

Литература

1. Барановский, Э. Ф. Изготовление цинковых анодов литьем кокиль / Э. Ф. Барановский, В. М. Ильюшенко, Г. П. Короткин // Литье и металлургия. – 2000. – № 4. – С.19–20.
2. Новиков, И. И. Горячеломкость цветных металлов и сплавов / И. И. Новиков. – М.: Наука, 1966.
3. Изготовление цинковых анодов на опытном производстве ИТМ НАН Беларуси / Е. И. Марукович [и др.] // Литье и металлургия. – 2005. – №2. – Ч.2. – С. 159-161.

УДК 621.745.56

Б.М. НЕМЕНЕНОК, д-р техн. наук,
С.П. ЗАДРУЦКИЙ, канд. техн. наук,
Г.А. РУМЯНЦЕВА,
А.П. БЕЖОК, канд. техн. наук (БНТУ)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ И СОСТАВА ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ПЛАВКЕ СПЛАВА АК9 В ИНДУКЦИОННЫХ ТИГЕЛЬНЫХ ПЕЧАХ ИАТ-2,5

Важное место в развитии современного промышленного комплекса принадлежит отливкам из алюминиевых сплавов, производство которых в мире постоянно возрастает. При изготовлении отливок из сплавов на основе алюминия используются вещества и реагенты, которые в исходном состоянии обладают токсичными свойствами по отношению к человеку и окружающей среде. Наиболее часто встречающимися токсичными выделениями при производстве алюминиевого литья являются пары металлов, газы и мелкодисперсная пыль. При полном сгорании органического топлива в дымовых газах образуются CO_2 , H_2O , N_2 , SO_2 , SO_3 , а в ядре высокотемпературного факела горелок при высоких температурах происходит частичное окисление азота топлива и воздуха с образованием NO и NO_2 [1].

Для приготовления сплавов, особенно сложнелегированных, используются легкоокисляемые металлы, такие как Mg, Zn, Ti и другие. Во время плавления шихтовых материалов происходят интенсивное капельное окисление, испарение и унос с потоком отходящих газов оксидов металла. Для 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 цветнолитейных цехов 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, применяемых для их осуществления, с точки зрения соответствия их санитарно-гигиеническим и экологическим требованиям и замены тех из них, которые не удовлетворяют этим требованиям новыми, исключаящими загрязнение окружающей природной среды [2].

В настоящий момент в технической литературе 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.

Наиболее распространенными плавильными агрегатами для плавки алюминиевых литейных сплавов на предприятиях Республики Беларусь являются индукционные тигельные печи промышленной частоты и повышенной частоты с тиристорными преобразователями. Технологии плавки в данных печах существенно отличаются. В печах промышленной частоты загрузка шихты производится на «болото», т.е. для их эффективной работы требуется наличие жидкого остатка металла в количестве 20–30 % от объема тигля. Печи повышенной частоты могут успешно эксплуатироваться без жидкого остатка, поскольку в них удается подвести к металлу

большую мощность, что существенно снижает продолжительность плавки. Все это оказывает определенное влияние на динамику выделения и количество пылегазовых выбросов при плавке.

Индукционные тигельные печи оборудованы поворотной крышкой и отсасывающим патрубком с коническим зонтом, который перекрывает рабочее пространство печи. Поэтому замеры запыленности и анализ отходящих газов проводили в объеме рабочего пространства печи и в отсасывающем газоходе. Запыленность измеряли непрерывно в течение всей плавки, а содержание хлоридов определяли только во время рафинирования расплава в конце плавки.

Проведенные замеры показали существенный разброс контролируемых параметров как в пределах одной плавки, в зависимости от реализуемых операций, так и применительно к отдельным периодам различных плавок сплава АК9. Так, при загрузке чушковых шихтовых материалов в пустой тигель запыленность в объеме печи для ряда плавок составляла $0,1-0,36 \text{ г/м}^3$, а для некоторых плавок возрастала до $0,48-0,96 \text{ г/м}^3$. Широкий диапазон колебаний запыленности в рабочем объеме печи при выполнении данной операции связан, очевидно, с плохой очисткой от мусора контейнеров для подачи шихты.

Аналогичная ситуация наблюдается и при завалке в печь возврата собственного производства. Во время данной операции запыленность в рабочем объеме печи составляла для одной серии плавок $0,16-0,25 \text{ г/м}^3$, для второй – $0,13-0,17 \text{ г/м}^3$, в отдельных случаях содержание пыли в 1 м^3 газов находилось в интервале $0,04-0,11 \text{ г}$. Такие колебания по запыленности связаны с различным составом возврата, содержанием в нем мелкой фракции (опилок, облоя) и наличием в тигле разного объема жидкого расплава.

Степень запыленности отходящих газов в газоходе существенно ниже, но также зависит от периодов плавки. Полученные данные позволили установить зависимость запыленности газов и содержания в них хлоридов для объема печи ИАТ-2,5 (рис. 1) и в отсасывающем газоходе (рис. 2) для разных периодов плавки сплава АК9. Как видно из графиков, запыленность во время загрузки колеблется незначительно – до 1 г/м^3 в объеме печи и до $0,2 \text{ г/м}^3$ в газоходе. Во время рафинирования запыленность отходящих газов резко возрастает и достигает в печи 6 г/м^3 , а в газоходе – $0,5 \text{ г/м}^3$.

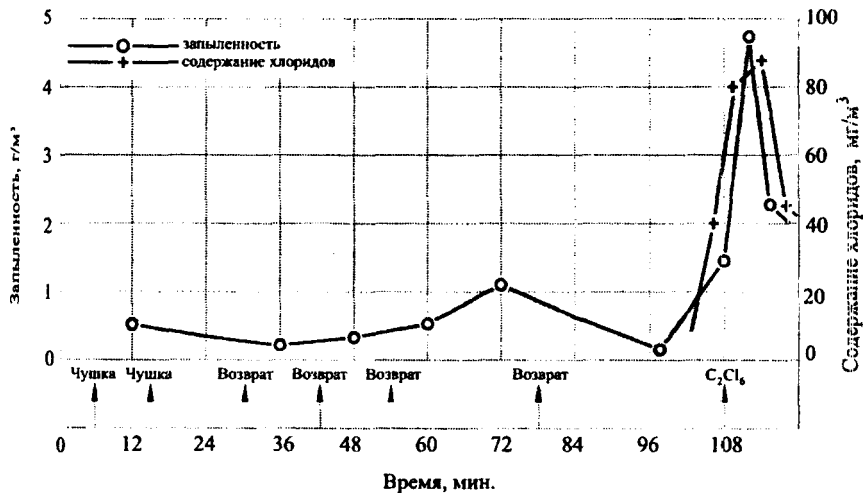


Рисунок 1 – Запыленность и содержание хлоридов в индукционной печи ИАТ-2,5

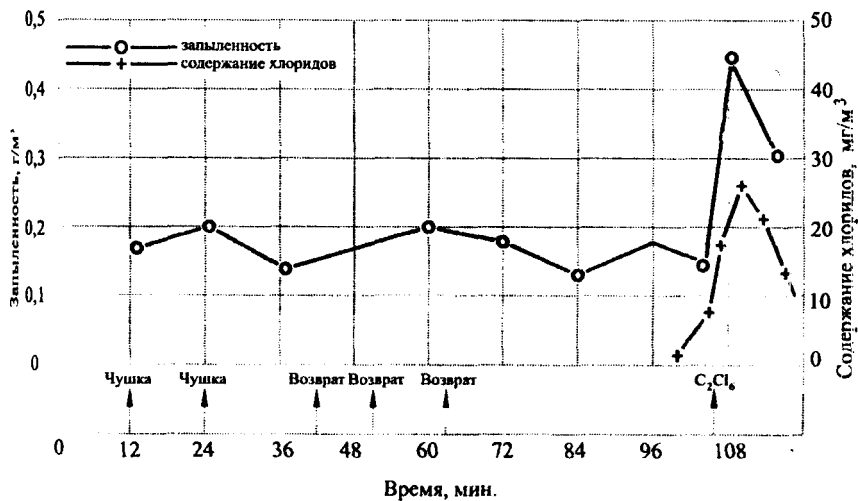


Рисунок 2 – Запыленность и содержание хлоридов в отсасывающем газоходе от индукционной печи ИАТ-2,5

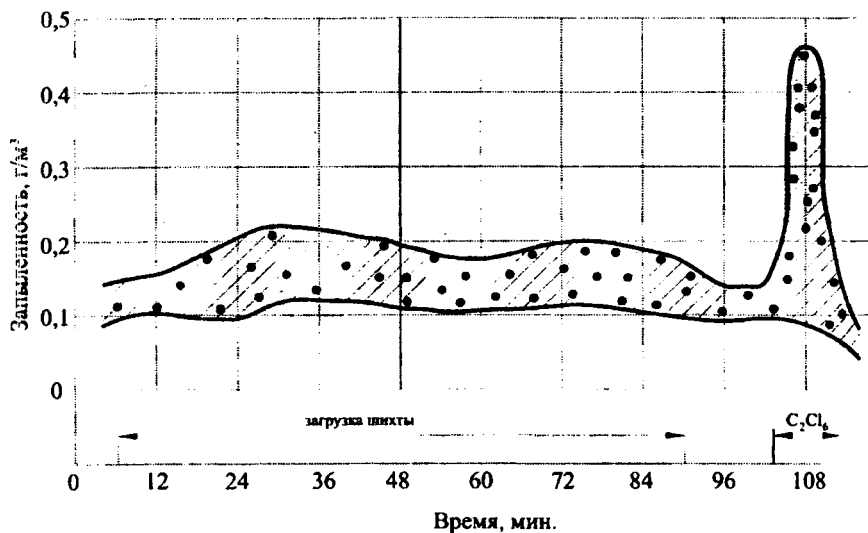


Рисунок 3 – Обобщенные значения запыленности в отсасывающем газоходу от индукционной печи ИАТ-2,5

По данным нескольких серий плавки был построен график, обобщающий запыленность в отсасывающем газоходу (рис. 3). Расход газов в нем соответствовал $8500 \text{ м}^3/\text{ч}$ при температуре $30\text{--}50^\circ\text{C}$. Время рафинирования на плавку составляло $0,05 \text{ ч}$. Период загрузки по усредненным результатам нескольких плавки был принят равным $1,7 \text{ ч}$. Расчеты удельного количества вредных выбросов во время плавки и рафинирования сплава АК9 в индукционной печи ИАТ-2,5 приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Удельное количество вредных выбросов при плавке сплава АК9 в печах ИАТ-2,5

Наименование операций	Расход газов, $\text{м}^3/\text{час}$	Запыленность газов, $\text{г}/\text{м}^3$	Содержание хлоридов, $\text{мг}/\text{м}^3$	Удельные выбросы, $\text{кг}/\text{т}$ жидкого металла	
				Пыль	Хлориды
Загрузка	8500	0,17	—	1,45	—
Рафинирование	8500	0,35	25	0,15	0,005
ИТОГО				1,6	0,005

Дисперсный анализ пыли проводили с использованием аппарата «CULTRONICS». Размеры частиц пыли, отложившейся на стенках отсасывающего газохода индукционной печи ИАТ-2,5, при плавке сплава АК9 колеблются от 3 до 60 мкм, а средний размер составляет 12 мкм. Анализ показал, что обработка расплава гексахлорэтаном существенно не влияет на размер частиц пыли. По данным рентгеноструктурного анализа образцов пыли на установке «ДРОН-1,5» установлено, что в ней присутствуют следующие компоненты: SiO_2 , KCl , NaCl и NaF . Такой состав пыли связан с тем, что переплавляемый возврат содержит в своем составе остатки флюсов, которыми проводилась модифицирующая обработка расплава.

На рисунке 4 приведены микрофотографии образцов пыли, отобранных при загрузке шихты (рис. 4, а) и рафинировании сплава АК9 гексахлорэтаном в печи ИАТ-2,5 (рис. 4, б...д, з).

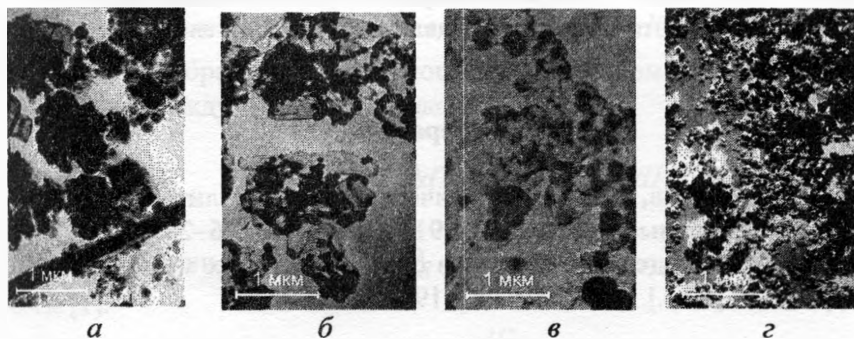


Рисунок 4 – Микрофотографии пыли, образующейся при загрузке шихты (а) и рафинировании сплава АК9 гексахлорэтаном в печи ИАТ-2,5 (б, в, з) $\times 15\ 000$

В процессе обработки сплава С2С16 происходит ряд сложных химических (испарение, химическое взаимодействие, конденсация продуктов испарения), а также чисто механических процессов (например, вынос восходящими газовыми потоками частиц пыли).

На микрофотографиях видно, что первичные частицы пыли имеют размеры 0,1–0,2 мкм, но также встречаются и достаточно крупные частицы размерами до 1 мкм, являющиеся, по-видимому, продуктами захвата частиц восходящими газовыми потоками. Первичные частицы пыли имеют сферическую форму и склонны к коа-

гуляции в комплексы размерами 10–20 мкм. Вместе с мелкими сферическими частицами отчетливо наблюдаются ограненные частицы явно кристаллического происхождения. Если указанные результаты сопоставить с данными рентгеноструктурного анализа, то можно предположить, что ограненные частицы являются кристаллами хлоридов натрия и калия. Остальные химические соединения, присутствующие в составе пыли, очевидно, конденсируются в аморфном состоянии, и поэтому на рентгенограмме не наблюдаются пики, соответствующие этим соединениям.

Проведенные исследования процесса выплавки сплава АК9 в индукционной печи ИАТ-2,5 повышенной частоты показали, что объемы и состав образующейся пыли во многом определяют культурой производства, составом возврата и качеством его подготовки, технологией рафинирования и модифицирования. Образующаяся пыль имеет сложный минералогический состав, является полидисперсной, что создает определенные трудности для ее улавливания.

Литература

1. Бондарев, Б. И. Экологические аспекты литейного производства // Цветные металлы. – 1991. – № 12. – С. 26–28.
2. Производство отливок из сплавов цветных металлов / А.В. Курдюмов [и др.]. – М.: МИСиС, 1996. – 504 с.

УДК 621.74:669.14

В.Ю. СТЕЦЕНКО, канд. техн. наук (ИТМ НАН Беларуси)

МЕХАНИЗМЫ ПЛАВЛЕНИЯ И КРИСТАЛЛИЗАЦИИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Механические и эксплуатационные свойства отливок из металлов и сплавов в основном зависят от их структуры, которая, в свою очередь, во многом определяется процессами, происходящими при