



As a result of carried out analysis of processes of aluminium alloys casting and refining in reverberating furnaces it is determined that searching source of harmful emissions are the refining processes.

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

УДК 621.745.56

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЫЛЕГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ПЛАВКЕ И РАФИНИРОВАНИИ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ В ОТРАЖАТЕЛЬНЫХ ПЕЧАХ

В настоящее время для плавки алюминиевых сплавов применяют разнообразные печи. Экономическая целесообразность использования того или иного типа плавильного агрегата, помимо качества металла, определяется величиной капитальных затрат, уровнем безвозвратных потерь при плавке, стоимостью энергетических затрат и расходами на обслуживание.

Большое количество применяемых алюминиевых сплавов, видов плавильных агрегатов и вариантов технологических процессов обуславливает широкую гамму вредных выбросов в атмосферу плавильных отделений цветнолитейных цехов. Применяемые в настоящее время при плавке и внепечной обработке алюминиевых сплавов рафинирующие составы и универсальные флюсы, а также препараты для модифицирования содержат в своем составе хлористые и фтористые соединения, которые значительно осложняют экологическую ситуацию в зоне размещения предприятий, как правило, находящихся в районе жилых застроек городов [1].

Поэтому совершенно очевидна необходимость проведения исследований по анализу сложившейся ситуации и разработке новых технологий внепечной обработки алюминиевых сплавов. Для оценки интенсивности пылегазообразования, состава и свойств вредных выбросов была разработана соответствующая методика. 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 дегазирующих препаратов в колокольчике или флюсов, а также перемешивание расплава проводили через специальное отверстие в колпаке. В процессе плав-

ки 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 в массе фильтра 6 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 анализа отбирали с помощью циклона 9, через который компрессором просасывали запыленный воздух. Пыль фильтровали тканевым фильтром 10.

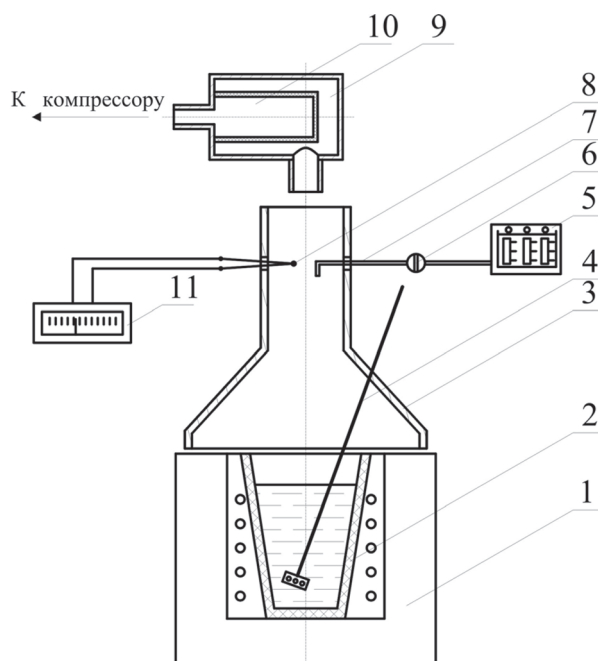


Рис. 1. Схема опытной установки для замера пылегазовых выбросов при плавке и внепечной обработке алюминиевых сплавов

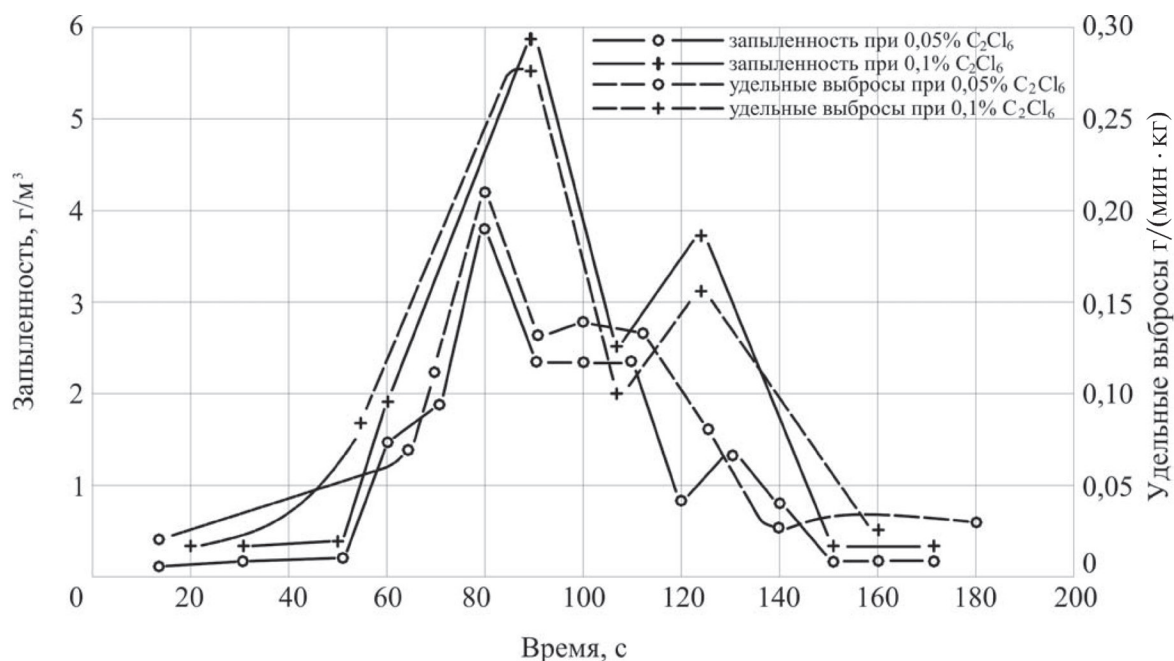


Рис. 2. Характеристика пылегазовых выбросов при рафинировании алюминиевых расплавов гексахлорэтаном

Методику исследования пылегазовых выбросов от алюминиевых расплавов обрабатывали на чистом алюминии и при рафинировании гексахлорэтаном в количестве 0,05 и 0,1% от массы расплава.

На рис. 2 приведены 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 рисунка, продолжительность и интенсивность выброса пыли непосредственно связана с величиной добавки гексахлорэтана. Если при добавке 0,05% C₂Cl₆ продолжительность интенсивных выбросов пыли составляет 60 с, максимальная запыленность — 4 г/м³ и максимальные удельные выбросы — 0,22 г/(мин·кг) металла, то при вводе 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 (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 — в качестве миксера, куда по мере расплавления перетекает расплав из первой печи. Эти печи обогреваются двумя горизонтально расположенными газовыми горелками. Температура металла достигает 750 °С. Отходящие газы выбрасываются в атмосферу через трубу высотой 15 м и диаметром 1,5 м.

В пламенных отражательных печах AR 60000 и AR 40000 в период обследования выплавляли сплавы марок АК6 (5,5–6,5% Si; 1,65–2,25% Cu; 0,3–0,45% Fe; Al — ост.) и АК12 (11,0–12,5% Si; 1,75–2,5% Cu; 0,7–1,0% Mg; ≤ 0,8% Fe; Al — ост.).

В составе шихты использовали чушковые сплавы данных марок и возврат собственного производства с участка кокильного литья,

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. Запыленность газов в газоходе от пламенных отражательных печей AR 60000 и AR 40000 при плавке сплавов АК6 и АК12

Время замера	Время отбора проб, мин	Запыленность, г/м ³	Примечание
11.10	15	0,025	
11.35	10	0,015	
11.58	10	0,018	
12.10	10	0,022	Загрузка
12.30	10	0,023	
12.55	10	0,025	
13.05	10	0,016	
13.30	10	0,023	Загрузка
13.50	10	0,021	
14.15	10	0,012	
		Ср. 0,02	

Таблица 3. Запыленность газов и содержание хлоридов в газоходе от стенда во время рафинирования сплава АК6

Номер пробы	Время отбора проб, мин	Запыленность, г/м ³	Содержание хлоридов, мг/м ³
1	0,5	0,2	7
2	0,5	0,42	8
3	0,5	0,31	8
4	1,0	0,22	10
5	1,0	0,32	6
6	0,5	0,19	6
7	1,0	0,4	10
		Среднее 0,29	Среднее 8

который не имел масляных загрязнений. Согласно существующей 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 мар-

ки MX3 (52–57% NaCl; 30–35% KCl; 10–15% Na_2SiF_6).

Замеры запыленности и анализ газов на содержание хлористых соединений проводили в газоходе от стенда для рафинирования расплава. Результаты замеров приведены в табл. 2, 3.

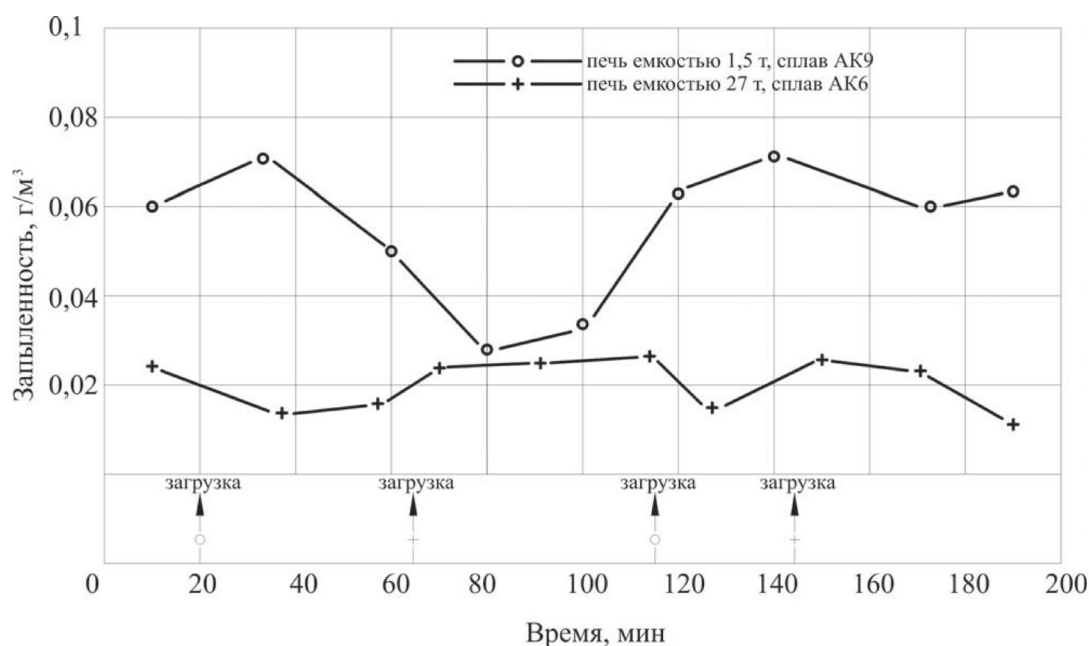


Рис. 3. Запыленность газов в газоходе от пламенных отражательных печей при плавке сплавов АК6 и АК9

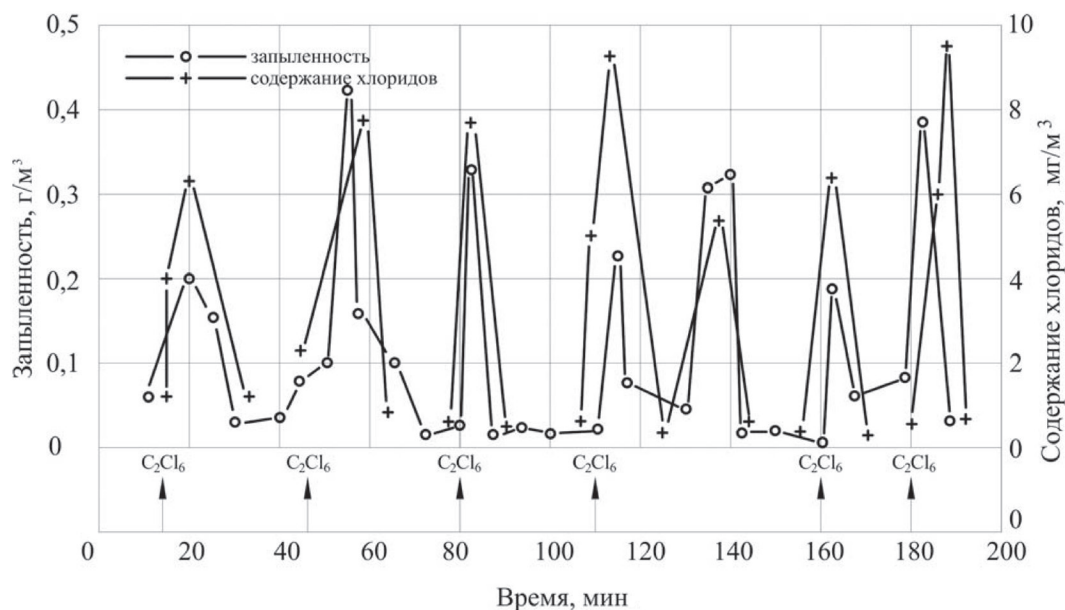


Рис. 4. Запыленность газов и содержание хлоридов в газоходе во время рафинирования сплавов АК6 и АК12

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

Для определения удельного количества вредных выбросов необходимо знать объем отходящих дымовых газов, который рассчитывали исходя из геометрического напора дымовой трубы. Расчеты показали, что из печи AR 60000 выбрасывается в 1 ч 25 000 м³ дымовых газов со средней запыленностью 0,02 г/м³. Из печи AR 40000 объемы отходящих дымовых газов в 1 ч составляют 20 000 м³ при такой же запыленности (0,02 г/м³). Вентиляционная установка стенда для рафинирования сплавов АК6 и АК12 имеет производительность 40 000 м³/ч. Средние значения запыленности и содержания хлоридов в процессе рафинирования C₂Cl₆ соответственно составляют 0,29 г/м³ и 8 мг/м³. Данные по удельному количеству вредных выбросов, образующихся при плавке и рафинировании сплавов АК6 и АК12, приведены в табл. 4.

При обследовании 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 приведены в табл. 5–7.

В электрических отражательных печах расплавление шихты происходит с помощью нихромовых нагревателей, поэтому запыленность газов в объеме печи в период загрузки шихты и ее расплавления достигает небольших значений – 0,5 г/м³ (рис. 5), а в газоходе – в пределах 0,03 г/м³ (рис. 6). Однако процесс рафинирования хлористым цинком продолжается более длительное время (15–20 мин), чем обработка расплава гексахлорэтаном (3–5 мин). При этом запыленность в период рафинирования в объеме печи достигает 70 г/м³ (рис. 5), а в газоходе от печи возрастает до 1,6 г/м³ (рис. 6).

Таблица 4. 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	–	0,1	–
Печь AR 40000	20000	0,02	–	0,4	–	0,08	–
Стенд	40000	0,29	8	–	–	0,3	0,01
ИТОГО						0,48	0,01

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

Время замера	Время отбора проб, мин	Запыленность, г/м ³	Примечание
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	
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	
			Загрузка чушки

Таблица 6. Запыленность и содержание хлоридов во время рафинирования
в электрической отражательной поворотной печи емкостью 2,5 т

Время замера	Время отбора проб, мин	Запыленность, г/м ³	Содержание хлоридов, мг/м ³	Примечание
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	
10.35	1	9,8	40	
10.38	1	8,7	20	
10.40	1	8,8	25	Конец рафинирования ZnCl ₂
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	—	

Таблица 7. Запыленность и содержание хлоридов в газохуде
от электрической отражательной поворотной печи емкостью 2,5 т

Время замера	Время отбора проб, мин	Запыленность, г/м ³	Содержание хлоридов, мг/м ³	Примечание
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	0,6	6	
11.30	1	0,61	4	

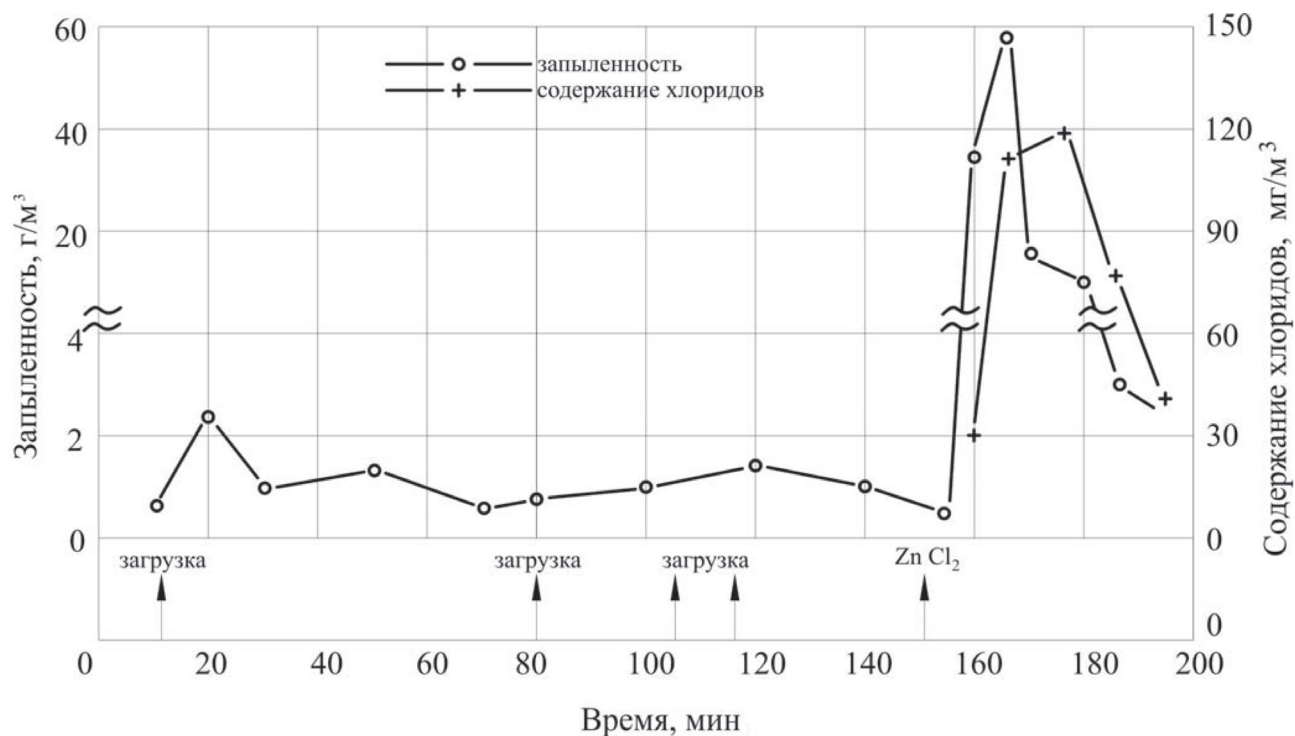


Рис. 5. Запыленность и содержание хлоридов в электрической отражательной поворотной печи емкостью 2,5 т

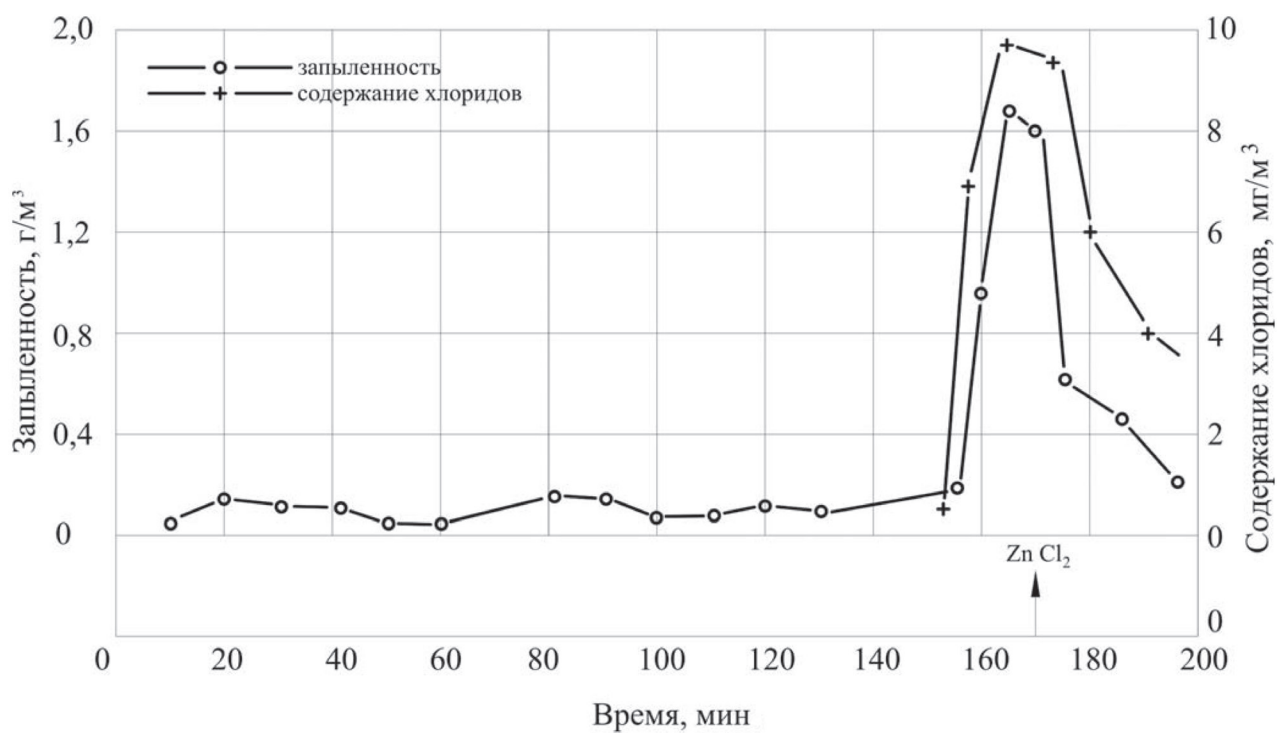


Рис. 6. Запыленность и содержание хлоридов в газоходе от электрической отражательной поворотной печи емкостью 2,5 т

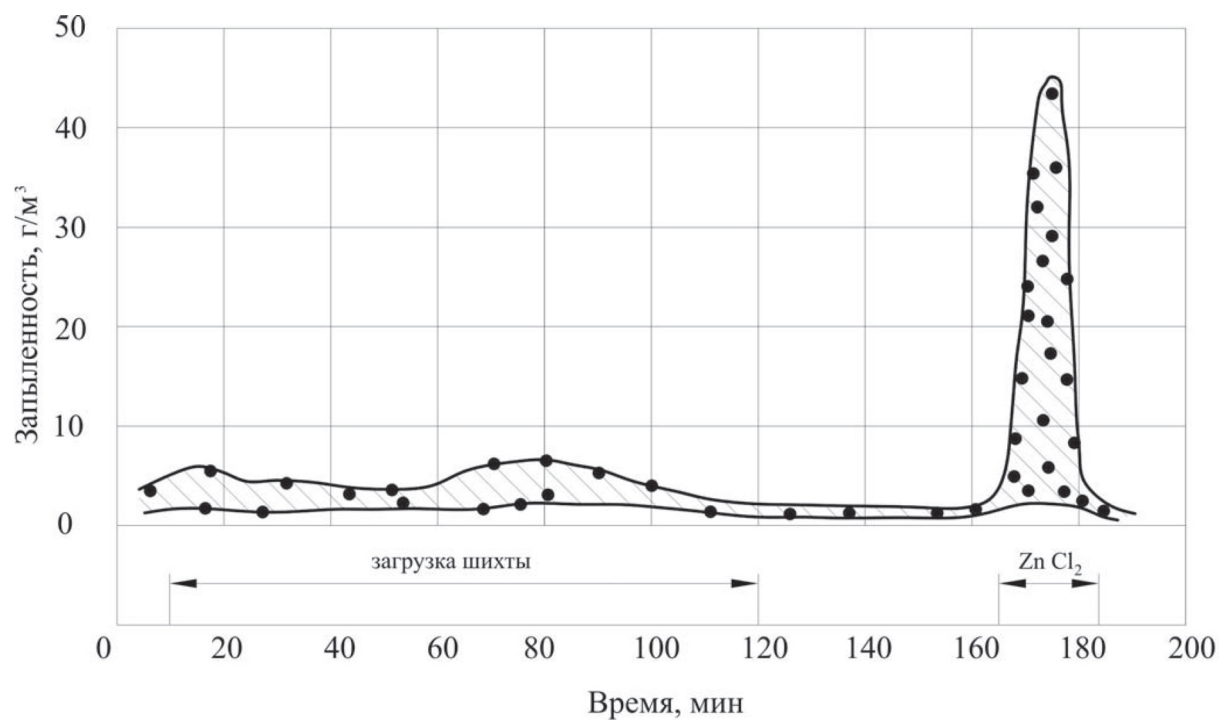


Рис. 7. Обобщенные значения запыленности в электрической отражательной поворотной печи емкостью 2,5 т

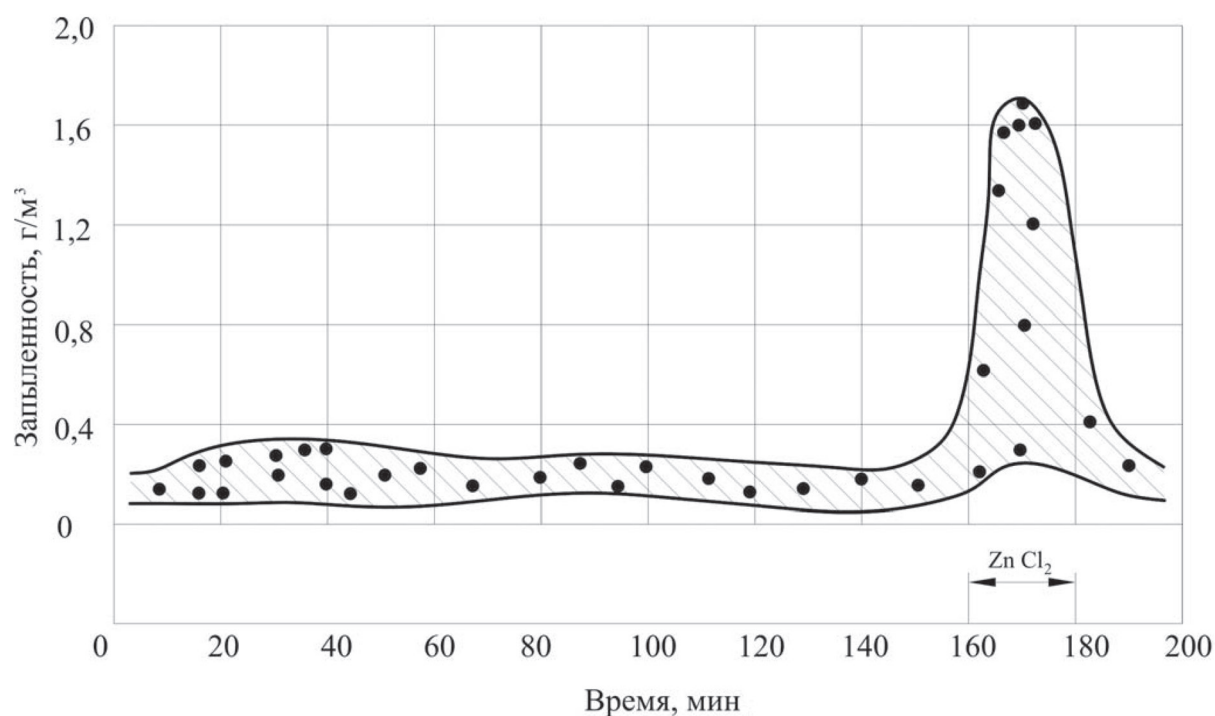


Рис. 8. Обобщенные значения запыленности в газоходе от электрической отражательной поворотной печи емкостью 2,5 т

Т а б л и ц а 8. Удельное количество вредных выбросов, образующихся при плавке в печи САН-2,5

Расход газа, м³/ч	Средняя запыленность при загрузке и плавнении, г/м³	Средняя запыленность при рафинировании, г/м³	Содержание хлоридов, мг/м³	Удельные выбросы, кг/т жидкого металла		
				пыль при загрузке и плавнении	при рафинировании	
					пыль	хлориды
13400	0,03	0,91	7	0,9	1,82	0,01

По результатам нескольких плавов были построены графики, обобщающие усредненные значения запыленности в объеме печи и газоходе (рис. 7, 8).

Удельное количество вредных выбросов, образующихся при плавке алюминиевых сплавов в электрической отражательной наклонной печи САН-2,5, замеренное в газоходе, приведено в табл. 8.

Проведенный анализ процессов плавки и рафинирования алюминиевых сплавов в отражатель-

ных печах с газовым и электрическим нагревом металла показывает, что основным источником вредных выбросов являются процессы рафинирования. В эти периоды обработки расплава объемы выбросов в несколько раз превосходят средние показатели плавки по запыленности и загазованности. Поэтому наиболее эффективным способом улучшения экологической ситуации является переход на менее токсичные рафинирующие препараты.

Литература

1. Оценка экологической безопасности процессов плавки и внепечной обработки алюминиевых сплавов / Б. М. Немененко, С. П. Задруцкий, А. П. Бежок, Н. И. Кудравец // *Литье и металлургия*. 2008. № 3. С. 171–174.