

и 2,5 °С/мин соответственно. В центральной части бочки валка скорость охлаждения минимальна и составляет 1,6 °С/мин на торце бочки валка и 1,8 °С/мин в её центральной части.

В отличие от скорости охлаждения скорость продвижения фронта кристаллизации снижается на расстоянии 45...200 мм от поверхности кокиля с 7,8 до 3,2 мм/мин, а затем увеличивается и становится максимальной (28 мм/мин) в осевой части бочки валка. Таким образом, в осевой части валка создаются предпосылки для кристаллизации цементитных структур.

Проведенные исследования микроструктуры нижних шеек трех прокатных валков в литом состоянии показал следующее. Чугун нижних шеек в основном мало отличался. Количество феррита было примерно одинаковым от 11,8 до 12,4%), располагался феррит в виде оболочек вокруг включений графита. Фосфидная эвтектика в количестве 0,5...1,0% встречалась в виде небольших участков. Перлит характеризовался баллами ПД1,0 и ПД1,4. В одном из валков феррита практически не было, матрица перлитная, встречались участки фосфидной эвтектики с примыкающим к ней цементитом.

Таким образом, в связи с тем, что структура чугуна шеек не должна содержать карбидов, в нашей разработке предлагается вводить в полупромышленной металл графитизирующие элементы: кремний, медь, титан или гафний. При этом возникают благоприятные условия для формирования в структуре чугуна графита, что обеспечивает необходимые свойства сердцевины прокатного валка.

УДК 621.746

**В. А. Мамишев, Л. А. Соколовская**

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, г. Киев

## **О РЕГУЛИРОВАНИИ ТЕПЛОТВОДА В СИСТЕМЕ ЗАТВЕРДЕВАЮЩАЯ ОТЛИВКА – ОБЛИЦОВАННЫЙ КОКИЛЬ**

Технология литья в кокиль относится к прогрессивным технологиям [1, 2] литейного производства. Однако, при получении отливок с разной толщиной стенок в высокотеплопроводных металлических формах (кокилях) возникают две технологические проблемы, связанные с опасностью ухудшения качества литой структуры ко-

кильных отливок из-за высокой интенсивности теплоотвода от кристаллизующегося расплава в теплоаккумулирующие стенки кокилей.

Первая проблема состоит в затрудненной заполняемости полости кокиля расплавом, так как при очень быстром охлаждении жидкого металла его вязкость резко увеличивается, что препятствует качественному заполнению тонких сечений затвердевающей отливки. Вторая проблема заключается в возможности получения неблагоприятного кристаллического строения отливок при интенсивном теплообмене в зоне теплового контакта отливки с кокилем.

Например, при литье чугуна в кокиль часто в поверхностных слоях затвердевающей отливки возникает отбел с очень твердой структурой чугуна, что затрудняет механическую обработку литых заготовок резанием с целью получения точных деталей машиностроения. Аналогично, при литье стали в кокиль в тонкостенных участках отливки возможно возникновение структуры закалки в пристеночном слое, что также ухудшает механическую обработку литых заготовок сверлением, фрезерованием, строганием и др.

Чтобы устранить отмеченные недостатки кокильного литья и исключить случаи получения некачественной структуры литого металла в поверхностных слоях отливок, применяется способ литья в облицованный кокиль [3], когда высокотеплопроводный рабочий слой металлического кокиля, контактирующий с поверхностью отливки, заменяется низкотеплопроводным песчаным слоем, что создает более мягкий режим охлаждения затвердевающей отливки.

Для улучшения качества отливок и повышения физико-механических свойств литого металла можно перед заливкой расплава в полость кокиля охладить или заморозить облицованный рабочий слой из кварцевого песка в широком диапазоне изменения его начальной температуры (от +30 до -60 °С), что позволяет регулировать интенсивность внешнего теплообмена в системе затвердевающая отливка-облицованный кокиль-окружающая среда.

Процесс литья в полупостоянные двухслойные песчано-металлические формы (облицованные кокили) можно осуществлять при предварительном замораживании низкотеплопроводного слоя из увлажненного кварцевого песка. Эффективность регулирования внешнего теплоотвода [4] от затвердевающей отливки к стенкам кокиля достигается за счет последовательно протекающих фазовых переходов в замороженном песчаном слое облицованного кокиля. Плавление межзеренных прослоек льда и испарение образующихся пленок воды сопровождается теплопоглощением в

условиях нагрева облицованного песчаного слоя тепловым потоком от затвердевающей кокильной отливки.

Кроме того, для повышения качества отливок и физико-механических свойств литого металла появляется возможность рационального совмещения технологических схем литья в облицованный кокиль с замороженным песчаным слоем с технологическими схемами суспензионного литья с интенсивным внутренним теплоотводом к микрохолодильникам [5], введенным в перегретый над температурой ликвидуса кристаллизующийся расплав.

Таким образом, использование облицованных кокилей с замораживанием их рабочего слоя в сочетании с введением в расплав оптимальной дозы микрохолодильников при их перемешивании с жидким металлом повысит эффективность кокильного литья для получения отливок высокого качества.

### Список литературы

1. *Вейник А.И.* Кокиль. – Минск: Наука и техника, 1972. – 352 с.
2. Литье в кокиль / С.Л. Бураков, А.И. Вейник, Н.П. Дубинин и др. – М.: Машиностроение, 1980. – 415 с.
3. *Руденко А.Б., Серебро В.С.* Литье в облицованный кокиль. – М.: Машиностроение, 1987. – 184 с.
4. *Мамишев В.А.* О повышении эффективности теплообмена в системе “литая заготовка-форма-окружающая среда” // *Металл и литье Украины.* – 2012. – № 11. – С. 31 – 35.
5. *Соколовская Л.А., Мамишев В.А.* О математическом моделировании задач с фазовыми переходами в металлургии и литейном производстве // *Процессы литья.* – 2009. – № 2. – С. 24 – 29..