

ИССЛЕДОВАНИЕ МАССОПЕРЕНОСА ВОДОРОДА ИЗ РАСПЛАВА АЛЮМИНИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НА МЕЖФАЗНУЮ ПОВЕРХНОСТЬ «ВАКУУМ-МЕТАЛЛ» ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Комиссарова Е.В. (ПТТ-12М)*
Донецкий национальный технический университет

Исследования воздействия электростатического поля на расплавы металлов интенсивно начались в прошлом столетии и продолжаются до сих пор. Вместе с тем вопрос о степени ионизации атомов водорода в жидком металле остается открытым, хотя положительное влияние этого поля на металлургические технологии доказано экспериментальными исследованиями В.И. Явойского, Б.В. Линчевского, Э.В. Мюллера и других ученых. Логично предположить, что степень ионизации атомов водорода в расплаве металлов возрастает при повышении температуры. Современные представления о форме нахождения водорода в расплавах металлов должны включать предшествующий уровень знаний (электрически нейтральные атомы) как частный вариант, реализуемый при невысокой температуре легкоплавкого металла.

При компьютерном моделировании массопереноса водорода из расплава алюминия комплексным воздействием вакуума и электростатического поля умеренных напряженностей ($0 < E < E_{кр}$) возникает проблема постановки граничного условия для уравнения диффузии на межфазной поверхности «вакуум-расплав алюминия». Закон Сивертса записывается следующим образом:

$$C_n = K_H \cdot \sqrt{P_{H_2}}, \quad (1)$$

где C_n - концентрация удаляемого водорода на этой поверхности; P_{H_2} - парциальное давление водорода в вакуум-камере; K_H - постоянная Сивертса для водорода в расплаве алюминия.

Однако данный закон не решает проблемы, т.к. не учитывает воздействие электростатического поля. Нами разработана обобщающая запись уравнения (1):

$$C_n(r) = K_H \cdot \sqrt{P_{H_2}} [(1-i) + i \cdot K_E(r)], \quad (2)$$

где i - степень ионизации атомов водорода на межфазной поверхности «вакуум-расплав алюминия» при заданной температуре; r - расстояние до оси симметрии системы; $K_E(r)$ - безразмерная функция, определяющая степень возрастания C_n полностью ионизированных атомов ($i=1$) в сравнении с аналогичной характеристикой при $i=0$.

Правильность формулы подтверждается следующим:

- при $i=0$ (нет ионизации атомов водорода) выражение (2) переходит в (1);
- при $E=0$, т. е. $K_E = 1$ имеет место аналогичный переход;
- наблюдается качественное соответствие результатам экспериментальных исследований проф. Д.А. Дюдкина и инж. А.А. Комарова по генерации электрического тока в этой системе при замыкании цепи. Эти исследования

* Руководитель – к.т.н., доцент Н.И. Захаров

подтвердили наличие максимума в распределении $C_n(r)$ путем фиксации сгустков (областей повышенной плотности свободных зарядов) на поверхности алюминиевого проводника при его движении в электростатическом поле умеренных напряженностей.

Как показали исследования на компьютере, величина максимума возрастает при повышении как степени ионизации атомов водорода на межфазной поверхности «вакуум-расплав алюминия», так и напряженности электростатического поля. Известно, что возрастание концентрации частиц удаляемого водорода приводит к росту во второй степени скорости химической реакции объединения ионов в молекулы на этой межфазной поверхности. В этом случае усиливается кинетическое звено многоступенчатого процесса дегазации расплава алюминия, что имеет решающее значение, если оно является лимитирующим. Безразмерная функция $K_E(r)$ показана на рис. 1.

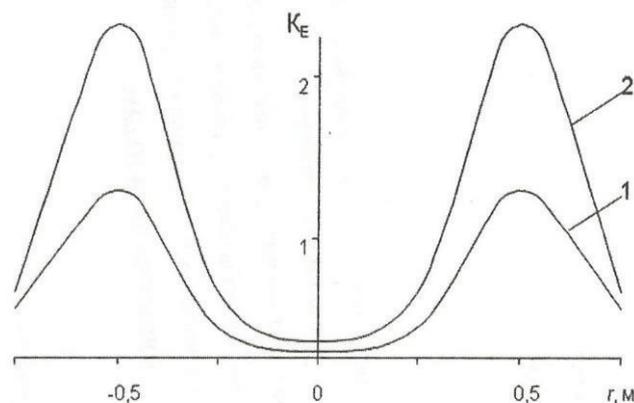


Рисунок 1 – Распределение концентрации ионизированной части атомов водорода по межфазной границе: 1- $E'_z = 1 \cdot 10^5$ В/м; 2- $E'_z = 2 \cdot 10^5$ В/м

С учетом $K_E(r)$ по формуле (2) нами был построен график распределения безразмерной рассматриваемой концентрации $\tilde{C}_n = C_n / C_n^0$ по координате r поверхности (рис. 2).

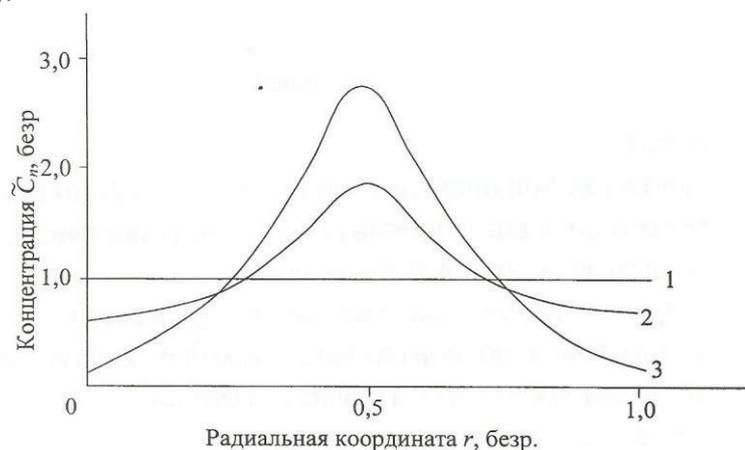


Рисунок 2 – Распределение безразмерной концентрации \tilde{C}_n атомов водорода на межфазной поверхности «металл-вакуум»: 1- $i=0$; 2- $i=0,5$; 3- $i=1,0$; $E = 2,0 \cdot 10^{+5}$ В/м