

ГИДРОДИНАМИКА ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОЙ КАПЛИ ЭЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛЛА В РАСПЛАВЕ ФЛЮСА

Матвеева М.А.¹, Чуманов И.В.¹, Сергеев Д.В.¹

¹) Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», г. Челябинск, Россия
E-mail: matveevama@susu.ru

HYDRODYNAMICS OF THE MOTION OF THE LIQUID DROPLET OF ELECTRODE METAL IN THE MOLTEN SLAG

Matveeva M.A.¹, Chumanov I.V.¹, Sergeev D.V.¹

¹) Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia

The results of mathematical modeling of liquid metal droplet hydrodynamics in the slag bath during ESR in the field of centrifugal forces are presented. The size of the bead affects its trajectory, the time of stay in the slag bath and the temperature of heating when passing the slag bath.

Наличие центробежных сил, возникающих при вращении расходуемого электрода в процессе электрошлакового переплава, придаёт отрывающимся каплям электродного металла криволинейную траекторию движения, тем самым увеличивая время пребывания капли в шлаковой ванне и повышая степень рафинирования [1]. Больше время пребывания капли металла в шлаковой ванне приводит к большему нагреву. Попадая в металлическую ванну, капли формируют геометрию её двухфазной границы. Из чего следует важность умения прогнозировать место доставки электродного металла с целью влиять на форму дна металлической ванны и формировать однородную кристаллическую структуру[2,3].

Для описания движения жидкой металлической капли создана гидродинамическая математическая модель. Для решения поставленной задачи выбрана декартова система координат с точкой отсчёта в центре торца расходуемого электрода. Считаем, что в начальный момент времени капля находится на поверхности торца на оси вращения электрода. Так же приняты допущения:

1. кинетическая энергия капли не переходит в тепло, диссипация ее кинетической энергии идет на приведение в движение расплава флюса;
2. капля жидкого металла ведет себя как твердое тело (частица) и имеет постоянную шарообразную форму радиуса;
3. химическое и тепловое взаимодействие между металлом и флюсом не влияет на движение капли;
4. процесс деформации расплавов металла и флюса в процессе их взаимного движения не сопровождается изменением их плотностей и вязкости;

5. движение капли металла в расплаве флюса (после ее отрыва от электрода) происходит в двух направлениях: в вертикальном и горизонтальном;

6. пренебрегаем влиянием на поведение частицы горизонтального течения флюса, возникающего под действием центробежных, вязкостных и электромагнитных сил.

Расчёт проводился в среде Mathcad. Создана компьютерная программа «Движение и теплообмен частицы металла в расплаве», которая может применяться для расчета и визуализации параметров движения и теплового состояния капли металла при ее отрыве от вращающегося электрода.

Результаты компьютерного моделирования гидродинамики и теплообмена при движении капли металла в расплаве флюса АНФ-6 приведены в зависимости от размера:

– для капли 1 мм вертикальная скорость движения 35 мм/сек, температура при её нахождении в шлаковой ванне 1 сек – 1490 градусов Цельсия;

– для капли 2 мм вертикальная скорость движения 80 мм/сек, температура при её нахождении в шлаковой ванне 1 сек – 1537 градусов Цельсия;

– для капли 3 мм вертикальная скорость движения 150 мм/сек, температура при её нахождении в шлаковой ванне 1 сек – 1580 градусов Цельсия.

Установлены особенности динамики поведения капель металла диаметром менее 1мм. Механизм их движения отличается от движения более крупных капель. При их отрыве от вращающегося электрода частицы «зависают» под действием вертикального потока флюса, его горизонтальным потоком выносятся на край электрода и далее опускаются с постоянной скоростью на поверхность металлической ванны.

1. Чуманов, И.В. Влияние вращения расходуемого электрода при электрошлаковом переплаве на анизотропию свойств получаемого слитка / И.В. Чуманов, М.А. Матвеева, Д.В. Сергеев // Известия высших учебных заведений. Чёрная металлургия. 2019. Т. 62. №2. С. 91-96.
2. Чуманов, В.И. Кинетическая модель переплава вращающегося электрода / В.И. Чуманов, Б.П. Белозёров, И.В. Чуманов // Известия вузов. Чёрная металлургия. – 1994. – № 8. – С. 57–59.
3. Чуманов, И.В. Технология электрошлакового переплава с вращением расходуемого электрода / И.В. Чуманов, В.И. Чуманов // Металлург. – 2001. – № 3. – С. 40–41.