

УДК 621.74

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗЛИВКИ НА СПЛАВЕ Sn-Pb И ПОЛУЧЕНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ЗАГОТОВКИ В КРИСТАЛЛИЗАТОРЕ ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ПРОКАТКИ

Олег Михайлович Шафиев, Зураб Абесаломович Цхадаиа

*Студенты 4 курса, специалитет*

*кафедра «Оборудование и технологии прокатки»*

*Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана*

*Научный руководитель: В.В. Стулов,*

*доктор технических наук, профессор кафедры «Оборудование и технологии прокатки»*

Изучение процессов тепло - и массообмена на моделях, как физических, так и математических, является актуальным как в нашей стране, так и за рубежом, в частности, при изучении работы объекта в новых условиях его охлаждения с целью определения параметров и их значений, коренным образом влияющих на процессы затвердевания и показатели работы системы охлаждения. Перечисленные задачи широко обсуждаются на международных конференциях [1,2] и в итоге направлены на повышение качества и конкурентоспособности металлопродукции, снижение энерго - и ресурсоемкости производства, что нашло отражение в Государственной программе Российской Федерации [3].

Целью настоящей работы является моделирование процесса разлива и охлаждения оловянно – свинцовистого сплава (Sn – Pb, Pb ≤ 10 %) в двух моделях цилиндрических кристаллизаторов: № 1, содержащей замкнутый контур с возможностью кипения в нем теплоносителя, и № 2 – существующей конструкции, охлаждаемой холодной водой.

Стенки кристаллизатора изготавливаются толщиной  $\delta = 10^{-3}$  м из стали 08X18H10T толщиной  $\delta = 10^{-3}$  м. Температура кристаллизации сплава  $t_s = 210$  °С.

Геометрические параметры моделей кристаллизаторов:

№ 1 и № 2 -  $d_{в1} = 0,047$  м – внутренний диаметр,  $d_{н1} = 0,077$  м – наружный диаметр,  $H_1 = 0,16$  м – высота,  $F_0 = 2,17 \cdot 10^{-2}$  м<sup>2</sup> – площадь поверхности контакта с отливкой,  $F_n = 3,87 \cdot 10^{-2}$  м<sup>2</sup> – площадь наружной поверхности.

Измерение температуры охлаждающей воды осуществляется цифровым термометром Мегеон 26300 с точностью измерения  $\pm 1$  °С.

Измерение температуры стенки кристаллизатора и конденсатора пара осуществляется оптическим пирометром TemPro 550 с погрешностью 1,5 %.

Предварительно перед разливкой расплава в кристаллизатор он прогревается изнутри до температуры начала активного испарения (кипения) теплоносителя, равной 70 – 80 °С, контролируемого пирометром по температуре стенки.

Установлено, что при диаметре отливки  $d_0 = 0,047$  м максимальное значение толщины корочки в модели существующей конструкции кристаллизатора № 2 достигается за время  $\tau < 60$  с, что в 1,5 раза меньше, чем в кристаллизаторе № 1. Такой показатель может свидетельствовать о более «мягком» охлаждении модели кристаллизатора № 1 по сравнению с моделью № 2.

В процессе исследования также установлено, что при получении отливки в модели № 1 наблюдается незначительное увеличение площади и размеров зерен в

сходственных точках (на 5 – 7 %). Однако, по периметру отливки, полученной в модели № 1, наблюдается более равномерная структура по площади и размерам зерен, в особенности, на краю отливки и на половине радиуса, по сравнению с отливкой, полученной в модели № 2, в которой расхождение площади зерен по периметру отливки достигает 5 %. Средние размеры зерен в отливках, мм: 0,04 – 0,05 – с краю; 0,06 – 0,07 – на половине радиуса; 0,08 – 0,09 – в центре. Полученный результат объясняется, с одной стороны, более высокой температурой стенки модели № 1 (на 20 – 40 °С), а с другой стороны, более равномерным охлаждением пароводяной смесью по периметру цилиндрической стенки модели, по сравнению со стенкой модели № 2, охлаждаемой холодной водой при ее конвективном движении.

Выводы. Положительные результаты разлива расплава и тепловой работы модели кристаллизатора с замкнутым испарительно – конденсационным контуром будут использованы в дальнейших исследованиях с заменой теплоносителя с более низкой температурой кипения в замкнутом контуре циркуляции, а также при увеличении в модели передаваемого теплового потока до наступления кризиса кипения теплоносителя. В работе планируется использование автоматизированного контроля температуры стенки модели кристаллизатора.

В модели кристаллизатора № 1 значение температуры на поверхности стенки, контактирующей с отливкой,  $t_1 = 132 - 195$  °С сохраняется более продолжительное время (в 5 – 6 раз больше) по сравнению со значением  $t_1 \leq 134$  °С в модели кристаллизатора № 2. Такой результат свидетельствует о более «мягком» охлаждении стенки в модели № 1 по сравнению с моделью № 2 и будет использован при разработке устройства и технологии для получения цилиндрических заготовок из высоколегированных сталей и сплавов (Cr – Ni – Mo).

### **Литература**

1. 8-я Международная конференция по обработке материалов [ 8 International Conference on Electromagnetic Processing of Materials. Канны, Франция]. 12-16 октября 2015 г.
2. 8-я Европейская конференция по непрерывной разливке 8 th European Continuous Castng Conference. 23-26.06.2014 г. в Граце (Австрия).
3. Государственная программа Российской Федерации № 328 от 15.04.2014 «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности».