



The peculiarities of powder-gas formation at refining of aluminium alloys with chlorine-containing combinations are considered.

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

УДК 621.745.56

ОСОБЕННОСТИ ПЫЛЕГАЗООБРАЗОВАНИЯ ПРИ РАФИНИРОВАНИИ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ХЛОРСОДЕРЖАЩИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ

Рафинирование силуминов является важной технологической операцией при получении качественных отливок и направлено на повышение их механических свойств, снижение пористости и загрязненности неметаллическими включениями.

В практике цветнолитейного производства наиболее широкое применение для этих целей получила обработка расплава хлорсодержащими соединениями $ZnCl_2$, $MnCl_2$, $AlCl_3$, C_2Cl_6 и др. [1–5]. Технология рафинирования хлоридами состоит во введении их в расплав при помощи колокольчика при непрерывном помешивании до прекращения выделения газообразных продуктов реакции. После этого расплав выдерживают в спокойном состоянии 10–30 мин и используют для заливки в формы.

С целью определения кинетики и объемов пылегазовых выбросов, образующихся в процессе рафинирования алюминия хлорсодержащими препаратами, измеряли запыленность и содержание хлоридов, выделяющихся при обработке расплавов $ZnCl_2$, $AlCl_3$ и C_2Cl_6 в различных плавильных агрегатах. Замеры запыленности и анализ отходящих газов проводили в объеме рабочего пространства печи по методике, изложенной в [6].

Аппроксимацию экспериментальных данных по запыленности (q) и содержанию хлоридов (V_x) в рабочем пространстве плавильных печей выполняли с использованием метода наименьших квадратов [7]. Искомые уравнения математических моделей представляют собой расчетные значения функций q и V_x , определенных при помощи уравнения выбранной параболической зависимости по фактическим значениям времени τ , прошедшему после ввода рафинирующего препарата в расплав. Применительно к обработке сплава 0,05% $ZnCl_2$ в электрической отражательной печи

САН-2,5 математическая модель запыленности имеет вид

$$q = -0,698\tau^2 + 12,270\tau - 4,873$$

и хорошо коррелирует с экспериментальными данными (рис. 1).

Содержание хлоридов в зависимости от времени с момента ввода $ZnCl_2$ описывается параболической зависимостью

$$V_x = -0,244\tau^2 + 9,312\tau + 22,980$$

и хорошо согласуется с расчетными данными (рис. 2).

Рафинирование расплава хлористым алюминием в количестве 0,05% от массы расплава проводили в электрической отражательной печи САК-2. По результатам выполненных замеров рассчитывали изменение запыленности, содержа-

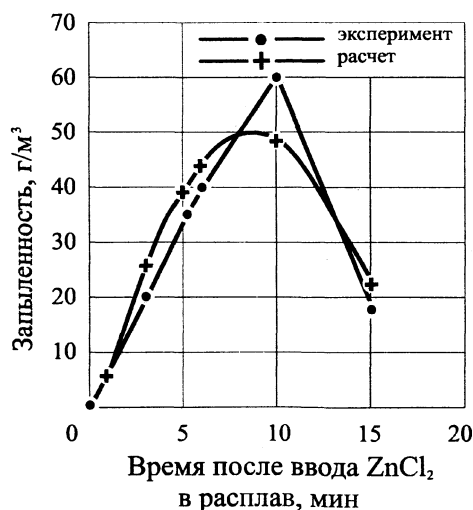


Рис. 1. Экспериментальная и расчетная зависимость запыленности в электрической отражательной печи САН-2,5 от времени после ввода $ZnCl_2$ в расплав

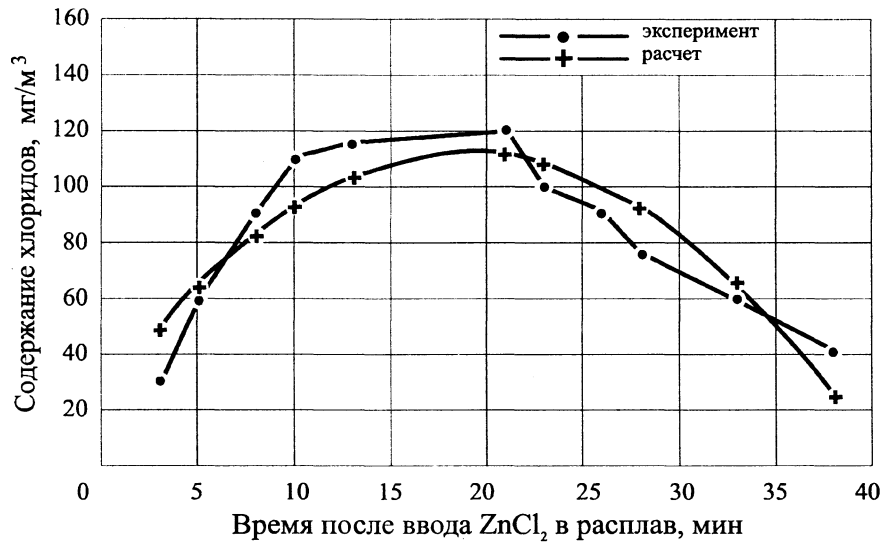


Рис. 2. Экспериментальная и расчетная зависимость содержания хлоридов в электрической печи САН-2,5 от времени после ввода $ZnCl_2$ в расплав

ния хлоридов в процессе плавки и проводили аппроксимацию полученных данных. Анализируемые характеристики описываются параболическими зависимостями

$$q = -0,0017\tau^2 + 0,140\tau - 2,020$$

и

$$V_x = -0,0065\tau^2 + 0,4908\tau - 0,0634,$$

которые хорошо коррелируют с расчетными данными (рис. 3, 4).

Рафинирование расплава гексахлорэтаном (C_2Cl_6) в количестве 0,05% от массы расплава проводили в индукционной тигельной печи ИАТ-2,5. По результатам выполненных замеров в рабочем

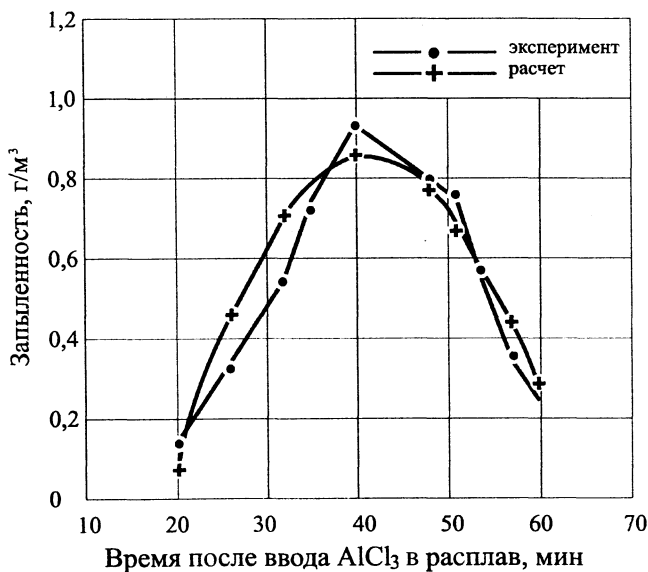


Рис. 3. Экспериментальная и расчетная зависимость запыленности в электрической печи САК-2 от времени после ввода $AlCl_3$ в расплав

пространстве печи над зеркалом металла рассчитывали изменение запыленности и содержания хлоридов в процессе рафинирующей обработки. Аппроксимация расчетных данных показала, что анализируемые характеристики описываются параболическими зависимостями

$$q = -0,2071\tau^2 + 5,7643\tau - 35,9286$$

и

$$V_x = -0,9883\tau^2 + 18,3933\tau - 1,8656,$$

которые хорошо коррелируют с расчетными данными (рис. 5, 6).

Анализ полученных зависимостей показывает, что продолжительность и объемы выбросов пыли существенно зависят от типа плавильного агрегата и рафинирующего реагента. Так, при вводе в расплав $ZnCl_2$ процесс пылевыведения продолжается около 15 мин и максимальная запыленность достигает 60 г/м^3 . Наибольшая продолжительность выделения пыли (около 40 минут) отмечается при обработке расплава хлористым алюминием, но уровень запыленности при этом не превышает $0,9 \text{ г/м}^3$. В случае рафинирования расплава C_2Cl_6 продолжительность пылевыведения составляет около 8 мин при ее максимуме $4,5 \text{ г/м}^3$. Совсем иная зависимость наблюдается по содержанию хлоридов в анализируемых плавильных агрегатах. При вводе в расплав $ZnCl_2$ продолжительность выделения хлоридов составляет около 25 мин при максимальной концентрации 120 мг/м^3 . Рафинирование хлористым алюминием сопровождается выделением хлоридов на протяжении 70 мин при максимальной концентрации их в отходящих газах на уровне 9 мг/м^3 .

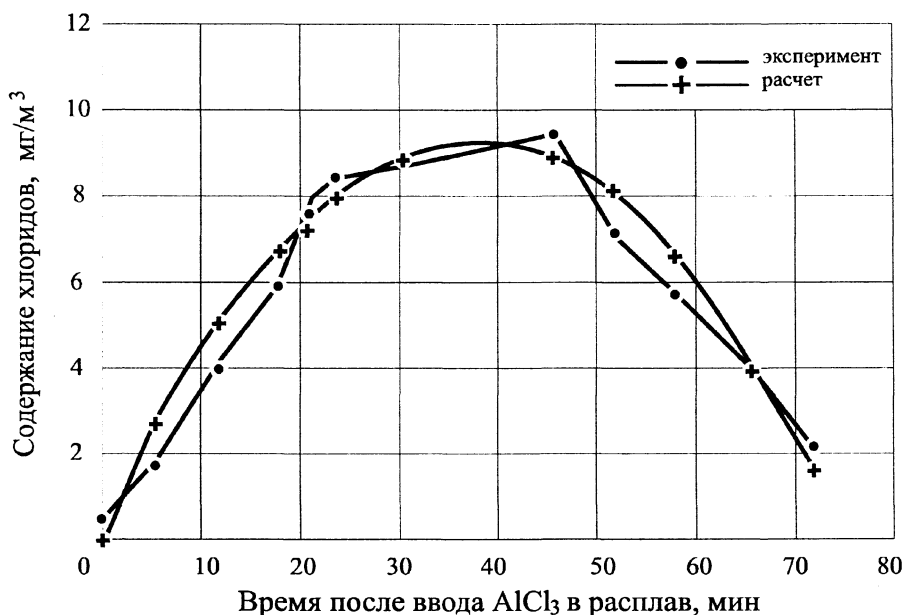


Рис. 4. Экспериментальная и расчетная зависимость содержания хлоридов в электрической отражательной печи САК-2 от времени после ввода AlCl₃ в расплав

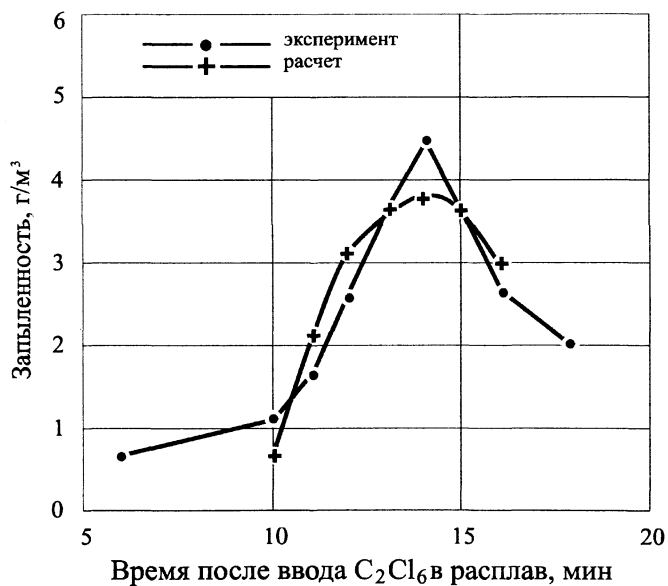


Рис. 5. Экспериментальная и расчетная зависимость запыленности в ИАТ-2,5 от времени после ввода C₂Cl₆ в расплав

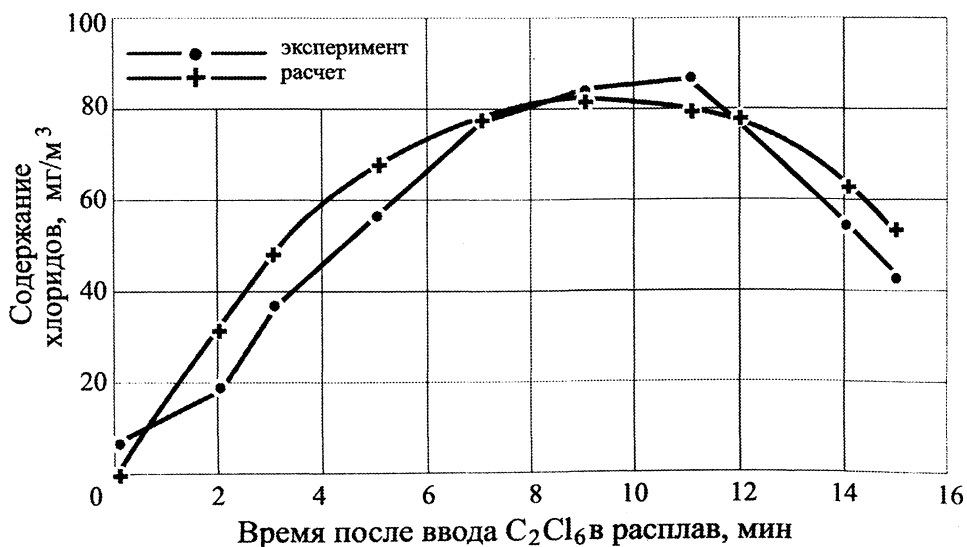
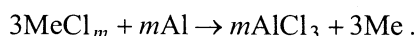


Рис. 6. Экспериментальная и расчетная зависимость содержания хлоридов в ИАТ-2,5 от времени после ввода C₂Cl₆ в расплав

Обработка расплава C_2Cl_6 приводит к выделению хлоридов в течение 15 мин с максимальной концентрацией около 8 мг/м^3 .

Такой характер пылегазовыделения при рафинировании перечисленными препаратами во многом определяется условиями их разложения при вводе в расплав.

Рафинирование хлоридами основано на реакции обменного разложения, которые в общем случае можно записать в следующем виде:

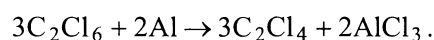
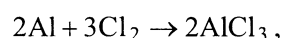
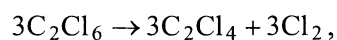


Образующийся в результате реакции хлористый алюминий мгновенно превращается в пар, так как он кипит при температуре около 180°C . Хлористый алюминий нейтрален по отношению к сплаву и пузырьки $AlCl_3$ действуют подобно пузырькам инертного газа [4].

Обработка расплава хлористым алюминием имеет свои особенности. В процессе рафинирования сплава другой солью одной из стадий является разложение соли с освобождением связей хлора, который в виде химически активных частиц (атомов, ионов) взаимодействует с алюминием, образуя вначале молекулы и мельчайшие пузырьки. Дальнейший рост пузырьков хлористого алюминия происходит за счет слияния их со свободными молекулами и другими пузырьками. Промывная способность растущих в сплаве пузырьков оказывается достаточно высокой. Иной процесс наблюдается при введении в жидкий сплав готового $AlCl_3$. Как только соль оказывается в расплаве с температурой $700\text{--}740^\circ\text{C}$, начинается бурное парообразование хлористого алюминия. От стенок колокольчика отрываются только такие пузырьки $AlCl_3$, давление в которых выше суммарного – атмосферного, металлостатического и давления сил поверхностного натяжения. Давление в таких пузырьках быстро возрастает вследствие диффузии в них водорода.

Крупные пузырьки в сплаве не только быстро всплывают, но и поднимаются они преимущественно в одном и том же месте – недалеко от бо-

ковой поверхности колокольчика. В результате этого промывается в основном та часть сплава, которая находится над колокольчиком. Диффузия водорода в пузырьки из отдаленных участков сплава замедляется и, учитывая их малые размеры, всплывание пузырьков $AlCl_3$ происходит достаточно долго, что и подтверждают результаты измерений. При вводе в расплав гексахлорэтана (C_2Cl_6) он интенсивно возгоняется около 185°C , но реакция его взаимодействия с алюминием при температурах обработки $740\text{--}750^\circ\text{C}$ идет не до конца, а приблизительно на 30% [4], остальной же хлор остается в соединении с углеродом, образуя тетрахлорэтилен в соответствии с реакциями:



Образующийся по реакции тетрахлорэтилен (C_2Cl_4), будучи при комнатной температуре жидкостью с температурой кипения 121°C , в условиях жидкого сплава мгновенно превращается в пар и действует одновременно с $AlCl_3$ как нейтральный газ [2, 4]. Вместе с тем, громоздкие молекулы C_2Cl_4 не способны диффундировать в массу сплава и, собираясь в крупные пузыри, они быстро всплывают на поверхность ванны, не производя того эффекта, который получился бы в случае взаимодействия всего хлора с алюминием. Это, по-видимому, и способствует быстрому протеканию процессов выделения пыли и хлоридов.

Поэтому при выборе хлорсодержащих соединений для рафинирования алюминиевых сплавов необходимо учитывать объемы пылегазовыделений, образующихся в результате их разложения, а также глубину слоя расплава в плавильном агрегате. Для печей с малой глубиной ванны рафинирование лучше проводить флюсами, так как разлагающиеся хлориды быстро удаляются из расплава, вызывают его интенсивное бурление и не оказывают существенного рафинирующего эффекта.

Литература

1. Производство отливок из сплавов цветных металлов / А. В. Курдюмов, М. В. Пикунов, В. М. Чурсин, Е. Л. Бибииков. М.: МИСИС, 1996.
2. Плавка и литье алюминиевых сплавов / М. Б. Альтман, А. Д. Андреев, Г. А. Балахонцев и др. М.: Металлургия, 1983.
3. Флюсовая обработка и фильтрование алюминиевых расплавов / А. В. Курдюмов, С. В. Инкин, В. С. Чулков, Н. И. Графас. М.: Металлургия, 1980.
4. Коротков В. Г. Рафинирование литейных алюминиевых сплавов. М.: Машгиз, 1963.
5. Цветное литье: Справ. / Н. М. Галдин, Д. Ф. Чернега, Д. Ф. Иванчук и др. М.: Машиностроение, 1989.
6. Исследование пылегазовых выбросов, образующихся при плавке и рафинировании алюминиевых сплавов в отражательных печах / С. П. Задруцкий, Б. М. Немененок, Г. А. Румянцева, А. П. Бежок // Литье и металлургия. 2009. № 1. С. 78–85.
7. М а н и т а А. Д. Теория вероятности и математическая статистика. М.: УНЦ ДО, 2001.