



*It is shown that the maximum cooling ability of the flooded stream with diameter of 3,5 mm at input pressure of the cooler 0,1–0, 25 μPa is reached at distance between the stream nozzle and the cooled surface, equal 8 mm.*

Е. И. МАРУКОВИЧ, В. Ю. СТЕЦЕНКО, Р. В. КОНОВАЛОВ, ИТМ НАН Беларуси

УДК 669.715

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЗАТОПЛЕННОЙ СТРУИ ОХЛАДИТЕЛЯ

Затопленные струи охладителя характеризуются высоким конвективным теплообменом [1]. Они используются в струйных кристаллизаторах и устройствах затопленно-струйного вторичного охлаждения, которые позволяют получать отливки из силуминов с высокодисперсной микроструктурой без применения модификаторов [2]. Одним из основных параметров, влияющих на охлаждающую способность затопленной струи, является расстояние от ее сопла до поверхности охлаждения. Цель работы – исследование влияния расстояния между поверхностью охлаждения и соплом затопленной струи на ее охлаждающую способность. В качестве критерия охлаждающей способности был выбран коэффициент теплоотдачи от затопленной струи к поверхности охлаждения.

Коэффициент теплоотдачи рассчитывали, основываясь на измерениях теплового потока рассеиваемого на нагреваемом элементе, температуры охлаждаемой поверхности и температуры свободного потока охладителя, по следующей формуле:

$$\alpha = \frac{q}{T_{\text{пов}} - T_{\text{охл}}}, \quad (1)$$

где  $q$  – тепловой поток;  $T_{\text{пов}}$  – локальная температура охлаждаемой поверхности;  $T_{\text{охл}}$  – температура основного потока охладителя. Была разработа-

на исследовательская установка, схема которой представлена на рис. 1. Установка состоит из бака 1, насоса 2, задвижек 3, манометра 4, расходомера 5, измерительного устройства 6. Вода из бака 1 насосом 2 циркулирует по замкнутому контуру. Расход и давление охладителя регулируется с помощью двух задвижек 3 и фиксируется манометром 4 и расходомером 5. Вода проходит через измерительное устройство 6 и возвращается обратно в бак 1. В виду большого объема бака (3 м<sup>3</sup>) температура основного потока охладителя во время проведения экспериментов оставалась постоянной ( $T_{\text{охл}} = 18^\circ\text{C}$ ).

Схема измерительного устройства показана на рис. 2. Вода входит в устройство через трубку 1 диаметром 3,5 мм. Далее струя перпендикулярно ударяется о фольгу 2, которая используется как нагреваемый элемент с поверхностью охлаждения. Расстояние  $L$  между соплом струи и охлаждаемой поверхностью (фольгой) изменяли с помощью по-

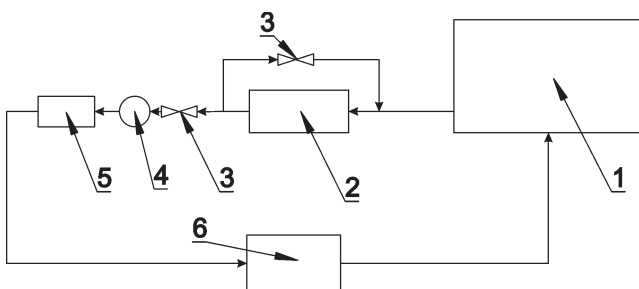


Рис. 1. Схема исследовательской установки: 1 – бак; 2 – насос (K45/30); 3 – задвижки; 4 – манометр; 5 – расходомер; 6 – измерительное устройство

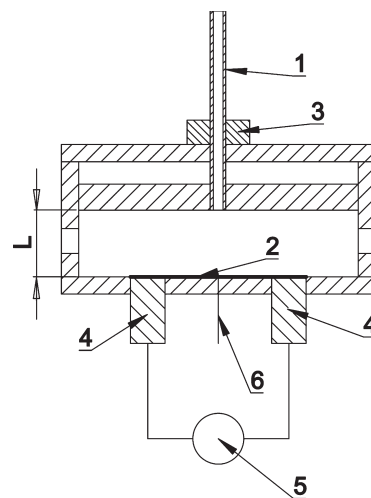


Рис. 2. Схема измерительного устройства: 1 – трубка; 2 – никелевая фольга; 3 – винт; 4 – медные электроды; 5 – источник постоянного напряжения; 6 – хромель-алюмелевая термопара

дающего винта 3. Расстояние  $L$  варьировали от 0,5 до 14 мм. Толщина никелевой фольги составляла 0,05 мм. Фольга была припаяна к двум медным электродам 4, площадь нагреваемой поверхности составляла  $S = 10 \times 10 \text{ мм}^2$ . Электроды подключались к источнику постоянного напряжения 5, дающего электрический ток силой  $I = 200 \text{ А}$ . Сопротивление нагреваемого участка фольги составляло  $R = 1,46 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}$ . Тепловой поток, выделяемый нагревательным элементом, составлял  $q = \frac{I^2 R}{S} =$

$5,84 \cdot 10^5 \text{ Вт/м}^2$ . Для предотвращения тепловых потерь корпус измерительного устройства был изготовлен из органического стекла. Температуру нагреваемой поверхности  $T_{\text{пов}}$  определяли с помощью хромель-алюмелевой термопары, которая была приварена к нижней стороне фольги. Толщина спая составляла 0,2 мм. Показание температуры фиксировали при помощи блока регистрирования температуры фирмы LG и ноутбука.

Эксперименты проводили при входном давлении воды, равном 0,1, 0,15, 0,2 и 0,25 МПа. Резуль-

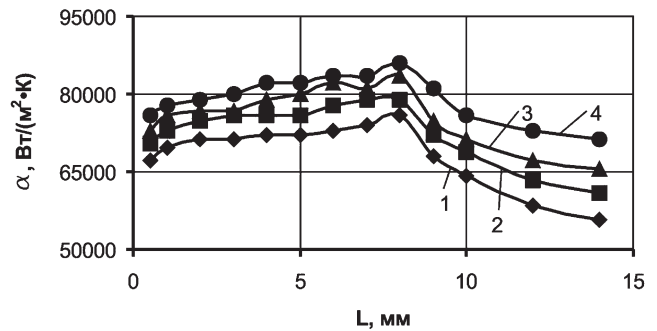


Рис. 3. Зависимость коэффициента теплоотдачи  $\alpha$  от расстояния  $L$  между соплом струи и охлаждаемой поверхностью при различных входных давлениях охладителя: 1 – 0,1 МПа; 2 – 0,15; 3 – 0,2; 4 – 2,5 МПа

таты расчета коэффициента теплоотдачи по формуле (1) приведены на рис. 3. Из рисунка видно, что максимальный теплоотвод достигается при  $L = 8$  мм.

Таким образом, установлено, что максимальная охлаждающая способность затопленной струи диаметром 3,5 мм при входных давлениях охладителя 0,1–0,25 МПа достигается при расстоянии между соплом струи и охлаждаемой поверхностью, равном 8 мм.

### Литература

1. Stevens J., Webb B. W. Local Heat Transfer Coefficients Under an Axisymmetric, Single Phase Liquid Jet // Journal of Heat Transfer. 1991. Vol. 113. P. 71–78.
2. Марукович Е. И., Стеценко В. Ю. Модифицирование сплавов. Мн.: Беларуская навука, 2009.