

лизирующийся расплав выражается в измельчении зерна в отливках. Это, по-видимому, можно связать с увеличением числа центров кристаллизации в затвердевающем металле и с модифицирующим действием обломков твердой фазы, которые образуются в результате разрушения растущего вблизи стенок металлической формы фронта кристаллов. Характер структуры отливок в рассматриваемых условиях зависит от скорости движения формы в расплаве и режима охлаждения отливок [3].

При относительном перемещении твердой и жидкой фаз отливки получают более плотными и прочными, чем при их затвердевании в покое.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б а л а н д и н Г.Ф. Литье намораживанием. — М., 1962. — 168 с. 2. К р а в ч е н к о Е.В., Т ю х а й Г.Г. Изучение процесса затвердевания металла в условиях вынужденной конвекции //Металлургия. — Мн., 1979. — Вып. 13. — С. 37—38. 3. Б а л а н д и н Г.Ф. Формирование кристаллического строения отливок. — М., 1965. — 288 с.

УДК 621.762

А.С.КАЛИНИЧЕНКО, Ю.А.ЛОСЮК,
Н.П.ЖВАВЫЙ, М.А.АНТОНЕВИЧ

ВЛИЯНИЕ ОБЪЕМНОГО СОДЕРЖАНИЯ УПРОЧНЯЮЩИХ ВОЛОКОН НА ПРОДВИЖЕНИЕ ФРОНТА ЗАТВЕРДЕВАНИЯ

Материалы, упрочненные волокнами с большим модулем упругости, получают все большее распространение благодаря повышенным характеристикам прочности, жесткости и износостойкости изготовленных из них деталей. Уделяется большое внимание технологическим процессам, позволяющим получать такие материалы, свойства которых могут быть заранее рассчитаны. Особенностью композиционных материалов является то, что они состоят из разнородных материалов, имеющих специфические физико-механические и теплофизические свойства. Различие в свойствах необходимо учитывать при разработке технологии создания упрочненных материалов, и в частности при оценке их влияния на продвижение фронта затвердевания в литой заготовке [1].

Была сделана попытка учесть влияние объемного содержания упрочняющих волокон на скорость продвижения фронта затвердевания при непрерывном литье. Ранее [2] получено выражение для расчета толщины корочки, затвердевшей в любой момент времени t_n , в случае литья без упрочняющих волокон:

$$\xi = \frac{a_1 \tau_n}{\rho_k [r_1 + c_k (T_{\text{зал}} - T_{\text{кр}})]} [T_{\text{кр}} - (b - c)(T_{\text{кр}} - T_c) - T_c] +$$

$$+ \frac{a_1}{\rho_k [r_1 + c_k (T_{\text{зал}} - T_{\text{кр}})]} \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{1}{a\gamma_n^2} \frac{A_n}{N_n^2} e^{-a\gamma_n^2 F_0} \right) +$$

$$+ \frac{1}{2} M_n Fo^2), \quad (1)$$

где a_1 — коэффициент теплоотдачи от отливки к кристаллизатору, Вт/(м²·К); τ_n — продолжительность процесса, с; ρ_k — плотность материала отливки, кг/м³; r_1 — теплота кристаллизации, Дж/кг; c_k — удельная теплоемкость материала отливки, Дж/(кг·К); $T_{кр}$, T_c , $T_{зал}$ — температура соответственно кристаллизации, охлаждающей воды и заливки, К; $a = a_2/a_1$; $Fo = at / x^2$; a_1 , a_2 — коэффициент температуропроводности соответственно материала отливки и кристаллизатора, м²/с.

Постоянные b, c, A_n, N_n, M_n приведены в работе [2]. Корни γ_n находятся из решения характеристического уравнения

$$\text{ctg } \gamma_n = \frac{\gamma_n^2 - B_{i1} B_{i2}}{\gamma_n (B_{i1} + B_{i2})},$$

где $B_{i1} = \frac{a_1 X_1}{\lambda_2}$; $B_{i2} = \frac{a_2 X_2}{\lambda_2}$, X_1, X_2 — соответственно половина толщины отливки и толщина стенки кристаллизатора, м; a_2 — коэффициент теплоотдачи от вала к воде, Вт/(м²·К); λ_2 — коэффициент теплопроводности материала вала, Вт/(м·К).

Влияние объемного содержания упрочняющих волокон на продвижение фронта кристаллизации определялось путем использования эффективных значений теплофизических коэффициентов, учитывающих свойства как матричного материала, так и высокопрочных элементов. Удельная теплоемкость и плотность материала отливки находились согласно правилу аддитивности:

$$c_k = \frac{c_B \rho_B V_B + c_1 \rho_1 (1 - V_B)}{\rho_B V_B + \rho_1 (1 - V_B)};$$

$$\rho_k = \rho_B V_B + \rho_1 (1 - V_B),$$

где ρ_B, ρ_1 — плотность соответственно материала волокон и матрицы, кг/м³; V_B — объемная доля упрочняющих волокон.

Теплопроводность материала, упрочненного непрерывными волокнами, характеризуется значительной анизотропией и в продольном направлении может определяться по правилу аддитивности. Теплопроводность в поперечном направлении определялась согласно работе [3]:

$$\frac{\lambda_k}{\lambda_1} = (1 - V_B^2) + \frac{\lambda_B}{\lambda_1} V_B + \frac{2 \frac{\lambda_B}{\lambda_1} V_B (1 - V_B)}{V_B + \frac{\lambda_B}{\lambda_1} (1 - V_B)}.$$

Для проведения расчетов разработана программа для ЭВМ.

Результаты расчетов приведены на рис. 1, на котором проведены линии,

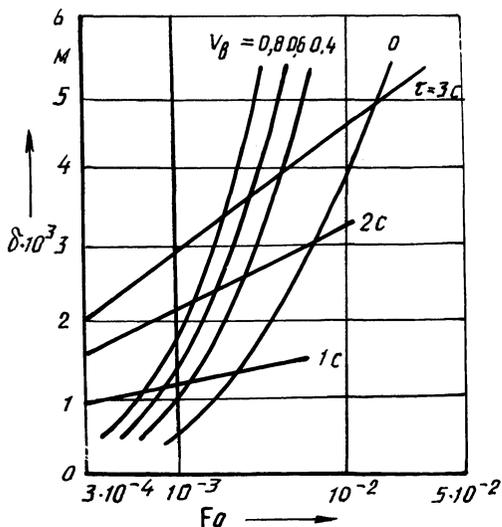


Рис. 1. Зависимость толщины затвердевшего слоя расплава от продолжительности процесса

соответствующие продолжительности затвердевания 1, 2 и 3 с. Как видно из рисунка, ввод упрочняющих волокон значительно изменяет скорость и характер продвижения фронта затвердевания. Средняя скорость продвижения фронта затвердевания при наличии 40 % (по объему) волокон снижается на 12,5 %, при 60 % — на 19,38 % и при 80 % — на 26,3 % по сравнению с неупрочненным материалом. Таким образом, проведенные расчеты позволяют оценить положение фронта кристаллизации непрерывной отливки при наличии упрочняющих волокон, что необходимо для правильного выбора скорости вытягивания заготовки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Effect of dispersed graphite on the freesing rate of gravity die-cast LM13 alloy — 3 wt% graphite particle composite / A.K.Iha, R.Asthana, T.K.Dan et al. // J.Mater. Sci. Lett. — 1987. — Vol. 6, N2. — P. 225 — 228.
2. Кравченко Е.В., Калинин А.С. Расчет продвижения фронта к фронту кристаллизации // *Металлургия*. — Мн., 1980. — Вып. 14. — С. 68—70.
3. Тучинский Л.И. Композиционные материалы, получаемые методом пропитки. — М., 1986. — 208 с.

УДК 621.74:658.382:681.3

Т.Н.КИСЕЛЕВА, Ж.В.ПЕРВАЧУК,
Л.И.СЕРИКОВА

ПРИМЕНЕНИЕ ЭВМ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ УСЛОВИЙ ТРУДА И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ В ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХАХ

Одной из основных задач развития народного хозяйства СССР является улучшение условий труда, сокращение ручного, малоквалифицированного и тя