



For continuous circular casting by frosting by method of physical modelling there have been investigated on the transparent model the hydrodynamic flows of cooling water in crystallizer.

Е. И. МАРУКОВИЧ, В. Ф. БЕВЗА, В. Ю. СТЕЦЕНКО, ИТМ НАН Беларуси

УДК 621.74.047:532.5(075.8)

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОПОТОКОВ В ОХЛАЖДАЮЩЕЙ РУБАШКЕ КРИСТАЛЛИЗАТОРА ДЛЯ НЕПРЕРЫВНО-ЦИКЛИЧЕСКОГО ЛИТЬЯ НАМОРАЖИВАНИЕМ

Кристаллизатор, в котором начинается формирование отливки, является основным технологическим узлом литейных установок. Его работоспособность, определяющая устойчивость процесса литья и качество получаемых заготовок, в значительной мере зависит от конструкции и условий охлаждения рабочей втулки. При непрерывно-циклическом литье намораживанием используются кристаллизаторы скольжения гильзового типа, которые содержат нижний и верхний коллекторы, соединенные кольцевым каналом, расположенным между наружной (охлаждаемой) поверхностью рабочей втулки и стенкой кожуха. Характер гидротоков именно в этом канале определяет режим теплообмена нагретой поверхности с охлаждающей средой, а соответственно и теплоотвод от отливки.

Режим движения жидкости зависит не только от геометрических параметров исследуемого канала, но и от некоторых общих факторов, к которым относятся распределение давления и скоростей при входе потока в рассматриваемый элемент, формы и удаленности различных фасонных частей или препятствий, расположенных перед рассматриваемым элементом, длина предшествующего участка, метод подачи жидкости из магистрального трубопровода в охлаждающую рубашку, число Re и др.

Основное требование, которому должна отвечать система охлаждения кристаллизатора, — обеспечение равномерности гидродинамического потока и турбулентного режима движения жидкости в вертикальном кольцевом канале. Развитый турбулентный режим, способствующий достижению максимальной интенсивности теплообмена, создается при величине критерия Рейнольдса $Re \geq 10^4$ [1]. При этом должна быть обеспечена равномерность отвода тепла от охлаждаемой поверхности по всему периметру рабочей втулки. Выполнение данного требования особенно важно при получении полых цилиндрических заготовок методом непрерывно-циклического литья намораживани-

ем, так как этим методом заготовки получают без применения стержня, т.е. непосредственно из расплава [2]. Соответственно степень равномерности теплоотвода по периметру затвердевающей отливки определяет ее качество по разнотолщинности в поперечном сечении. Трудность заключается в том, что именно отливки круглого сечения обладают наибольшей чувствительностью к условиям образования неравномерной толщины корочки металла. Одним из путей устранения этого недостатка является повышение равномерности отвода тепла от охлаждаемой поверхности за счет организации оптимального режима движения жидкости по кольцевому каналу.

Цель настоящей работы — исследование гидротоков в охлаждающей рубашке и на этой основе усовершенствование конструкции кристаллизатора, направленное на повышение равномерности теплоотвода от затвердевающей отливки по ее периметру.

Исследования проводили на модельном кристаллизаторе с прозрачным кожухом. В процессе экспериментов фиксировали поле давлений охлаждающей жидкости на входе и выходе по периметру кольцевого канала и осуществляли визуализацию гидротоков путем ввода окрашивающей жидкости в различные точки каналов охлаждающей рубашки. Фиксацию движения жидкости в каналах рубашки производили с помощью видеокамеры с последующим анализом на компьютере. Экспериментально определяли также расход жидкости через кристаллизатор при различном давлении на подающем трубопроводе.

Как отмечалось выше, существенное влияние на характер гидротоков оказывает метод подачи жидкости в охлаждающую рубашку кристаллизатора. Исследования при радиальной подаче жидкости из подводящего патрубка 1 в нижний (подающий) коллектор 2 показали, что после удара струи о стенку разделительной втулки 7 в месте подвода поток разбивается на несколько частей (см. рисунок). Создаются два симметричных

потока, движущихся по кольцевому коллектору 2 в горизонтальной плоскости навстречу друг другу. Через 180°, т.е. в зоне диаметрально противоположной месту подвода воды, эти потоки встречаются. Происходит интенсивная турбулизация, представляющая собой сложную картину, трудно поддающуюся описанию. Одновременно по всему периметру нижнего коллектора образуется поток через щелевой зазор 3, соединяющий коллектор 2 с вертикальным кольцевым каналом 4, расположенным между разделительной втулкой 7 и рабочей втулкой 8. При этом направление движения потока резко меняется. После прохождения кольцевого канала жидкость через щелевой зазор 5 попадает в верхний (отводящий) кольцевой коллектор 6, из которого вытесняется в отводящий патрубок 9 и далее в сливной трубопровод.

Анализ течения жидкости в каналах рубашки кристаллизатора показал, что при радиальной подаче воды в нижний коллектор в верхней зоне кольцевого канала в области, противоположной отводящему патрубку, образуется так называемая «застойная зона», в которой расход жидкости, отнесенный к единице охлаждаемой поверхности, заметно ниже, чем в других зонах по высоте и периметру этого канала. Это вызывает неблагоприятные условия охлаждения рабочей втулки кристаллизатора и теплоотвода от отливки. Для устранения указанного недостатка необходимо обеспечить более равномерное поле давления по периметру нижнего коллектора на входе в кольцевой канал и в верхней части на выходе из него.

Известно, что существенное влияние на поле течения жидкости оказывает закрутка потока в трубах, которая способствует увеличению степени его турбулизации и устранению «застойных зон» в каналах [3]. Для закрутки потока используют различного вида винтовые вставки, лопаточные завихрители, направляющие лопатки, тангенциальный подвод жидкости в трубу и др. В нашем случае наиболее простым и результативным оказался метод тангенциального подвода охлаждающей воды в нижний коллектор и такой же ее отвод из верхнего коллектора.

Установлено, что равномерность поля давления по периметру кольцевого канала при тангенциальной подаче жидкости заметно выше, чем при радиальной: изменение давления по периметру кольцевого канала не превышает 7 % против 12 % при радиальной подаче. При этом движение воды в кольцевом канале происходит по спирали. Введение окрашивающей жидкости в подводящий патрубок показало, что перемешивание потока в нижнем коллекторе происходит практически мгновенно и в кольцевой канал жидкость поступает полностью окрашенная по всему объему. Это свидетельствует о высокой степени турбулентности потока. При этом ни в одном из элементов охлаждающей рубашки, в том числе и в кольцевом канале, не было отмечено наличие «застойных зон».

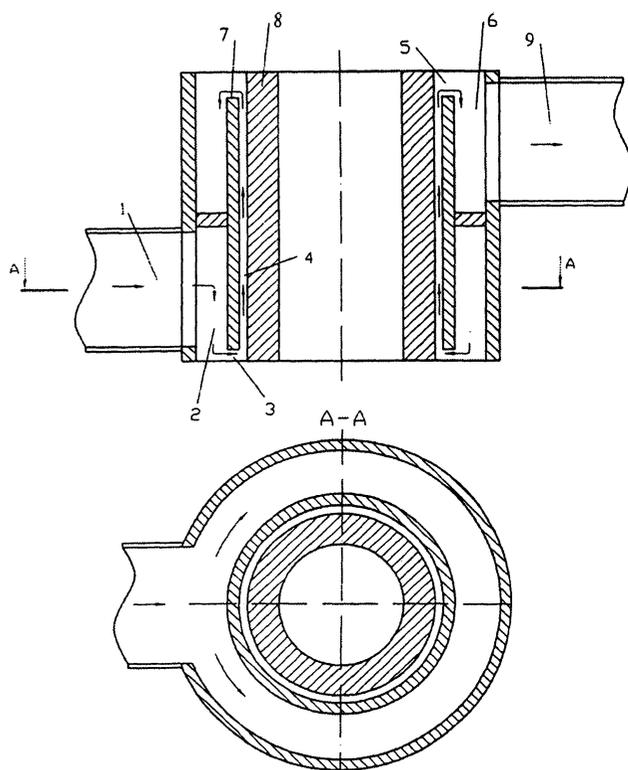


Схема кристаллизатора с радиальной подачей жидкости в охлаждающую рубашку

Из гидравлики напорных систем известно, что выравнивающее действие на распределение скорости и давления в потоке оказывает применение дополнительных препятствий, равномерно распределенных по сечению канала [4]. К таким препятствиям, создающим равномерное сопротивление потоку, относятся различные решетки, сетки, слои, ткань и т.п. Учитывая это явление, был разработан специальный метод подачи охлаждающей жидкости в кольцевой канал, заключающийся в рассредоточении концентрированной струи из подводящего патрубка по периметру кольцевого коллектора. Для этого в коллекторе перед входом в кольцевой канал была установлена решетка специальной конструкции. Создавая дополнительное сопротивление, решетка заставляет растекаться набегающий поток по фронту коллектора и одновременно пересекать ее через проходные отверстия.

Исследования показали, что при наличии рассеивающей решетки перед входом потока в кольцевой канал жидкость по нему движется практически вертикально, т.е. закрутка потока от тангенциальной подачи полностью гасится при прохождении через решетку. Эксперименты проводили при давлении на подающем патрубке 2,0–2,5 атм. При установке рассеивающей решетки после выхода потока из кольцевого канала закрутка потока в нем сохраняется, но имеет неравномерный характер: ближе к выходу из канала шаг спирали уменьшается, т.е. она сжимается.

Образование «застойных зон» и отрыва потока от стенок также не наблюдалось ни в одном элементе охлаждающей рубашки.

Интенсивность теплоотвода от охлаждаемой поверхности рабочей втулки в значительной мере зависит от расхода воды, который обуславливается давлением на подающем трубопроводе, и сечения каналов. При прочих равных условиях расход определяется лимитирующим элементом охлаждающей рубашки, имеющим минимальное сечение. Как правило, таким элементом служит кольцевой канал. В этом случае создаются условия для получения максимальной скорости потока и высокой степени его турбулизации именно в этом канале, что обеспечивает интенсивный теплообмен с охлаждаемой поверхностью рабочей втулки кристаллизатора.

Следует отметить, что изменения конструкции кристаллизатора обеспечили равномерность гидропотоков по периметру и высоте кольцевого канала, но не привели к существенному изменению расхода и скорости движения жидкости в охлаждающей рубашке. Замеры, проведенные на реальных кристаллизаторах диаметром от 60 до 219 мм при рабочем давлении на подающем трубопроводе около 2 ати, показали, что число Рейнольдса составляет $Re \geq 1,7 \cdot 10^4$, т. е. во всех

случаях движение жидкости в кольцевом канале носит развитой турбулентный характер. В связи с этим применение кристаллизаторов новой конструкции не потребовало увеличения сечений подающего и сливного трубопроводов и повышения мощности насосной станции.

Таким образом, проведенные исследования позволили определить условия по оптимизации характера гидропотоков в кольцевом охлаждающем канале и усовершенствовать конструкцию кристаллизатора, заключающуюся в тангенциальной подаче и отводе охлаждающей жидкости и распределении концентрированной подающей струи по периметру коллектора за счет применения рассеивающей решетки. Кристаллизаторы усовершенствованной конструкции имеют повышенный ресурс работы, обеспечивают устойчивость процесса литья и равномерность толщины стенки отливки по ее периметру.

Литература

1. Беляев Н.М. Основы теплопередачи. Киев: Головное изд-во издательского объединения «Выща шк.», 1989.
2. Ефимов В.А., Анисович Г.А., Бабищ В.Н. и др. Специальные способы литья: Справ. М.: Машиностроение, 1991.
3. Гупта А., Лилли Д., Сайред Н. Закрученные потоки / Пер. с англ. М.: Мир, 1987.
4. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М.: Машиностроение, 1975.



Цены на лом и отходы черных металлов на рынке Западной Европы

	2003 г.		2003 г.	
	8 января	12 февраля	8 января	12 февраля
Великобритания (ф. ст. за т)				
Нержавеющий лом				
Кусковой 18/8	370-390	420-440		
Стружка 18/8	250-270	300-320		
Кусковой, 12-13% Cr	65-75	65-75		
Кусковой, 16-17% Cr	90-100	90-100		
Быстрорежущий (пенс. за кг)				
Кусковой 18-4-1	42-44	42-44		
Стружка 18-4-1	18-20	18-20		
Кусковой 6-5-2	49-50	49-50		
Стружка 6-5-2	26-27	26-27		
Сиф порты Европы (долл. за т)				
Нержавеющий лом				
Кусковой 18/8	710-730	790-810		
Стружка 18/8	610-630	690-710		
Фоб Роттердам (долл. за т)				
Крупногабаритный стальной лом				
№1	125-127	150-151		
№1 и №2	120-121	146-147		
Дробленый лом			129-130	154-156
Бельгия (евро за т)				
Крупногабаритный стальной лом			93,00	1110,00
Стружка тяжелого лома			59,00	79,00
Литейный чугунный лом			98,00	115,00
			2003 г.	
			Январь	Февраль
ФРГ (евро за т)				
Амортизационный лом				
1 (толщиной не менее 4 мм)				
Северные земли			100-115	105-120
Юго-Западные земли			71-86	71-86
3 (толщиной не менее 6 мм)				
Восточные земли			85-96	89-99
Новый лом				
2 (толщиной не менее 3 мм)				
Западные земли			115-120	115-120

Примечание. Цены с доставкой лома на завод потребителя.

Источник: "Bulletin".