



The interrelation of transportation regimes, geometrical parameters of hollow cylindrical casting and arising in its wall pressures at continuous-cyclic casting is shown.

Е. И. МАРУКОВИЧ, В. Ф. БЕВЗА, В. С. МАЗЬКО, В. А. ПОПКОВСКИЙ, В. П. ГРУША,
ИТМ НАН Беларуси

УДК 621.74.047

ОСОБЕННОСТИ ТРАНСПОРТИРОВКИ ОТЛИВКИ ИЗ ЗОНЫ КРИСТАЛЛИЗАТОРА ПРИ НЕПРЕРЫВНО-ЦИКЛИЧЕСКОМ ЛИТЬЕ

Для реализации технологического процесса получения полых цилиндрических заготовок мерной длины методом непрерывно-циклического литья (НЦЛ) может быть использовано несколько схем алгоритма работы оборудования.

Наиболее простой является схема с одним подвижным кристаллизатором, который имеет возможность перемещаться только в вертикальной плоскости. В начале процесса литья подвижный кристаллизатор устанавливается соосно на стационарный. После подачи жидкого металла в кристаллизатор на заданную высоту делают выдержку для намораживания необходимой толщины стенки заготовки. Затем затвердевшую корку, составляющую тело отливки, при помощи подвижного кристаллизатора полностью извлекают вверх из стационарного и специальным приспособлением вручную удаляют ее из зоны стационарного кристаллизатора. После удаления отливки подвижный кристаллизатор устанавливается на стационарный и цикл повторяется. При литье чугуна отливка в момент извлечения из стационарного кристаллизатора имеет температуру порядка 900–950 °С. При этих температурах предел прочности чугуна составляет 8–10 МПа. Ручное удаление отливок часто приводит к их деформации и браку, а иногда и к разрушению.

Вторая схема работы литейной установки предусматривает два подвижных кристаллизатора и их поочередную установку на стационарный и возможность перемещения в вертикальной и горизонтальной плоскостях. При этом в горизонтальной плоскости они перемещаются челночно. При такой схеме работы установки отливки разгружаются из подвижных кристаллизаторов в двух точках, что требует дополнительных механизмов уборки отливок из рабочей зоны установки и увеличивает ее габариты.

Наиболее приемлемой для реализации технологического процесса является установка с двумя подвижными кристаллизаторами, которые поочередно извлекают отливку из стационарного кристаллизатора и транспортируют ее на позицию разгрузки. Транспортировка осуществляется путем возвратно-вращательного движения поворотного механизма с подвижными кристаллизаторами на 180 °С. При этом разгрузка отливок из подвижных кристаллизаторов осуществляется в одной точке, что удобно конструктивно и технологично.

При НЦЛ наружная поверхность отливки ограничивается рабочей втулкой кристаллизатора, а внутренняя формируется непосредственно из расплава и ограничивается фронтом затвердевания, расположение которого в основном зависит от времени формирования, что и определяет толщину стенки отливки. При этом верхняя часть отливки относительно нижней формируется меньше на время смены позиций подвижных кристаллизаторов, которые поочередно устанавливаются на стационарный, что и обуславливает разностенность отливки в осевом направлении. Для минимизации разнотолщинности отливку необходимо максимально быстро убрать из зоны стационарного кристаллизатора.

При транспортировке отливки на нее воздействуют инерционные силы и возникающие при этом напряжения могут привести к ее разрушению. Особенно большие нагрузки возникают в момент остановки поворотной системы. В связи с этим интерес представляет напряженно-деформированное состояние отливки, возникающее при динамических нагрузках в момент остановки.

Расчет напряжений в отливке, возникающих в момент ее остановки, проводили при различных значениях скорости движения транспортирующей системы. При этом геометрические параметры

отливки (длина, наружный и внутренний диаметры) выбирали с учетом наиболее критических с точки зрения технологического процесса НЦП и существующего оборудования для его реализации.

Для определения величины интенсивности напряжений может быть использовано следующее выражение:

$$\sigma_i = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)}, \quad (1)$$

где $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}$ – нормальные и касательные напряжения по соответствующим направлениям координатных осей.

Расчеты проводили на ПЭВМ с использованием конечно-элементной модели для случая «жесткой» остановки поворотной системы (удар) и «мягкой» остановки с использованием тормозного устройства.

В таблице приведены результаты расчета максимальных значений интенсивности напряжений в отливке в зависимости от толщины стенки и средней скорости перемещения отливки при «жесткой» остановке.

Максимальные значения интенсивности напряжений в отливке в зависимости от толщины стенки X_{cp} и скорости V в момент «жесткой» остановки, МПа

Скорость движения системы V , м/с	Средняя толщина стенки отливки X_{cp} , мм		
	12	15	19
0,2	17,7	19,8	22,3
0,5	44,25	49,5	56
1,0	88,5	99	112
1,5	132,75	148,5	168
2,0	177	198	223

Из таблицы видно, что при «жесткой» остановке даже при скорости перемещения 0,2 м/с максимальные значения интенсивности напряжений в зависимости от геометрических параметров отливки могут достигать 17–22 МПа. Эти значения превышают предел прочности чугуна при высоких температурах, что приводит к разрушению отливки в момент остановки поворотной системы.

Для «мягкой» остановки поворотной системы и исключения разрушения отливки в литейной установке используется тормозное устройство, оно представляет собой автономный гидроцилиндр двухстороннего действия, в поршне которого выполнены перепускные отверстия для перетекания рабочей жидкости из одной камеры в другую. При проектировании тормозного устройства диаметр гидроцилиндра и ход поршня выбирались из конструктивных соображений, а площадь сечения (f) перепускных отверстий в поршне может быть определена из выражения:

$$f = S_n V_n \sqrt{\frac{\mu S_n \gamma}{F_T 2g}}, \quad (2)$$

где S_n – рабочая площадь поршня, м²; V_n – средняя скорость поршня за время торможения, м/с; μ – коэффициент сопротивления перепускных отверстий; γ – удельный вес рабочей жидкости, Н/м³; g – ускорение свободного падения, м/с²;

$$F_T = 0,75 \frac{M V_n^2}{L_T} \text{ – среднее значение}$$

результатирующей тормозной силы, Н; M – приведенная масса поворотной системы, кг; L_T – длина тормозного пути, м.

На рис. 1 показан характер перемещения отливки в процессе торможения при

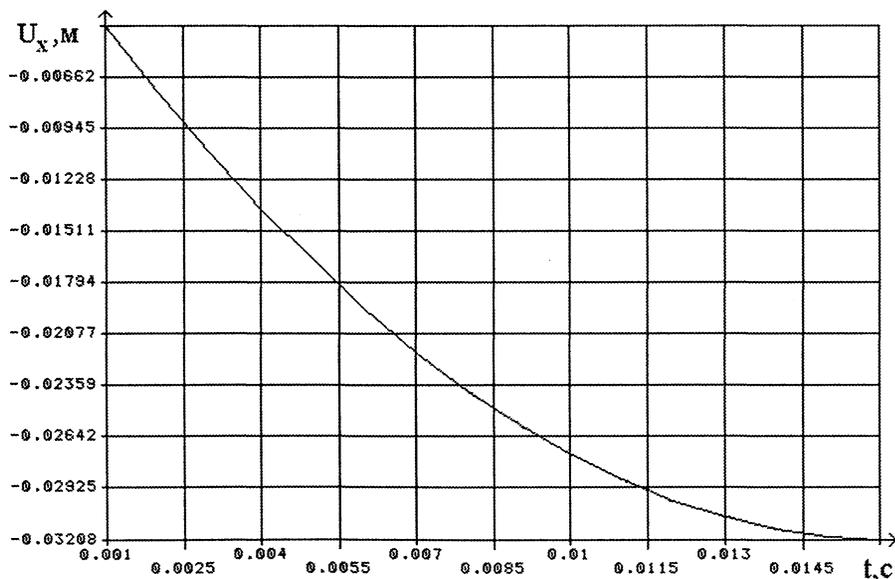


Рис. 1. Характер перемещения отливки за цикл торможения

осуществлении процесса НЦЛ на существующей литейной установке с двумя подвижными кристаллизаторами и их возвратно-вращательным движением. При этом максимальные значения интенсивности напряжений в отливке наружным диаметром 105 мм, высотой 300 мм и толщиной стенки 14 мм составляют около 6 МПа (рис. 2), что не превышает предел прочности чугуна.

Определить уровень максимальных напряжений, возникающих в процессе торможения для наиболее распространенных типоразмеров отливок, можно из выражения

$$\sigma_{\max} = \frac{V^2}{KL},$$

где K – коэффициент, зависящий от геометрических параметров отливки (рис. 3).

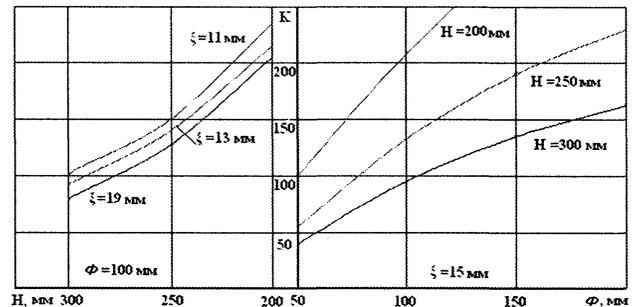
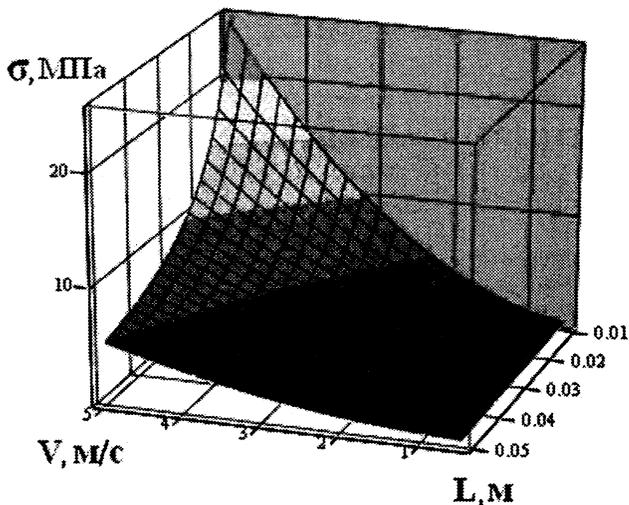


Рис. 3. Зависимость коэффициента (K) от геометрических параметров отливки

Рис. 2. Зависимость максимальных напряжений от скорости движения (V) и тормозного пути (L)

Приведенные расчеты показывают, что при использовании тормозного устройства отливку можно транспортировать с линейной скоростью до 4 м/с без ее разрушения. Это позволило усовершенствовать литейную установку, повысить надежность и стабильность НЦЛ и получать качественные отливки из чугуна для изготовления деталей различного назначения.