

### Теплообменный процесс плавки металла с применением биологически активного флюса

студентка гр. 57-16 БТ Ф.Н.Тураходжаева,  
 Научный руководитель д.т.н., профессор Н.Д.Тураходжаев  
 Узбекско-Японский молодёжный центр инноваций,  
 Ташкентский государственный технический университет  
 г. Ташкент

Теплообменный процесс является одним из сложных явлений, в котором должны быть учтены максимально возможные варианты значений. Для упрощения этой задачи используется математическая модель процесса. На основе результатов проведённых экспериментальных исследований нагрева, оплавления и перегрева сплавов была разработана математическая модель теплообмена в плавильных агрегатах. При разработке математической модели учитывалось, что процесс плавления и перегрева металла в печи является квазистационарным, то есть в установившемся режиме: расход металла равен приходу, уровень расплава в ванне печи постоянен. Это позволило использовать при построении модели метод теплового баланса [1].

Тепловая схема печи включает в себя нагрев и оплавление твёрдой шихты, перегрев расплава и теплообмен между металлом и конструкцией печи. Отличительной особенностью данной печи является наличие контакта нагретой твёрдой шихты с жидкой ванной. При высокой теплопроводности расплава, которая характерна для цветных сплавов, температура расплава в ванне печи будет близка к температуре плавления сплава.

Так как металл нагревается от  $T'_\omega$  до  $T_m$  в печи, а в ванне присутствует как твёрдая, так и жидкая фазы можно принять:

$$T_M'' \approx T_{пл}$$

Во всех печах, имеются металлические составляющие с высокоразвитой поверхностью подвергаемых тепловой обработке, участием в теплообмене всех видов теплопередачи, высокой интенсивностью теплообмена в противотоке, играет главенствующую роль в том многообразии сложных процессов, которые описываются теорией плавки.

Высокий коэффициент полезного действия печи может быть обеспечен при соблюдении эффективности теплообмена. Этой проблеме посвящены многие исследовательские работы, как в странах СНГ, так и в других странах мира. Однако учесть все параметры теплообменного процесса практически невозможно, хотя теоретически используя коэффициенты соответствия, вводятся в математические модели процесса максимально возможные параметры. Одним из таких параметров является флюс, применяемый в качестве защитного слоя между атмосферой печи и жидкой ванной. В зависимости от состава и толщины флюса, теплообменный процесс между жидким металлом будет проходить в определённом диапазоне. В свою очередь, флюсы с меньшей теплопроводностью, будут способствовать теплообменному процессу между жидкой и твёрдой фазами металла [2].

Параметры теплообменного процесса описываются формулой:

$$\alpha_v = A_F \frac{\omega_0 T^{0.5}}{d^{1.3}} M',$$

Однако, с учетом внешнего и внутреннего теплового сопротивления металла теплообменный процесс в ванне будет иметь вид:

$$\frac{1}{K_v} = \frac{1}{\alpha_v} + \frac{R^2}{9\lambda}$$

В свою очередь, если не учитывать внутреннее сопротивление куска объёмный коэффициент теплопередачи равен:

$$\alpha_v = A_F \frac{\omega_0^{0,9} T^{0,3}}{d^{0,75}} M'.$$

С учетом защитного слоя флюса коэффициент  $M'$ , зависящий от разности слоя, оказывает большое влияние на объёмный коэффициент теплопередачи  $\alpha_v$  [3].

Так как коэффициент  $A_F$ , учитывающий характеристики материала (шероховатость, степень черноты поверхности, теплопроводность), имеет большое влияние на объёмный коэффициент теплопередачи, а загружаемая металлическая шихта входит в жидкий расплав с частицами флюса, то его необходимо учитывать как граничный слой между твёрдой и жидкой фазами шихты.

Из условия полного расплавления твёрдой шихты в ванне, по закону Фурье кинетика этапов нагрева, расплавления и перегрева шихты описывается уравнениями с соответствующими граничными условиями:

$$\frac{\partial T_i'}{d\tau} = \frac{a_i}{x^2} \frac{\partial}{\partial x} \left( x^2 \frac{\partial T_i'}{\partial x} \right)$$

$$i = 1, 0 \leq x \leq l; i = 2, l \leq x \leq x$$

$$T_1'(\tau, l) = T_2'(\tau, l); \lambda_1' \frac{\partial T_1'}{\partial x}(\tau, l) = \lambda_2' \frac{\partial T_2'}{\partial x}(\tau, l); \frac{\partial T_1'}{\partial x}(\tau, 0) = 0;$$

В этих общепринятых формулах индексы:  $i=1$  относится к твёрдой шихте;  $i=2$  относится к корке металла, а  $i=3$  относится к жидкому металлу, то для более точного расчёта теплообменного процесса индекс  $i=2$  должен относиться к корке металла и оболочкой флюса. Однако, как было изложено выше, теплофизические свойства флюса зависят от его химического состава и время его воздействия на теплообменный процесс будет дифференциальным. Для снижения воздействия флюса на общий процесс плавки, в состав флюса вводятся биоактивные элементы с высокими жаропрочными свойствами [3]. Таким образом, системы уравнений, описывающие процесс расплавления шихты в различные этапы будут решаться численными методами. В данном случае основной является интегральная характеристика процесса, то есть время расплавления шихты. Поэтому для решения применяется интегральный метод:

$$T(x, \tau) = T_u + \frac{T_n - T_u}{R} \left( 1 - \frac{R}{x} \right) R,$$

## ЛИТЕРАТУРА

1. Н.Д.Тураходжаев, Т.Х.Турсунов, Л.Э.Якубов, Х.З.Абдурахманов Ш.Н.Тураходжаева, Ш.А.Ташбулатов, А.Мукимов Определение режимов плавки алюминиевых сплавов с применением защитного флюса. // Вестник ТГТУ. – Ташкент, 2015. - № 3. - С. 174–179.
2. Karimov K.A., Akhmedov A.H., Umurzakov A.K., Abduvaliev U.A., Turakhodjaev N.D. Development and analytical realization of the mathematical model of controlled motion of a positioning mechanism // European Applied Sciences. Europäische Fachhochschule [info@ortpublishing.de](mailto:info@ortpublishing.de). Germany, #4, 2015. - 63-66 s.
3. Salokhiddin Nurmurodov, Alisher Rasulov, Nodir Turakhodjaev, Kudratkhon Bakhadirov, Lazizkhan Yakubov, Khusniddin Abdurakhmanov, Tokhir Tursunov. Development of New Structural Materials with Improved Mechanical Properties and High Quality of Structures through New Methods. Journal of Materials Science Research, Vol.5, 2016. № 3. – S. 52-58.