

УДК 621.74:517.977

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПЕРЕНОСА ПРИ ЗАТВЕРДЕВАНИИ ОТЛИВКИ
С ВНУТРЕННИМИ ХОЛОДИЛЬНИКАМИ

П. Ю. ДУВАЛОВ, В. А. ПУМПУР

Институт технологии металлов НАН Беларуси

Могилев, Беларусь

Эффективность работы дробильно-размольной техники напрямую зависит от работоспособности материалов основных рабочих элементов. К этим материалам предъявляется ряд требований, главными из которых являются прочность и абразивная стойкость. Важнейшим фактором, влияющим на срок службы литых деталей дробильно-размольного оборудования (ДРО) из износостойкого хромистого чугуна (ИЧХ), является скорость кристаллизации отливки при литье. Размеры тригональных карбидов $(Cr, Fe)_7C_3$ оказывают существенное влияние на износостойкость ИЧХ. Так, уменьшение размеров карбидов значительно увеличивает стойкость ИЧХ при ударно-абразивном износе, который наблюдается в защитных деталях центробежных дробилок и мельниц. Благоприятное влияние увеличения скорости кристаллизации на величину карбидов и, следовательно, на износостойкость ИЧХ наблюдается при скоростях охлаждения отливки, близких к 10 К/с. При дальнейшем увеличении скорости охлаждения размеры карбидов и износостойкость меняются незначительно.

При изготовлении массивных толстостенных деталей необходимо принимать меры, ускоряющие процесс кристаллизации, например, отливать такие детали в металлические формы. Более высокие скорости охлаждения расплава в форме создают благоприятные условия для увеличения числа центров кристаллизации в расплаве, формирования структуры отливки с мелкими зернами металлической матрицы и карбидной фазы, повышения плотности литого металла.

При увеличении толщины стенок отливки наблюдается разница скорости кристаллизации поверхностных и внутренних слоев отливки. Для выравнивания скорости кристаллизации по всему сечению отливок применяются способы внутреннего воздействия. Это воздействие может выражаться в использовании внутренних холодильников, причем холодильники могут быть как нерасплаваемыми, так и расплаваемыми. Положительный эффект от применения холодильников связывают с увеличением переохлаждения объема расплава.

Отливки, изготовленные из ИЧХ, имеют существенный недостаток – твердость в центре отливок значительно ниже, чем на поверхности отливок. Это связано с тем, что в середине отливки размер структурных составляющих (особенно карбидов) значительно (в 2–3 раза) больше, чем на поверхности. Поэтому весьма актуальной является задача по получению отливок, имеющих примерно одинаковую структуру и твердость по всему сечению.

Целью проведенных исследований являлось изучение особенностей теплопереноса при литье отливок из ИЧХ с применением суспензионной

заливки расплава для ввода внутренних холодильников в виде дробы из феррохрома и белого чугуна.

В процессе выполнения научно-исследовательской работы осуществлено математическое моделирование теплопереноса при затвердевании и охлаждении отливки с учетом охлаждения расплава за счет введения дробы различной массы – 2 %; 5 % и 10 % от массы заливаемого в форму расплава ИЧХ.

Получена информация о влиянии массы дробленых материалов на скорость затвердевания отливок из ИЧХ, а также об особенностях их формирования. В частности, из анализа результатов расчета параметров процесса литья с использованием в качестве холодильников дробы из белого чугуна и феррохрома сделан вывод о том, что их воздействие на кинетику затвердевания отливок отличается незначительно (табл. 1).

Табл. 1. Результаты расчета доли твердой фазы в процессе затвердевания отливки с добавлением дробы

Время, с	Доля твердой фазы в процессе затвердевания, %					
	Масса дробы, % от массы расплава					
	Дробь из белого чугуна			Дробь из феррохрома		
	2	5	10	2	5	10
0	0	0	0	0	0	0
20	2	3,7	10,2	2	3,3	9,5
40	11,2	12,7	17,6	11,1	12,2	16,9
60	20,7	22	26,2	20,7	21,5	25,5
80	30,6	31,7	35,6	30,6	31,2	34,9
100	40,9	41,8	45,6	40,8	41,4	44,9
120	51,7	52,6	56,6	51,6	52,1	55,8
140	67	69	76,3	66,9	68,1	74,9
160	94,8	98,2	100	94,5	96,4	100

Различия в кинетике затвердевания отливки при применении дробы массой 2 % и 10 % от массы заливаемого в форму расплава значительны и составляют от 7,5 % доли твердой фазы в начале процесса до 4 % в последующем.

Средняя скорость охлаждения перегретого расплава за первые 20 с процесса литья составила 4,75 К/с при использовании дробы меньшей массы по сравнению с 5,5 К/с в другом случае. Средняя скорость охлаждения перегретого расплава за первые 80 с процесса литья также выше в случае использования холодильников большей массы (2,63 К/с против 2,5 К/с), что, конечно же, говорит в пользу их выбора. Но сравнить эффективность использования дробы из различных материалов в качестве внутренних холодильников для улучшения эксплуатационных свойств деталей из ИЧХ предстоит после изучения структуры полученных отливок в процессе выполнения дальнейших исследований.