

ровались: мгновенная скорость, продолжительность движения и остановки отливки.

Установлено, что использование разделительных устройств позволяет увеличить скорость вытяжки заготовки с 0,24–0,26 до 0,28–0,34 м/мин за счет уменьшения продолжительности остановки при доливке металла в металлоприемник и увеличения продолжительности вытяжки заготовки. Резко сократились прорывы корки на выходе из кристаллизатора, и повысилась стойкость рабочей графитовой втулки.

Таким образом, разделение жидкого металла в системе металлоприемник – кристаллизатор с помощью разделительного устройства типа “пробка” уменьшает влияние термоконвективных потоков, что позволяет стабилизировать процесс литья и увеличить скорость вытяжки на 15–18 %. Сокращение продолжительности остановок при доливке металла в металлоприемник или их полная ликвидация позволяет не только увеличить скорость литья, но и получить более равномерную структуру по длине непрерывно-литой заготовки. Уменьшение проходного сечения предотвращает попадание шлака и воздуха в отливку при доливке свежих порций металла, а также позволяет устранять возможные прорывы корки на выходе из кристаллизатора. В качестве материала для пробки можно использовать графит, шамот, керамику и др.

УДК 621.746

**И.В.ЗЕМСКОВ, канд.техн.наук,  
А.Н.КРУТИЛИН, В.Д.ТУЛЬЕВ, канд.техн.наук,  
Г.И.СТОЛЯРОВА (БПИ)**

### **ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ЧУГУНА НЕПРЕРЫВНО-ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК**

Исследовали влияние химического состава и технологических параметров на структуру серого чугуна в условиях вертикального непрерывного литья полых цилиндрических заготовок с различной толщиной стенки (10–25 мм) в медный водоохлаждаемый кристаллизатор. Металл выплавляли в индукционной высокочастотной печи Л32-67 в тигле с кислой футеровкой вместимостью 50 кг. Температуру чугуна регистрировали термопарой погружения с диаметром электродов 0,5 мм и прибором ЭПП-09. Скорость извлечения заготовки из кристаллизатора измеряли с помощью линейки и секундомера. Химический состав чугуна определяли по результатам параллельных анализов в разных заводских химических лабораториях.

С целью сокращения объема экспериментальных заливок и получения математической модели зависимости процесса структурообразования от химического состава и технологических параметров была реализована матрица плана типа 2<sup>5-2</sup>.

При этом химический состав чугуна изменяли в пределах (массовая доля, %): углерод – 3,1–3,7, кремний – 1,6–2,4, марганец – 0,5–0,9, а технологические параметры выдерживали следующими: перегрев над ликвидусом (температура заливки) – 60–140 °С, скорость извлечения заготовок – 0,3–0,7 м/мин.

Таблица 1

Толщина отливки, мм	Химический состав чугуна (массовая доля, %)			Технологические параметры	
	C	Si	Mn	$\Delta t$ , °C	V, м/мин
10	3,5–3,7	2,2–2,4	0,7–0,8	80–100	0,65–0,75
15	3,4–3,6	2,1–2,3	0,7–0,8	70–90	0,6–0,7
20	3,2–3,4	2,0–2,2	0,8–0,9	60–80	0,5–0,6
25	3,1–3,3	1,8–2,0	0,8–0,9	60–80	0,4–0,5

Полученные уравнения регрессии позволяют определить глубину отбела и твердость на рабочей поверхности для отливок разной толщины и химического состава.

Результаты анализа полученных данных представлены в табл. 1.

Из таблицы видно, что с увеличением толщины стенки отливки углеродный эквивалент снижается до 3,8%, а содержание марганца в чугуне возрастает до верхнего предела. Скорость литья и перегрев металла с ростом толщины заготовки уменьшаются. Повышение температуры перегрева и скорости литья ведет к нарушению стабильности процесса литья.

Анализ структуры чугуна показал, что по сечению стенки отливки наблюдается неоднородность как макро-, так и микроструктуры, которая связана с особенностями процесса формирования заготовки в водоохлаждаемом кристаллизаторе. Наружные слои отливки имеют скорость затвердевания в 3–4 раза выше, чем внутренние, контактирующие с песчаным стержнем.

Графит по сечению стенки отливки изменяется по форме от Гф10–Гф9 в поверхностных слоях до Гф3 в сечении, прилегающем к стержню. Характер распределения графита изменяется соответственно от Гр3 до Гр9, а длина включений от Гд1 до Гд7.

Микроструктура поверхностных слоев характеризуется наличием структурно-свободного цементита. При этом глубина отбела не превышает технологического припуска на механическую обработку. Металлическая основа изменяется от перлитной до ферритно-перлитной. Наличие неоднородной структуры по сечению отливки обусловило неравномерную твердость, которая колеблется от 140 НВ на внутренней поверхности до 220 НВ на наружной в зависимости от толщины заготовки.

Полученные результаты являются исходными для создания математической модели процесса вертикального непрерывного литья с учетом подбора микролегирующих добавок, определения их оптимального содержания в них выравнивания структуры и свойств по сечению непрерывно-литых заготовок.