

УДК 621.746.628.047

ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ИСПЫТАНИЕ ОПЫТНОГО РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕГО КРИСТАЛЛИЗАТОРА ПОД РАЗЛИВКУ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Олег Михайлович Шафиев

*Аспирант 2 курса,
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»*

В настоящий момент наиболее рациональным способом получения заготовок в металлургии с точки зрения технико-экономических показателей является их производство на машинах непрерывной разливки. Кристаллизатор является основным узлом таких машин, исследования конструкций и процессов теплообмена которого широко обсуждается на конференциях [1,2] и публикуются в журналах [3,4].

Цель настоящей работы – исследовать работоспособность опытного ресурсосберегающего кристаллизатора, работающего по принципу тепловой трубы [5], с помощью электронагрева конструкции.

Для выполнения работы были поставлены следующие задачи:

- исследовать работу системы охлаждения кристаллизатора с помощью его ступенчатого электронагрева;
- исследовать изменение температуры стенки кристаллизатора при нагреве;
- провести наблюдение за состоянием конструкции в процессе ее нагрева.

Предварительно первый контур системы охлаждения кристаллизатора был заправлен теплоносителем.

Для нагрева конструкции кристаллизатора до рабочей температуры 160 °С (температуры интенсивного испарения теплоносителя и необходимой температуры стенки) был изготовлен электронагреватель в виде нихромовой проволоки $d = 1,5$ мм в кремнеземной изоляции, намотанной на поверхность внешней стенки кристаллизатора. Высота намотанного слоя нагревателя $H = 108$ мм, площадь поверхности контакта нагревателя $F = 0,045$ м². Сопротивление проволоки $R = 5,6$ Ом.

Спираль подключалась к трансформатору с возможностью регулировки выходящего напряжения от 0 до 130 В. Показания электрического тока и напряжения отслеживались по включенному в цепь электронному мультиметру.

В ходе эксперимента фиксировались показания следующих параметров:

- N – мощность электрического нагревателя, Вт;
- t_n – температура проволоки электронагревателя, °С;
- $t_{н}$ – температура поверхности наружной стенки кристаллизатора, °С;
- $t_{пп}$ – температура поверхности стенки паропровода, °С;
- V – расход охлаждающей воды второго контура, м³/час;
- $t_{в,вх}$ – температура охлаждающей воды на входе во второй контур, °С;
- $t_{в}$ – температура охлаждающей воды на выходе из второго контура, °С.

Нагрев кристаллизатора осуществлялся ступенчато изменением значения электрической нагрузки на нагревателе N от 0,677 до 5,5 кВт. Температура проволоки электронагревателя, наружной стенки кристаллизатора и поверхности паропровода

измерялась оптическим пирометром TemPro550 с точностью измерения $\pm 1,5$ °С, а температура охлаждающей воды второго контура – цифровым термометром Мегеон-26300 с точностью измерений ± 1 °С.

В результате исследования установлена зависимость температур поверхности наружной стенки кристаллизатора и паропровода от времени в процессе изменения электрической нагрузки нагревателя и подачи охлаждающей воды в конденсатор.

За первые 20 мин. нагрева при ступенчатом изменении нагрузки N от 840 до 4650 Вт измеряемые температуры достигают значений $t_n = 113$ °С и $t_{мп} = 105$ °С.

Дальнейшая подача охлаждающей воды во второй контур с расходом $V = 0,066$ м³/час приводит к снижению этих величин за время $\tau = 10 - 12$ мин. до значений $t_n = 90$ °С и $t_{мп} = 85$ °С. Последующее увеличение N от 4650 до 5560 Вт приводит к незначительному увеличению температур до значений $t_n = 95$ °С и $t_{мп} = 90$ °С к моменту времени работы электронагревателя $\tau = 85$ мин. Прекращение в этот момент времени подачи нагрузки на электронагреватель приводит к уменьшению температур до значений $t_n = t_{мп} = 50$ °С за промежуток времени $\tau = 19$ мин.

Исследования при ступенчатом увеличении нагрузки N от 677 до 3020 Вт и отсутствии охлаждения конденсатора показали достижение значений $t_n = t_{мп} = 158$ °С за промежуток времени $\tau = 58$ мин. При этом выравнивание температур поверхности наружной стенки кристаллизатора и паропровода $t_n = t_{мп} = 115$ °С наблюдается через $\tau = 37$ мин. с момента начала разогрева стенок.

На основании выполненных исследований и наблюдений сделаны выводы о достижении необходимой температуры стенок кристаллизатора, а также о достаточной прочности конструкции, о чем свидетельствует отсутствие видимых деформаций и разрушений в конструкции, в том числе отсутствие нарушений герметичности первого контура. Изменение температуры охлаждающей воды, а также расчетные данные отводимого водой теплового потока приведены в работе [6]. Полученные результаты будут использованы для дальнейшего испытания конструкции кристаллизатора при заливке в него алюминиевых сплавов, а также для проектирования конструкции кристаллизатора под сталь.

Литература

- 1 Стулов В. В., Шафиев О. М. К вопросу изготовления и испытания опытно-промышленного кристаллизатора для получения стальных цилиндрических заготовок // Машины, агрегаты и процессы. Проектирование. – 2019. – С. 79-81.
- 2 Шестаков Н. И. и др. Теплообмен в кристаллизаторе машины непрерывного литья заготовок //Череповецкие научные чтения-2016. – 2017. – С. 220-221.
- 3 Stulov V. V. Cooling of a Mold at Performing Cylindrical Continuous Cast Steel Billets // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2017. Vol. 40. № 1. P. 57 – 62.
- 4 Исхаков Р. Ф., Котельников А. Б., Ямасаки К. Результаты промышленных испытаний кристаллизаторов Mishima Kosan //URL: http://www.mashprom.ru/press/publication/_aview_b6. – 2018.
- 5 Патент № 2739358 РФ. Кристаллизатор для получения непрерывнолитых цилиндрических заготовок из высоколегированных сплавов / В.В. Стулов. – Опубл. 23.12.2020, Бюл. № 36.
- 6 Стулов В.В., Шафиев О.М. Ресурсосберегающий кристаллизатор с двухконтурной системой охлаждения и его предварительное тепловое испытание // Машины, агрегаты и процессы. Проектирование, создание и модернизация. – 2022. – С. 51-53.