

Теплопередача в кристаллизаторе при вертикальном непрерывном литье стали

Демченко Е.Б.

Белорусский национальный технический университет

Ранее было показано [1], каким образом можно рассчитать значения взаимосвязанных между собой оптимальных тепловых и технологических параметров процесса непрерывного литья стальных заготовок в заданном диапазоне, необходимые для решения задачи затвердевания отливки, обеспечения стабильности литья и получения качественных заготовок.

К таким параметрам отнесли удельный тепловой поток и время формирования отливки в кристаллизаторе, температура заливаемого расплава и скорость течения охлаждающей воды. Исследования проводили методом термического анализа при литье отливки из стали 12Х18Н10ТЛ диаметром 80 мм в медный кристаллизатор длиной 300 мм с ребрёной водоохлаждаемой поверхностью. Толщина стенки кристаллизатора по впадинам составляла $X=7,5$ мм, по рёбрам $X=12,5$ мм. Термопары располагались в трёх поясах по высоте кристаллизатора и в двух поясах по толщине рабочей втулки. Технологические параметры литья приняли в диапазоне: средняя скорость вытяжки отливки $w_{cp}=(0,0062...0,0095)$ м/с, $T_{зал}=(1470...1650)$ °С, $w_{в}=(5,1...6,0)$ м/с. По усреднённым значениям температур рассчитали экспериментальные значения удельного теплового потока q на рабочей поверхности кристаллизатора, q_{2n} в первом и q_{3n} во втором поясе по толщине рабочей втулки.

Анализ выполненных исследований показал, что предложенная методика является эффективным средством управления процессом формирования отливки. Найденные зависимости и экспериментальные данные позволяют рассчитать для конкретного способа литья значения удельного теплового потока в заданном диапазоне значений технологических параметров литья и предельно допустимой толщины корки отливки на выходе из кристаллизатора. При этом значения параметров литья, соответствующие значению предельно допустимой толщины корки, и будут являться оптимальными параметрами. Имея результаты исследований температурного режима кристаллизатора при литье отливки определённого размера и профиля можно рассчитать тепловое состояние кристаллизатора для аналогичного процесса литья, но уже для получения отливок любого размера и профиля.

Что важно, объём сведений по температурному режиму кристаллизатора при различных параметрах литья может служить базой данных, содержащей необходимые сведения для решения задач затвердевания отливки [2]. При последующем проектировании оснастки и оборудования отпадает необходимость проведения дополнительных экспериментальных исследований и анализа полученных результатов.

Поскольку в ходе выполнения исследований провели серию заливок из шести экспериментов [1], рассмотрим эти результаты и проанализируем их с точки зрения влияния времени формирования отливки, температуры заливаемого расплава и скорости течения охлаждающей воды на удельный тепловой поток в кристаллизаторе. На рисунке 1,а-е представлены расчётные значения удельного теплового потока q в кристаллизаторе при различных параметрах литья.

Краткий анализ результатов показал следующее.

Видно, что изменение параметров литья влияет на удельный тепловой поток. Так повышение средней скорости литья с 0,0072 м/с до 0,0095 м/с при прочих равных условиях приводит к резкому снижению удельного теплового потока во всех зонах кристаллизатора (рисунки 1,а и 1,б). В зоне мениска расплава это снижение достигает 30 %.

Снижение температуры заливки расплава с $T_{зал}=1620\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $T_{зал}=1470\text{ }^{\circ}\text{C}$ при низкой скорости литья привело к незначительному повышению значений теплового потока в зоне вы-

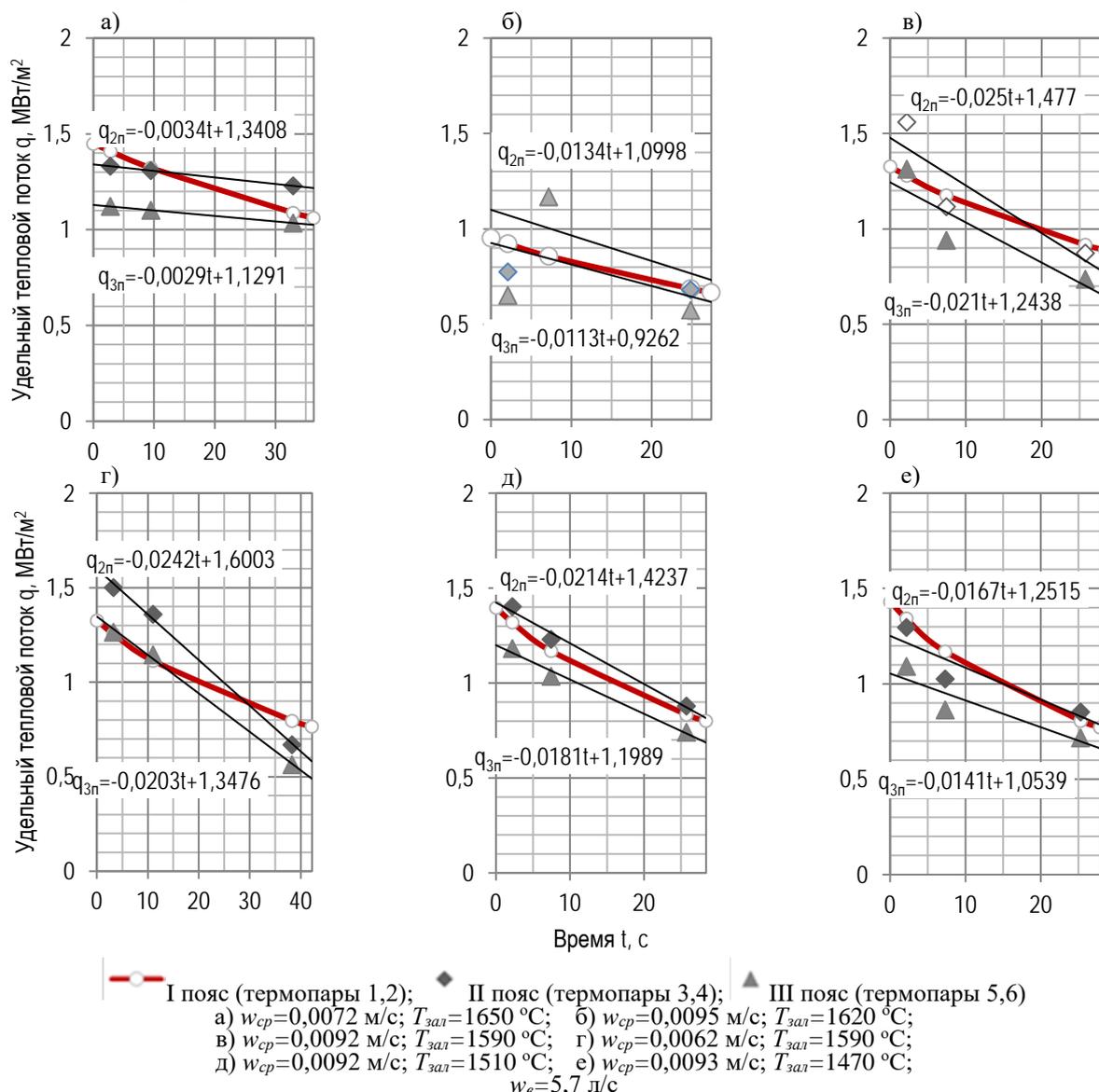


Рисунок 1. – Расчётные значения удельного теплового потока q в кристаллизаторе при различных параметрах литья

хода отливки из кристаллизатора (рисунки 1,б и 1,е). При этом тепловая нагрузка на рабочую втулку кристаллизатора несколько возросла.

Необходимо отметить, что уровень значений расчётных удельных тепловых потоков коррелируют с данными работ других исследователей [3].

Результаты исследования были использованы для расчёта кинетики затвердевания стальной отливки.

Литература

1. Демченко, Е.Б. Теплопередача в кристаллизаторе при вертикальном непрерывном литье стали / Е.Б. Демченко, Марукович Е.И. // *Литьё и металлургия*. - 2018. -№3 (62). -С.26-30.
2. Марукович Е.И., Демченко Е.Б. *Тепловые явления при формировании непрерывной отливки*. -Мн.: БНТУ, 2012. -208 с.
3. Liangliang GUO, Xudong WANG, Huiying ZHAN, Man YAO and Dacheng FANG. *Mould Heat Transfer in the Continuous Casting of Round Billet*. *ISIJ International*, Vol. 47 (2007), No. 8, pp. 1108–1116.