



The reasons of occurrence of axial polythickness of hollow slugs at forming of internal surface of melt without application of stick are investigated. The ways of its minimization are determined.

Е. И. МАРУКОВИЧ, В. Ф. БЕВЗА, В. П. ГРУША, ИТМ НАН Беларуси

УДК 621.746.6:621.74.047

ОСЕВОЙ РАЗНОСТЕН ПОЛЫХ ОТЛИВОК ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ИЗ РАСПЛАВА БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ СТЕРЖНЯ

Метод непрерывно-циклического литья намораживанием — один из перспективных способов получения полых цилиндрических заготовок мерной длины без применения стержня. В его основу положен принцип направленности затвердевания металла [1].

Принципиальная схема процесса литья представляет собой систему сообщающихся сосудов: кристаллизатор — литейная чаша, соединенных между собой посредством металлопровода. Жидкий металл через сифонную литниковую систему и соединительный стакан подают в стационарный стальной водоохлаждаемый кристаллизатор, на который сверху устанавливаются водоохлаждаемые захваты, для формирования затравочной части отливки. Затем подачу металла прекращают и делают выдержку для намораживания твердой корки, толщина которой соответствует толщине стенки отливки. После этого затвердевшую отливку извлекают из кристаллизатора вверх, а удаленный объем металла компенсируют новой порцией расплава, подаваемого из разливочного ковша, и цикл повторяется. Условия, обеспечивающие интенсивный односторонний радиальный теплоотвод при обильном питании фронта кристаллизации на протяжении всего времени формирования отливки, позволяют получить плотную мелкодисперсную структуру без усадочной и газовой пористости.

Наряду с рядом преимуществ, присущих данному методу, существуют определенные недостатки, которые снижают его эффективность. В частности, формирование внутренней поверхности из расплава без жесткой регламентации внутреннего диаметра приводит к возникновению разности в отливке. Это неоправданно повышает припуск на механическую обработку по внутреннему диаметру, снижая тем самым выход годного литья.

В условиях свободного формирования внутренней поверхности толщина намораживаемой корки определяется технологическими параметрами литья и условиями взаимодействия фронта

затвердевания с расплавом. Установлено [2], что минимизации разнотолщинности отливок в поперечном сечении способствуют снижение интенсивности теплоотвода от затвердевающей корки и обеспечение его равномерности по периметру в течение всего времени затвердевания. Это достигается профилированием рабочей поверхности кристаллизатора, выбором оптимальной толщины его стенки и применением смазки, имеющей минимальный коэффициент теплопроводности.

Цель настоящей работы заключается в выявлении и анализе причин осевой разнотолщинности отливок при литье направленным затвердеванием без применения стержня и поиске путей ее минимизации.

Затвердевание металла в кристаллизаторе происходит непрерывно в течение всего времени разливки, а извлечение заготовок и подача расплава осуществляются циклически с заданным периодом. При этом состояние расплава в кристаллизаторе существенно изменяется в течение времени затвердевания отливки. В момент извлечения отливки вся система выводится из состояния равновесия и начинается переходной гидродинамический процесс, обусловленный возникновением в жидкой ванне кристаллизатора вынужденных циркуляционных потоков расплава, вызванных возмущающим воздействием движущейся отливки, подачей новой порции расплава в литейную чашу и его перетеканием в кристаллизатор. Из этого следует, что одной из причин возникновения разности в продольном сечении отливки является характер гидродинамических потоков расплава в кристаллизаторе при извлечении отливки и подаче новой порции жидкого металла.

Анализ гидродинамики расплава в кристаллизаторе в различные периоды затвердевания отливки и процесса теплообмена на границе раздела фаз показал существенную роль теплового и размывающего действия циркуляционных пото-

ков в жидкой ванне кристаллизатора на кинетику затвердевания металла. Повышение коэффициента теплоотдачи на границе раздела фаз при подаче расплава из литниковой системы замедляет скорость нарастания твердой корочки. Следствием этого является неравномерный темп ее намораживания в различных зонах по высоте кристаллизатора и соответственно получение неравномерной толщины стенки отливки вдоль ее образующей. Минимизировать в определенной степени негативное влияние циркуляционных потоков удается за счет оптимизации схемы подачи расплава из литниковой системы в кристаллизатор [3].

Вторая причина возникновения разностена в отливке вдоль образующей – наличие дополнительного осевого теплоотвода от нижнего торца затвердевающей отливки, обусловленного аккумуляцией тепла материалом соединительного стакана. Это определяет повышенную скорость затвердевания металла и приводит к образованию внутреннего прилива по периметру нижнего торца отливки. Один из путей снижения величины прилива – совершенствование конструкции соединительного стакана и выбор материалов, обеспечивающих минимальные тепловые потери.

Однако одной из основных причин осевой разнотолщинности заготовок, получаемых методом направленного затвердевания при свободном формировании внутренней поверхности, является разница во времени затвердевания верхней и нижней части отливки, которая определяется принципиальной схемой литья. В некоторых случаях она может составлять до 30% от времени формирования отливки.

Как уже отмечалось ранее, затвердевание металла в кристаллизаторе происходит в непрерывном режиме. В его нижней части формирование каждой последующей отливки начинается с момента начала извлечения предыдущей. При этом уровень расплава в нем понижается. Для заполнения кристаллизатора в каждом цикле в него подают новую порцию расплава из литниковой системы. Толщина стенки затравочной части отливки не является браковочным признаком, так как часть отливки, формируемая в захватах, уходит в технологическую обрезь. Поэтому интерес представляет разность во времени формирования отливки на уровне нижнего и верхнего торца

стационарного кристаллизатора, которая определяет осевой разностен. На процесс заполнения кристаллизатора расплавом после извлечения каждой отливки накладывается достаточно жесткое ограничение, а именно обеспечение плавного (монотонного) подъема мениска металла без остановок и колебаний уровня. Несоблюдение указанных требований может привести к браку по неспаям, а в некоторых случаях – к прекращению процесса литья. В связи с этим приходится искать компромиссное решение, удовлетворяющее условию максимально быстрого заполнения кристаллизатора и исключению брака.

Следует также учитывать, что для обеспечения непрерывности процесса литья время заполнения стационарного кристаллизатора до заданного уровня должно соответствовать операционному времени смены позиций захватов, которое складывается из времени извлечения затвердевшей отливки и возвращения подвижного кристаллизатора в исходное положение.

Оптимизация режима заливки при получении отливок различных типоразмеров и, следовательно, разной массы способствует в определенных пределах снижению осевого разностена отливок за счет совмещения технологического времени заполнения кристаллизатора с операционным временем смены позиций подвижных кристаллизаторов литейной установки [4]. Однако полностью исключить этот недостаток при литье по существующей принципиальной схеме практически невозможно.

В опытно-промышленных условиях ИТМ НАН Беларуси отливки из серого чугуна получают на установке с двумя идентичными подвижными кристаллизаторами, установленными консольно на поворотной траверсе. Совершая возвратно-вращательное движение в горизонтальной плоскости, они поочередно устанавливаются на стационарный кристаллизатор. Минимальное операционное время смены позиций при этом составляет ~4 с. Следовательно, уменьшение технологического времени заполнения кристаллизатора до значения меньше 4 с не имеет смысла. Анализ толщины стенки чугунных отливок диаметром 97 мм показывает, что осевой разностен при времени заполнения кристаллизатора расплавом с учетом захватов в течение ~5 с имеет значительную величину и составляет 10–20% (см. таблицу).

Осевая разнотолщинность отливок

Высота образца, мм	Средняя толщина стенки отливки		Разнотолщинность $\Delta \bar{\xi}_{ос} = \bar{\xi}_{ни} - \bar{\xi}_{в}, мм$	Коэффициент неравномерности $n_{ос} = \frac{\Delta \bar{\xi}_{ос}}{H_{заг}}$
	в нижнем сечении $\bar{\xi}_{ни}, мм$	в верхнем сечении $\bar{\xi}_{в}, мм$		
210	14,4	12,1	2,3	0,010952
210	16,1	13,6	2,5	0,011905
210	14,1	12,8	1,3	0,00619
210	16,1	13,9	2,2	0,010476
210	15,9	13	2,9	0,01381
210	16,2	13,6	2,6	0,012381
210	17,4	13,9	3,5	0,016667



Продольный темплет отливки диаметром 97 мм, высотой 230 мм

времени извлечения отливки. В этом случае разность во времени формирования ее верха и низа будет составлять не более 1 с.

Таким образом, минимизацию осевой разнотолщинности отливок при литье по существую-

щей принципиальной схеме осуществляют за счет выбора конструктивных параметров элементов литниковой системы и организации оптимальной подачи расплава в кристаллизатор. С учетом разрешающей способности литейного оборудования и технологической оснастки заметный эффект дает режим с опережением заливки по отношению к началу извлечения отливки. Однако полностью устранить разнотолщинность это не позволяет. Показано, что разница во времени затвердевания верхней и нижней части отливки, обусловленная принципиальной схемой литья и конструкцией существующего оборудования, вносит значительный вклад в формирование разнотолщинности. На основании проведенного анализа разработаны исходные данные для создания новой принципиальной схемы литья, обеспечивающей снижение разности с сохранением преимуществ метода направленного затвердевания.

Кардинально задача устранения осевой разнотолщинности заготовок при свободном формировании внутренней поверхности может быть решена только при изменении принципиальной схемы литья, а именно: продолжительность заполнения стационарного кристаллизатора расплавом в каждом цикле не должна превышать

времени извлечения отливки. В этом случае разность во времени формирования ее верха и низа будет составлять не более 1 с.

Литература

1. Специальные способы литья: Справ. / Под ред. В.А.Ефимова. М.: Машиностроение, 1991.
2. Марукович Е.И., Бевза В.Ф., Груша В.П. Затвердевание отливок при свободном формировании внутренней поверхности // Литье и металлургия. 2005. № 3. С. 15–19.
3. Марукович Е.И., Бевза В.Ф., Стеценко В.Ю. Гидродинамика расплава в кристаллизаторе при литье намораживанием // Литье и металлургия. 2003. № 3. С. 75–79.
4. Бевза В.Ф., Мазько В.С., Попов В.Б. Взаимосвязь режимов заливки и удаления отливок из кристаллизатора при непрерывно-циклическом литье // Литье и металлургия. 1998. № 2. С. 17–18.