

ТЕПЛОТВОД ЧЕРЕЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИЙ СТЕРЖЕНЬ ПРИ ЗАТВЕРДЕВАНИИ КОКИЛЯ ДЛЯ ЛИСТОПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ

А.Ф. Миляев, А.М. Маланин, А.В. Авдиенко, А.В. Болотская, И.М. Ячиков
(г. Магнитогорск, Россия)

Задача получения высококачественных крупных отливок массой в несколько десятков тонн каким является отливка кокиля листового вала, актуальна. При этом важно получение геометрически точных отливок, способных противостоять трещинообразованию и появлению сетки разгара, а также других дефектов на внутренней рабочей поверхности.

Кокиль для листовых валков представляет собой чугунный полый цилиндр с несколькими цапфами. Размеры отливки (поз. 4) следующие: наружный диаметр $D=1350$ мм, внутренний диаметр $d=710$ мм, высота $h=3700$ мм. Отливка имеет толщину стенки около 320 мм, а ее масса составляет 28 тонн.

Формирование плотной структуры рабочей поверхности кокиля происходит при его затвердевании. При прочих равных условиях для листовых кокилей наиболее важным является интенсивность теплоотвода от его внутренней поверхности к стержню. Этот процесс во многом определяется теплосодержанием расплава и теплоаккумулирующей способностью формы и стержня.

В цехе изложниц МРК ОАО «ММК» при отливке листовых кокилей роль стержня выполняет стальная труба, окрашенная графитовой краской. Толщина стенки трубы 20–24 мм, её внутренняя полость при сборке формы заполняется сухой отработанной формовочной смесью. Слой чугуна отливки, прилегающий к трубе на глубину 30–40 мм, имеет удовлетворительную плотность. Однако при смещении трубы относительно вертикальной оси кокиля, а также при переточках кокиля на больший диаметр, вскрываются рыхлоты и поры газоусадочного происхождения. Причины этих дефектов, в том числе связаны и с низкой теплоаккумулирующей способностью стержня. Поэтому возникла потребность в детальном изучении процесса передачи теплоты затвердевающей отливки стержню.

Так как теплопроводность стали высокая, а толщина стенки всего 24 мм, то обечайка прогревается до температуры солидуса чугуна уже через 5 мин. Теплота, поглощенная трубой, составляет $Q_{тр}=7,72 \cdot 10^5$ кДж.

Для определения распределения температуры по сечению цилиндра с нагретой на-

ружной стенкой создана программа в Excel. Ниже приведен графики распределения температуры по сечению цилиндра (рисунок), диаметром 0,7 м, засыпанного сухим песком и металлической дробью (плотность 4000 кг/м³; температуропроводность $5,0$ Вт/(м²К); теплоемкость 690 Дж/(кг²К)), с температурой наружной стенки стержня 1150°C , начальной температурой засыпки 20°C , после 10 часов затвердевания отливки к моменту окончания кристаллизации ее.

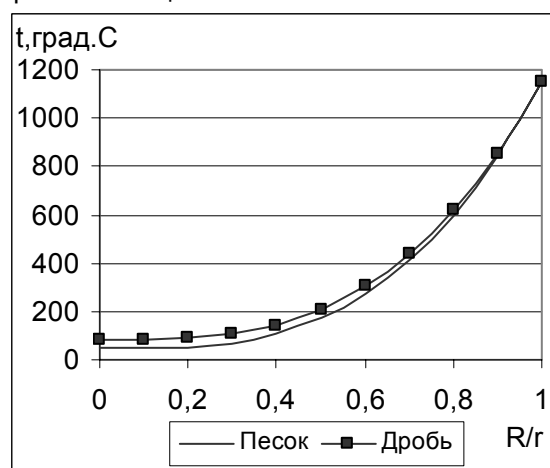


Рисунок 1 – Распределение температуры по радиусу стержня, заполненного различными материалами

Из приведенного графика методом интегрирования определили среднюю температуру песка, которая составила 430°C . Количество теплоты, которое потребовалось для разогрева песка Q_p составило $7,05 \cdot 10^5$ кДж.

Обмениваться теплотой с окружающей средой могут только торцы обечайки, но так как высота ее много больше диаметра, то считаем, что в основной части трубы температура по ее высоте не изменяется. Количество теплоты, которое берет на себя весь стержень в период затвердевания отливки, в сумме составляет $1,5 \cdot 10^6$ кДж.

Сравнивая теплоту, поглощенную стержнем ($Q_{ст}=1,5 \cdot 10^6$ кДж), с общим теплосодержанием отливки до момента полного затвердевания ($Q_{зат}=(7,1-9,6) \cdot 10^6$ кДж при температурах заливки $T_{зал}=1200-1280^\circ\text{C}$) видно, что она составляет от 21 до 16%. Толщина корки замороженного металла со-

ТЕПЛОТВОД ЧЕРЕЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИЙ СТЕРЖЕНЬ ПРИ ЗАТВЕРДЕВАНИИ КОКИЛЯ ДЛЯ ЛИСТОПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ

ответствующая максимальному количеству теплоты, которое может поглотить стержень, составляет около 80 мм. Детальные расчеты подтвердили, что результатом такого распределения теплоты становится смещение области, затвердевающей в последнюю очередь, ближе к внутренней поверхности кокиля. Глубина слоя металла, в котором завершается процесс кристаллизации от рабочей поверхности кокиля составляет всего 83 мм. Учитывая, что кристаллизация отливки кокиля листовых валков происходит в широком временном интервале (10–12 ч), нами теоретически обоснованы наличие очень крупных графитовых включений некомпактной формы (до ПГд 1000) и низкие механические свойства вблизи рабочего слоя кокиля. Основными видами дефектов, встречающимися в данных отливках, являются пористость, газовые раковины и неметаллические включения, вскрывающиеся на рабочей поверхности после механической обработки. Их наличие, в большинстве случаев, связано с низкой скоростью охлаждения отливки и тем, что в результате механической обработки снимается до 80 мм на сторону, наиболее качественного металла, после чего в рабочем слое кокиля оказывается зона смыкания фронтов кристаллизации от формы и стержня.

Для получения качественного металла на рабочей поверхности необходимо интенсифицировать теплоотвод через стержень, увеличение его возможно следующими способами:

- 1) в качестве засыпки трубы использовать материал с большей теплопроводностью и теплоемкостью (стальная или чугунная дробь);
- 2) отказаться от применения засыпки трубы, а теплоотвод увеличить вентиляцией

полости трубы принудительно или свободной конвекцией.

Применение стальной или чугунной дроби в качестве засыпки трубы малоэффективно (рисунок 1). Оно способно сместить область смыкания фронтов кристаллизации до 130 мм от стержня. Недостатком этого способа является высокая стоимость дроби. Использование дроби в качестве засыпки связано с рядом организационных трудностей: нет возможности избежать высыпания дроби на плац, трудно исключить попадание ее в формовочную смесь, необходимо иметь дополнительный бункер и транспортное устройство для засыпки дроби в обечайку.

На практике имеют место случаи, когда стальная труба деформировалась и даже промывалась под действием жидкого чугуна. Именно благодаря засыпке удавалось избежать сильных отклонений по геометрии и заливо. В технической документации на данную отливку допускается применение трубы с толщиной стенки 40 мм без засыпки.

Но увеличение толщины стенки трубы скажется на ее стоимости и увеличении затрат на механическую обработку кокиля. Но при этом появляется возможность использования стержня без засыпки с установкой специального устройства внутри трубы, позволяющего осуществить принудительное охлаждение. В перспективе применение вентиляции полости обечайки позволяет управлять скоростью затвердевания, а значит и структурой рабочего слоя кокиля в широком интервале и увеличить плотность рабочего слоя.

Из предложенных вариантов предпочтительнее следует отдать второму варианту, но он нуждается в детальной конструкторской проработке.