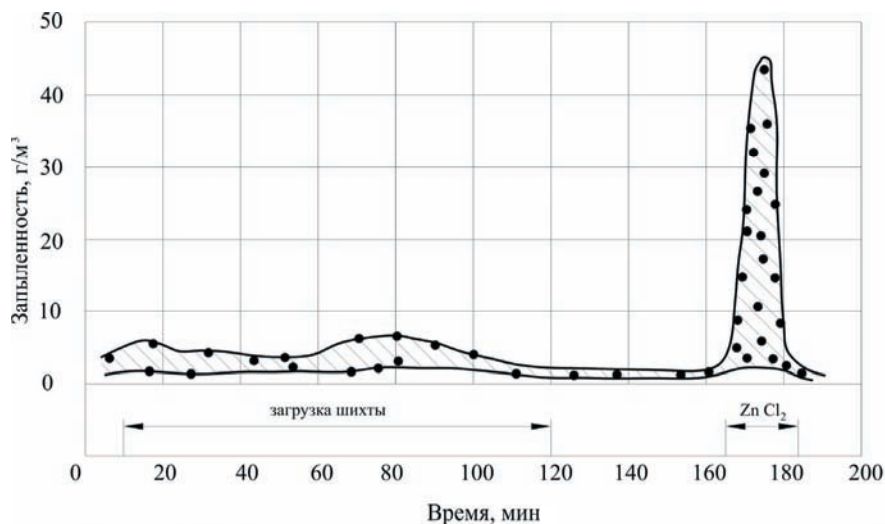


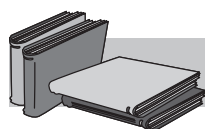
Рис. 5. Обобщенные значения запыленности в электрической отражательной поворотной печи емкостью 2,5 т (а); Обобщенные значения запыленности в газоходе электрической отражательной поворотной печи емкостью 2,5 т (б).

флюсовых композиций и таблетированных материалов, отвечающих самым высоким требованиям по экологической чистоте технологических процессов, эффективности рафинирующей и рафинирующе-модифицирующей обработок расплавов на основе алюминия при низкой стоимости созданных препаратов. Промышленное производство разработанных составов организовано на базе ООО «ПромФильтр» (Республика Беларусь).

Таблица 6

Удельное количество вредных выбросов, образующихся при плавке в печи САН-2,5

Расход газа, м ³ /ч	Средняя запыленность при загрузке и плавании, г/м ³	Средняя запыленность при рафинировании, г/м ³	Содержание хлоридов, мг/м ³	Удельные выбросы (кг/т) жидкого металла		
				пыль при загрузке и плавании	при рафинировании	
					пыль	хлориды
13400	0,03	0,91	7,0	0,90	1,82	0,01



ЛИТЕРАТУРА

1. Бондарев Б. И. Экологические аспекты литейного производства // Цв. металлы. – 1991. – № 12. – С. 26-28.
2. Производство отливок из сплавов цветных металлов / А. В. Курдюмов, М. В. Пикунов, В. М. Чурсин, Е. Л. Бибииков. – М.: МИСиС, 1996. – 504 с.

Анотація

Немененок Б. М., Румянцева Г. А., Задруцький С. П., Бежок А. П., Розум В. А., Бицько В. І., Каргінов В. П.

Оцінка пилогазових викидів від відбивних полум'яних і електричних печей при плавці алюмінієвих ливарних сплавів

Проведено аналіз основних джерел виділення пилу і газів при плавці та рафінуванні силумінів. Встановлено, що максимальна кількість пилу і газів при плавці у відбивних полум'яних і електричних печах утворюється в процесі рафінування розплаву препаратами, які містять хлор. Обробка 0,05 % розплава хлористого цинку в електричній відбивній печі ємністю 2,5 т збільшує запиленість до 70 г/м³ при зростанні концентрації хлоридів до 120 мг/м³.

Ключові слова

плавка, рафінування, силумін, хлориди, запиленість, екологія, викиди

Summary

Nemenenok B., Rumyantseva G., Zadrutsky S., Bezhok A., Rozum V., Bytsko E., Karginov V.

Assessment of dust and gas emission from open flame and electric reverberatory furnaces while melting of aluminum foundry alloys

The analysis of the main sources of dust and gases from silumins melting and refining was done. It is established that the maximum amount of dust and gases during melting in open flame and electric reverberatory furnaces was formed with chlorine-containing compounds during melt refinement. Processing of the melt with 0,05 % zinc chloride in an electric reverberatory 2,5-ton furnace increases the amount of dust in the furnace up to 70 g/m³ with an increase the chlorides concentration up to 120 mg/m³.

Keywords

melting, refining, silumins, chlorides, dust, ecology, emissions

Поступила 05.03.10

Продолжается подписка журнала на II полугодие 2011 года

Для того чтобы подписаться на журнал через редакцию, необходимо направить письмо-запрос или факс в адрес редакции. Счет-фактура согласно запросу высылается письмом или по факсу. Редакция готова предоставить электронную версию журнала на компакт-диске.

Стоимость одного журнала – 30 грн.
Годовая подписка – 360 грн. (для Украины).
Годовая подписка для зарубежных стран – 90 \$.