

(см. рис. 1). Результаты количественного металлографического анализа коррелируют с калориметрированием кривых охлаждения.

Графитизация сплава и усадка взаимосвязаны, поскольку выделение из расплава графита приводит к уменьшению плотности чугуна, т.е. увеличению его объема.

Произведена оценка влияния режимов вторичного модифицирования высокопрочного чугуна с шаровидным графитом на его усадку в технологической пробе, выполненной в форме конуса вместимостью 76,6 см³.

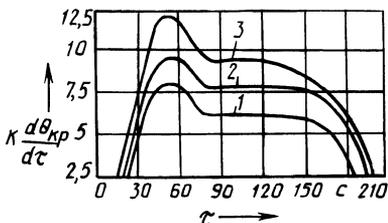


Рис. 1. Влияние времени выдержки ВЧШГ после модифицирования на его кристаллизацию

Максимальной усадкой, достигающей 2,8 % от объема технологической пробы, характеризуется высокопрочный чугун без вторичного модифицирования ферросилицием. При этом имеют место сопоставимые сосредоточенная раковина и рассредоточенная пористость. Вторичное "позднее" модифицирование ферросилицием позволяет существенно снизить объем усадочных дефектов (1,68 %) за счет максимальной графитизации сплава. При этом значительно уменьшается сосредоточенная усадка. Однако с увеличением выдержки расплава после ввода графитизирующей присадки объем дефектов усадочного происхождения вновь возрастает. Он становится сравним с технологической пробой из ВЧШГ, не подвергнутого вторичному модифицированию.

Следовательно, "позднее" модифицирование позволяет осуществить эффективную графитизацию ВЧШГ при затвердевании и сократить объем усадочных дефектов в отливках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шумихин В.С., Витусевич В.Т., Корниенко Г.Л. Комплексный контроль качества чугуна методом термического анализа // Литейное производство. — 1984. — № 2. — С. 3–5.

УДК 621.74.047

В.И. ТУТОВ, И.В. ЗЕМСКОВ,
В.Д. ТУЛЬЕВ, кандидаты техн.наук,
Г.И. СТОЛЯРОВА (БПИ)

НИЗКОЛЕГИРОВАННЫЙ ЧУГУН ДЛЯ ПОЛУНЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ

Для получения полунепрерывным литьем полых цилиндрических заготовок с толщиной стенки 50 мм использовался чугун, содержащий (массовая доля) 3...3,2 % углерода, 1,8...2 % кремния и 0,8...0,9 % марганца. Концентра-

ция в чугунах легирующих добавок хрома и никеля, согласно техническим условиям на литье гильз цилиндров судовых двигателей, допускается в сравнительно больших пределах. Оптимальное их содержание определяли методом математического планирования эксперимента, для чего были реализованы два плана типа 2^2 , учитывающие особенности вторичного охлаждения непрерывнолитой заготовки. Изучаемыми факторами являлись содержание хрома и никеля в чугуне. Основным их уровень составлял для хрома 0,3 %, для никеля 0,45 %, а интервал варьирования — соответственно 0,2 и 0,35 %. Параметрами оптимизации служили глубина отбела чугуна, перепад твердости по сечению заготовки и твердость на глубине 5 мм от внутренней поверхности (рабочей поверхности гильзы цилиндра). Скорость извлечения заготовок и температура заливаемого металла во всех случаях поддерживались постоянными. Математическая модель процесса формирования свойств чугуна в отливках для различных условий вторичного охлаждения описывалась системой линейных уравнений. Оптимизацию его химического состава производили градиентным способом с помощью мини-ЭВМ ДЗ-28 при следующих ограничениях: глубина отбела — минимальная, перепад твердости по сечению — 55...60 НВ, твердость на рабочей поверхности — 190...200 НВ.

Минимальная глубина отбела с наружной поверхности в условиях охлаждения на воздухе при заданных ограничениях твердости наблюдается, когда в чугуне имеется 0,17 % хрома и 0,57 % никеля. При смягчении условий вторичного охлаждения содержание хрома должно составлять 0,23 %, а никеля — 0,47 %. Повышенное по сравнению с охлаждением на воздухе содержание хрома можно объяснить необходимостью получения заданной твердости при более "мягком" охлаждении.

Использование чугунов оптимальных составов, модифицированных лигатурой ФС30РЗМ30Б, позволило получить заготовки без отбела. Перепад твердости по сечению заготовки не превышал 30 НВ, твердость чугуна на ее рабочей поверхности — 198...200 НВ.

Исследования структуры чугуна показали, что глубина наружной зоны заготовки с междендритным графитом и ферритно-перлитной структурой составляет 4...6 мм, далее по сечению структура становится практически полностью перлитной. Микроструктура чугуна на рабочих поверхностях характеризуется пластинчатым графитом $\Gamma_{\text{ф}2}$, распределением Γ_1 и длиной включений $\Gamma_{\text{раз}90}$... $\Gamma_{\text{раз}180}$ и перлитной металлической основой. Перлитизация металлической основы и отсутствие карбидообразования объясняются графитизирующим действием модификатора и введенного никеля. Высокая твердость чугуна получена за счет увеличения дисперсности и микротвердости перлита.

Приведенные составы чугунов для полунепрерывного литья с различными вариантами вторичного охлаждения позволяют получить заданную структуру и свойства заготовки, а также ликвидировать отбел и уменьшить глубину зоны с дефектной структурой до величины припусков на механическую обработку.