

УДК 537.311.33

Иванов А.В., Череповский С.С.

Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины, г. Николаев

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО СТИМУЛИРОВАНИЯ
ПРОЦЕССОВ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ РАСПЛАВА ВОЗДЕЙСТВИЕМ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА**

На сегодняшний день обработка расплава электрическим током, пропускаемым непосредственно через расплав, является эффективным инструментом по модифицированию его структуры и улучшению его свойств [1, 2]. Однако стройной теории для системы «Параметры воздействия-Механизмы воздействия- Структура-Свойства» еще нет и находится она в процессе своего развития. Данные о механизмах такой обработки можно условно разделить на макро- и микроуровень, т.е. влияние тока на объем расплава и его влияние на микроструктурные составляющие, например, кластеры и зародыши. И, если процессы на макроуровне изучены достаточно хорошо, то данные по воздействию электрического тока на микро- нано- включения отрывочны и сравнительно малочисленны. Поэтому получение таких данных численно или экспериментально является актуальной научно-технической задачей. Так же это позволит оценить и объяснить изменение термодинамической обстановки в расплаве при его кристаллизации и последующем твердении.

Цель работы: методами математического моделирования показать характер и перераспределения параметров электрических и тепловых полей, возникающих в расплаве при прохождении электрического тока, на микрочастицах.

Для определения особенностей распределения электрического и теплового полей на границе раздела фаз в жидкометаллическом проводнике достаточно в первой постановке ограничиться моделированием ситуации, когда модельная частица находится в сфере влияния электрического поля и имеет проводимость $\sigma_{\text{вкл}}$, которая больше или меньше проводимости расплава $\sigma_{\text{распл}}$. Ограничимся размером частицы порядка 10^{-8} м. Рассматривались круглые и кубические частицы.

Полученные в результате численного эксперимента результаты позволяют утверждать о существенном влиянии формы и проводимости частицы на характер перераспределения электрического и теплового полей в области «частица-расплав». При наличии проводящей частицы наблюдается ослабление электрического поля внутри её объема и скачек потенциала на её границах. Это обуславливает характер-

ное резкое увеличение на 50% тепловой мощности на границах, ориентированных вдоль направления электрического тока и такое же скачкообразное уменьшение на 60 % на границах, перпендикулярных направлению токовых линий. В связи с тем, что электрическое поле проникает в проводящую частицу, тепловая мощность ($\approx 25-30$ % для данного случая) выделяется и внутри её объема пропорционально $\sigma_{\text{вкл}}/\sigma_{\text{расп}}$. В случае непроводящей частицы, электрическое поле практически не проникая в нее, обуславливает характерный скачек напряженности и, соответственно, удельной мощности тепловыделения на границах, перпендикулярных линиям тока на 70 % для круглой частицы. Для кубической частицы такой скачек параметров составляет порядка 50 % в области середины грани кубического включения, но значения напряженности и тепловой мощности практически уменьшаются до нуля на границах, расположенных вдоль направления протекания тока.

Предложенный алгоритм решения поставленной задачи может быть использован для анализа подобной электрофизической ситуации в случаях наличия ансамбля частиц различной формы, проводимости и размера.

Основываясь на результатах численного моделирования, предложена рабочая гипотеза об изменении химического потенциала в области частицы, а, значит, и кристаллизационной способности всего расплава, что, по мнению авторов, в дальнейшем позволит создать научно-обоснованные подходы и методы для решения термодинамической задачи, анализирующей образование и рост кристаллов при протекании через расплав электрического тока.

Список литературы.

1. Цуркин, В.Н. Электротоксовая обработка жидких и кристаллизующихся сплавов в литейных технологиях/ В. Н. Цуркин, А. В. Синчук, А. В. Иванов // Электронная обработка материалов. 2011,– №5.– С.89 - 98.
2. Цуркин, В. Н. Проблемы и методы электротоксовой обработки расплавов в технологиях литейного производства / В. Н. Цуркин // Процессы литья. 2015,– №5. – С. 3-10.