

Оценка накопления стронция в расплаве при модифицировании силуминов

Бежок А. П., Неменёнок Б. М., Румянцева Г. А.
Белорусский национальный технический университет

Стронций относится к модификаторам длительного действия и обеспечивает модифицирующий эффект в течение нескольких часов и даже после переплава модифицированного сплава.

Малый угар стронция из расплава таит в себе опасность его накопления в возврате, что может в итоге привести к нежелательным последствиям [1].

Влияние переплавов на потери стронция исследовали на сплаве АК12оч. Исходная концентрация стронция в расплаве была увеличена до 0,1 %. Рафинирование расплава не производили. При температуре 720–730 °С брали пробу на химический анализ, а остаток сплава заливали в плоскую металлическую изложницу. После затвердевания слитка его расплавляли, при 720–730 °С брали пробу на химический анализ и вновь отливали слиток. Было проведено три переплава. Если в исходном сплаве содержалось 0,1 %, то после первого переплава его концентрация снизилась до 0,07 %, после второго – до 0,027 %, после третьего – до 0,007 %. Проведенный эксперимент показал, что в результате однократного переплава потери стронция составляют только 1/3 его концентрации. Поэтому необходимо создать методику расчета накопления концентрации стронция в силуминах при многократном использовании в составе шихты возврата собственного производства.

При проведении расчета принимали следующие условия:

- исходная плавка проводится на чистой шихте с вводом 0,03 % стронция;
- рафинирование модифицированного сплава проводится азотом и потерями стронция в процессе этой операции пренебрегали;
- первую плавку проводили с использованием m (кг) собственного возврата, содержащего k (%) стронция;
- расчет стронция по шихтовке проводили на полную массу плавки.

Использовали следующие условные обозначения, принятые в расчете:

C – количество вводимого в расплав стронция по шихтовке, %;

M – полная масса плавки вместе с отходами, кг;

a – количество отходов в плавке, %;

C_n – остаточная концентрация стронция в отливках, %.

При проведении первой плавки с отходами количество стронция, вносимого отходами, составит:

$$C_1 = \left(k \cdot \frac{m}{100} + C \cdot M / 100 \right) \cdot \frac{100}{M} = k \cdot \frac{m}{M} + C. \quad (1)$$

При проведении второй плавки с отходами в шихту вносится $\left(k \cdot \frac{m}{M} + C \right) \cdot \frac{m}{100}$ кг

стронция и $\frac{C \cdot M}{100}$, кг вводится стронция по шихтовке. В итоге процентное содержание стронция в шихте составит:

$$C_2 = \left[\left(\frac{k \cdot m}{M} + C \right) \cdot \frac{m}{100} + \frac{C \cdot M}{100} \right] \cdot \frac{100}{M} = \frac{k \cdot m \cdot m \cdot 100}{M^2 \cdot 100} + \frac{C \cdot m \cdot 100}{100 \cdot M} + \frac{C \cdot M \cdot 100}{100 \cdot M} =$$

$$= k \cdot \left(\frac{m}{M} \right)^2 + C \cdot \frac{m}{M} + C. \quad (2)$$

Для третьей плавки, проводимой с использованием возврата собственного производства, концентрация стронция в шихте составит:

$$C_3 = \left[\left(\frac{k \cdot m^2}{M^2} + \frac{C \cdot m}{M} + C \right) \cdot \frac{m}{100} + \frac{C \cdot M}{100} \right] \cdot \frac{100}{M} = k \cdot \left(\frac{m}{M} \right)^3 + C \cdot \left(\frac{m}{M} \right)^2 + C \cdot \frac{m}{M} + C. \quad (3)$$

Для n -й плавки с отходами собственного производства содержание стронция в шихте будет составлять:

$$C_n = k \cdot \left(\frac{m}{M} \right)^n + C \cdot \left(\frac{m}{M} \right)^{n-1} + C \cdot \left(\frac{m}{M} \right)^{n-2} + \dots + C \cdot \frac{m}{M} + C. \quad (4)$$

Учитывая, что отношение $\frac{a}{100} < 1$, то первое слагаемое $k \cdot \left(\frac{a}{100} \right)^n \rightarrow 0$ при $n \rightarrow \infty$, а второе слагаемое представляет убывающую геометрическую прогрессию со знаменателем $q = \frac{a}{100}$ и первым членом $a_1 = 1$.

Для убывающей геометрической прогрессии сумма всех членов равна:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} S_n = \frac{a_1}{1 - q} = \frac{100}{100 - a}; \quad (5)$$

$$C_n = C \cdot \frac{100}{100 - a} = \frac{100 \cdot C}{100 - a}. \quad (6)$$

Считая, что $a = 40$, а $C = 0,03\%$ из выражения (6) получаем $C_n = 0,05\%$.

Следовательно, при использовании в составе шихты 40 % возврата и модифицировании расплава 0,03 % стронция максимальное содержание стронция в отливках не превысит 0,05 %. При увеличении первоначальной добавки стронция до 0,04 % остаточное его содержание в отливках может вырасти до 0,067 %. Необходимо учитывать также, что на ряде цветнолитейных предприятий доля возврата в шихте составляет до 60 %. В этом случае даже при вводе 0,03 % стронция в отливках может накопиться до 0,075 % стронция. В таких случаях следует рассчитывать количество вводимого модификатора исходя из 0,03–0,04 % стронция от массы свежих шихтовых материалов.

Следует учитывать, что степень усвоения стронция расплавом зависит от его концентрации в лигатуре и дисперсионности алюминидов стронция. Наиболее предпочтительны лигатуры, содержащие не более 10 % стронция и полученные при высоких скоростях кристаллизации [1].

Литература

1. Бежок А. П. Совершенствование технологии модифицирования силуминов стронцием: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.16.04 / А. П. Бежок; БГПА. – Минск, 1999. – 20 с.