

В настоящее время проводится работа над модернизацией системы отопления печи, емкостью 35 т, предназначенной для плавления алюминиевых сплавов на основе алюминия завода ОАО «КУМЗ» с целью снижения расхода природного газа.

Продукты сгорания из печи с температурой 1150 °С отводятся в рекуператор радиационного типа, где отдают часть тепла воздуху горения. При этом воздух горения нагревается до температуры 450–500 °С, температура уходящих из рекуператора дымовых газов при этом равняется 720–750 °С.

Для повышения эффективности использования топлива (природного газа) и снижения себестоимости продукции предполагается рекуперативную систему отопления заменить на регенеративную, т.е. вместе двух горелок и рекуператора установить два регенеративных горелочных блока с малогабаритными насадками. Это позволит повысить температуру подогрева воздуха до 850–900 °С, снизить температуру уходящих газов до 200–220 °С и сократить расход природного газа на 20–22 %. Существующая в настоящее время проблема заноса щелевого рекуператора решается в регенеративных насадках, путем периодической замены корундовых шаров с последующей их очисткой в обычном вращающемся барабане.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗОНЫ ВТОРИЧНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ В МНЛЗ

© И.А. Тёсова, С.И. Решетняк, 2012

*Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепропетровск*

Работа зоны вторичного охлаждения (ЗВО) оказывает существенное влияние на качество получаемого непрерывного слитка. При этом важную роль играют технические и эксплуатационные характеристики форсунок. Используемые устройства на машинах старого типа достаточно часто могут забиваться или полностью выходить из строя. Это приводит к значительному локальному разогреву на одной из граней слитка, что ухудшает качество и может вызывать скрытые дефекты. В настоящей работе исследовалось изменение состояния затвердевающего слитка при случайном выходе из строя одной или нескольких форсунок, что может оказывать существенное влияние на эффективность процесса [1].

С этой целью была разработана математическая модель процесса затвердевания слитка в МНЛЗ. Объектом исследования была выбрана криволинейная МНЛЗ № 2 ОАО «ДМК» им. Дзержинского. Технологическая длина составляет 33 м. Из них зона вторичного охлаждения имеет длину 6,5 м. На этой МНЛЗ разливают слитки размером 335×400 мм. Скорость разливки 0,65–1,2 м/мин. [2].

Температурное состояние затвердевающего слитка определяется уравнением теплопроводности, записанное для его поперечного сечения:

$$\rho C_{эф} \frac{\partial t}{\partial \tau} = \lambda \left( \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} \right),$$

где  $t$  – температура слитка;

$\rho, \lambda$  – плотность и теплопроводность стали;

$C_{эф}$  – эффективная теплоёмкость, которая находится по формуле:

$$C_{эф} = \begin{cases} C_S, & t < t_S; \\ C_S \psi + C_L (1 - \psi) + \frac{L}{t_L - t_S}, & t_S \leq t \leq t_L; \\ C_L, & t > t_L, \end{cases}$$

где  $L$  – теплота кристаллизации;

$C_S, C_L$  – теплоемкость твердой и жидкой стали;

$t_L$  – температура начала кристаллизации;

$t_S$  – температура конца кристаллизации.

На поверхности слитка граничные условия имеют вид:

$$\left\{ \lambda \frac{\partial t}{\partial n} = \alpha_k (t - t_e) \right\}_P,$$

где  $n$  – нормаль к поверхности;

$P$  – поверхность слитка;

$\alpha_k$  – коэффициент теплоотдачи на  $k$ -ом участке по длине МНЛЗ;

$t_e$  – температура охладителя.

Задача решалась методом конечных разностей, использовалась явная схема расчета.

Проверка модели осуществлялась путем сравнения экспериментальных данных, полученных на объекте [2], с расчетными данными при следующих условиях:

материал – сталь 20;

температура перегрева – 10 °С;

скорость разливки – 0,65 м/мин.

На рис. 1 приведено сравнение результатов расчета температуры по центру широкой грани слитка с данными эксперимента.

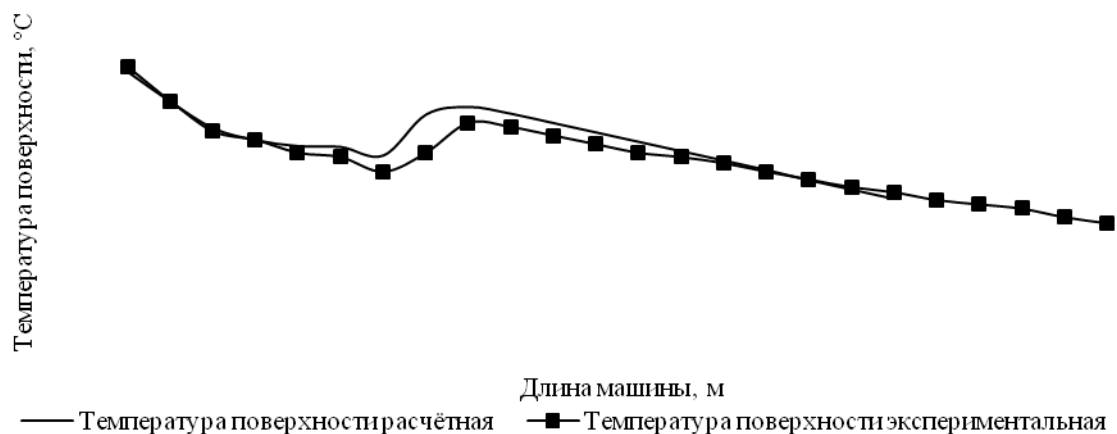


Рис. 1. Сравнение результатов расчета с данными эксперимента

На графике видно, что погрешность между результатами моделирования и экспериментальными данными составляет не более 35 °С, что говорит о возможности ее адекватного применения.

С помощью математической модели было выполнено исследование влияния засорения форсунок на кристаллизацию слитка. Для этого эксперимента ЗВО была разделена на участки, соответствующие среднему расстоянию между форсунками. Для учета того, что одна из форсунок засорилась, принималось, что коэффициент теплоотдачи в участке ЗВО уменьшался на 75 %.

В данной работе исследуется влияние засорения одной и больше форсунок на разных участках ЗВО. Соответствующие графические зависимости приведены на рис. 2–4. Пунктирной линией показана температурная зависимость при нормальной работе ЗВО и сплошной – при засорении форсунки.

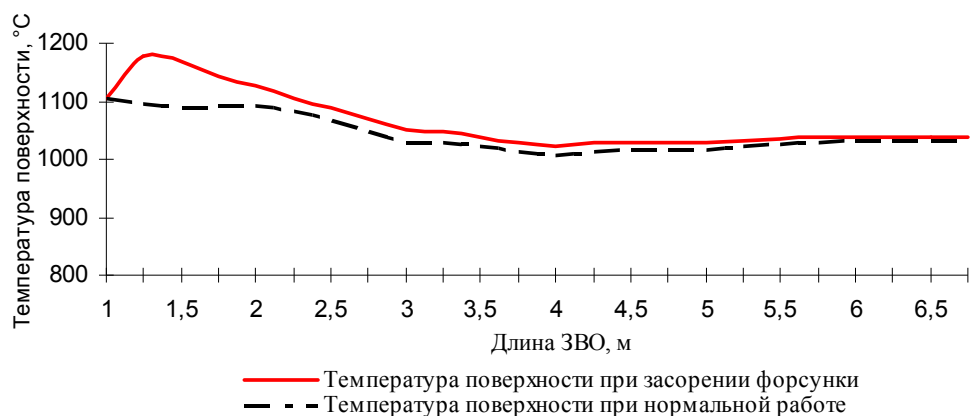


Рис. 2. Сравнение температур поверхности при засорении 1-й форсунки ЗВО,  $W = 0,65$  м/мин.

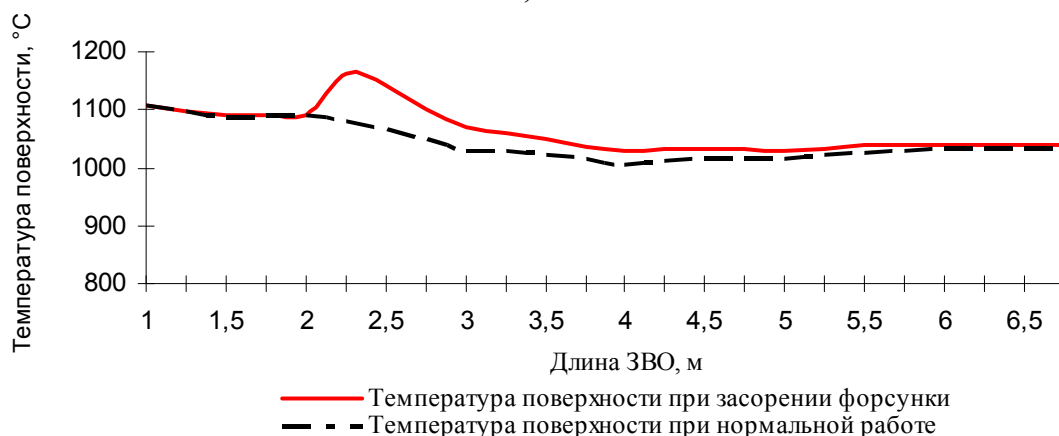


Рис. 3. Сравнение температур поверхности при засорении форсунки на расстоянии 2 м от начала ЗВО,  $W = 0,65$  м/мин.

При увеличении скорости разливки температурный скачок ставится меньшим (рис. 4).

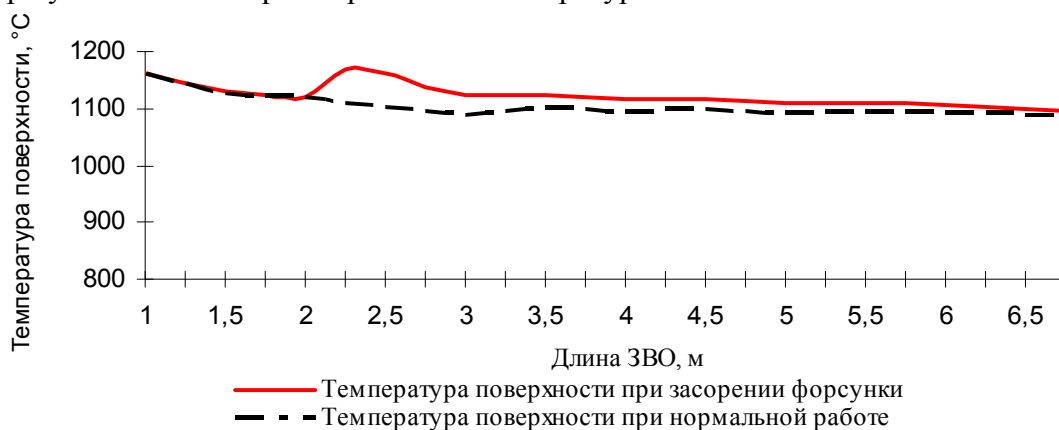


Рис. 4. Сравнение температур поверхности при засорении форсунки на расстоянии 2 м от начала ЗВО при скорости разливки  $W = 0,9$  м/мин.

Также был рассмотрен случай засорения двух форсунок на одной и той же грани. Это приводит к увеличению температуры поверхности примерно на 110 °C.

Увеличение скорости разливки не является решением проблемы засорения форсунок, но, как видно по графикам, охлаждение происходит более гладко. Для уменьшения негативного влияния засорения форсунок на процесс кристаллизации был рассмотрен

вариант расположения одновременно двух форсунок на каждом участке с частичным перекрытием области орошения. Тогда, выход из строя одной из спаренных форсунок приведет лишь к частичному уменьшению коэффициента теплоотдачи.

Результаты моделирования при установке второй форсунки приведены на рис. 5. Температурный разогрев в этом случае составляет около 40 °С.

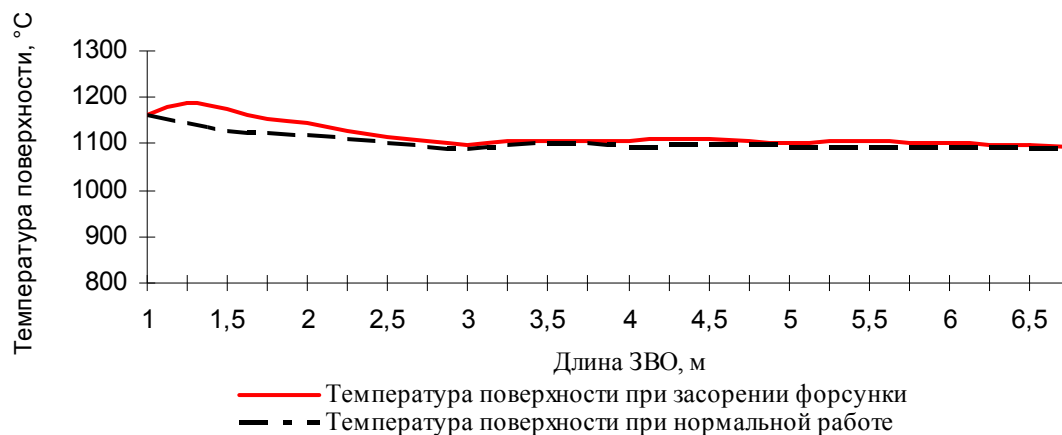


Рис. 5. Сравнение температур поверхности при установке спаренных форсунок,  $W = 0,9$  м/мин.

Из анализа процесса разогрева поверхности для случая применения спаренных форсунок следует, что, в этом случае, выход из строя одной из форсунок приводит лишь к незначительному повышению температуры поверхности слитка. И поэтому этот способ может быть эффективным для повышения надёжности работы МНЛЗ при небольшой скорости разливки.

Выводы:

- с помощью математической модели были исследованы различные случаи засорения форсунок и их влияние на процесс кристаллизации слитка в МНЛЗ;
- для улучшения работы ЗВО был рассмотрен вариант установки спаренных форсунок с частичным перекрытием области орошения, что позволит уменьшить температурный скачок на поверхности слитка и улучшить его качество.

#### Список использованных источников

1. *Кравцов В.В., Бирюков А.Б., Лосенко Е.С.* Изучение температурного поля непрерывнолитой заготовки, формирующейся в зоне вторичного охлаждения, при отклонении параметров разливки от нормы : труды 3-й Международ. науч.-техн. конф. «Промышленные технологии в металлургии стали: XXI век». Донецк, 31 окт. – 2 нояб. 2006; ДонНТУ, 2007. С. 285–288.

2. *Огурцов А.П., Гресс А.В.* Непрерывное литье стали. Днепропетровск: Системные технологии, 2002. 675 с.