

## Л и т е р а т у р а

1. Г о х ф е л ь д Д.А. Несущая способность конструкций в условиях теплосмен. М., "Машиностроение", 1970.

УДК 621.746.6

Г.А. Анисович, В.И. Тутов, А.А. Малиюк-  
вичус, Н.А. Сенькин, А.Я. Крутилин

### П Р И Б Л И Ж Е Н Н Ы Й Р А С Ч Е Т ЗАТВЕРДЕВАНИЯ ПОЛОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ НЕПРЕРЫВНОЙ ОТЛИВКИ СО СТОРОНЫ ПЕСЧАНОГО СТЕРЖНЯ

Целью настоящей работы является приближенный расчет затвердевания полой цилиндрической отливки со стороны песчаного стержня в условиях непрерывного литья. Для расчета использован метод исключения переменных /1/. Для сокращения числа независимых переменных принимаем, что температурное поле стержня описывается уравнением параболы "п" - го порядка:

$$U = U_n \left(1 - \frac{x}{X}\right)^n, \quad (1)$$

где  $U = T - T_0$ ,  $U_n = T_n - T_0$  - избыточная температура  
 $T_n, T_0, X$  - температура поверхности, начальная температура и глубина прогрева стержня.

Через поверхность "F" соприкосновения металла и стержня проходит количество теплоты

$$dQ = \lambda_2 n \frac{U_n - U_{вн}}{\delta} F dt, \quad (2)$$

где  $U_{вн}$ ,  $\lambda_2$  и  $\delta$  - соответственно избыточная температура внутренней поверхности стержня, теплопроводность материала и толщина стенки стержня.

Теплота, аккумулированная стержнем /1/

$$dQ = \frac{1}{n+1} F \rho_2 c_2 \delta \left(1 - \frac{2}{n+2} \cdot \frac{\delta}{X}\right) dU_{вн}. \quad (3)$$

где  $\rho_2, C_2$  и  $\chi_0$  — плотность, удельная теплоемкость и наружный радиус стержня.

Из совместного решения уравнений /2/ и /3/ получаем:

$$v_{zn} = v_n \left[ 1 - e^{-\frac{n(n+1)\alpha_2(t-t_1)}{\delta^2(1-\frac{\alpha}{n^2} \cdot \frac{\delta}{\chi_0})}} \right]. \quad (4)$$

Уравнение теплового баланса отливки и стержня:

$$\lambda_2 n \frac{v_n - v_{zn}}{\delta} F dt = z dM, \quad (5)$$

где  $z$  — уд. теплота кристаллизации металла отливки;  
 $dM$  — масса металла, затвердевшего на стержне за время

Подставляем в уравнение /5/ значение  $v_{zn}$  и интегрируем в пределах от  $t_1$  до  $t_2$  и от  $M_1$  до  $M$ .

Получаем:

$$M = \frac{\delta F \rho_2 C_2 v_n}{z(n+1)} \left( 1 - \frac{\alpha}{n^2} \cdot \frac{\delta}{\chi_0} \right) \left[ 1 - e^{-\frac{n(n+1)\alpha_2(t-t_1)}{\delta^2(1-\frac{\alpha}{n^2} \cdot \frac{\delta}{\chi_0})}} \right] M_1. \quad (6)$$

Связь между массой и толщиной затвердевшей корки находим из уравнения

$$M = F \rho_2 \delta \left( 1 + \frac{\delta}{2\chi_0} \right). \quad (7)$$

Уравнения /6/ и /7/ позволяют посчитать кинетику затвердевания цилиндрической отливки на оболочковом стержне.

Для пользования уравнением /6/ необходимо знать некоторые дополнительные данные, в частности, показатель степени параболы "п", а также теплофизические свойства материала стержня. Для их определения необходимо знать время прогрева стержня на всю его глубину.

Методика проведения эксперимента по определению температурного поля стержня следующая. Стержень приготавливался из смеси следующего состава: песок кварцевый — 100%, 20%-ный раствор мочевины в фенолоспирте — 4%.

В стенку стержня заформовывались хромель-копелевые термопары с диаметром электродов 0,2 мм в сечении стержня, расположенном на половине его высоты. Термопары были расположены от поверхности отливки на расстояниях 1, 3, 5, 7 и 9 мм. Стержень имел следующие

размеры: высота - 150 мм, диаметр - 82 мм, толщина стенки - 10 мм.

Стержень с термопарами окунался в расплав цинка с температурой 420°C. Показания термопар фиксировались осциллографом Н-700.

По методике, описанной в работе /2/, определим показатель степени параболы, а также эффективные значения термофизических коэффициентов. Массу металла, затвердевшего на стержне за время его прогрева, /15 сек/ определяли экспериментально. Для этого окунали в расплав цинка при  $T = 420^{\circ}\text{C}$  несколько стержней. Затем измерялась толщина корочки металла, затвердевшего на стержне и подсчитывалась масса металла. Данные для расчета затвердевания цинковой цилиндрической отливки на оболочковом стержне следующие:

$$n_2 = 2,8; \quad a_2 = 3,27 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{сек}; \quad v_2 = 443 \frac{\text{гм} \cdot \text{сек}^{0,5}}{\text{м}^2 \cdot \text{град}};$$

$$c_2 = 49,4 \text{ Дж/кг} \cdot \text{град}; \quad \lambda_2 = 2,5 \text{ Вт/м} \cdot \text{град}.$$

Результаты расчетов и экспериментальные данные приведены на рис. I. Здесь кривая проведена по расчетным данным, а точками обозначены экспериментальные данные.

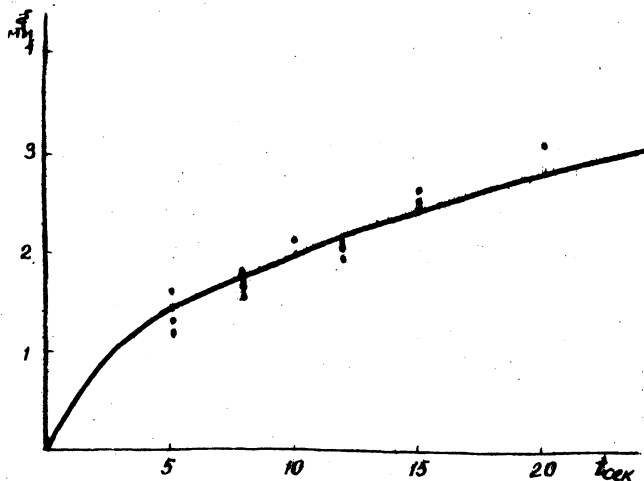


Рис. I. Зависимость толщины намерзшей корочки от  $t$

## Л и т е р а т у р а

1. Вейник А.И. Приближенный расчет процессов теплопроводности. М.-Л., Госэнергоиздат, 1959.
2. Анисович Г.А., Жакин Н.П. Охлаждение отливки в комбинированной форме. М., Машиностроение, 1969.

УДК 621.002.8

В.П.Северденко, А.С.Матусевич,  
И.П.Прокопов, А.Ф.Гончаров, А.Г.Бакаев

### ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА КРИСТАЛЛИЗАТОРА ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ ЛИТЬЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

В работе рассматриваются закономерности влияния некоторых технологических параметров процесса непрерывного литья композиционных материалов, разработанного в физико-техническом институте АН БССР /1/, на тепловой режим водоохлаждаемого цилиндрического кристаллизатора.

При изучении теплового режима кристаллизатора в качестве материала матрицы композиционной отливки использовался алюминий марки А7, в качестве армирующих волокон - проволока диаметром 0,5 мм из стали Х18Н10Т. Эксперименты проводились на кристаллизаторе, который представлял собой стальной водоохлаждаемый кожух с частично запрессованной в него цилиндрической графитовой втулкой. Свободный конец втулки в процессе вытяжки отливки находился непосредственно в расплаве.

Измерение температуры кристаллизатора производилось хромель-алюмелевыми термопарами с диаметром электродов 0,2 мм на электронном автоматическом потенциометре типа КСП. Термопары были установлены в различных сечениях по толщине графитовой втулки. Температура жидкого металла в распределительной ванне измерялась термопарой ХА, электроды которой диаметром 0,5 мм были защищены кварцевым наконечником. В процессе исследования получены температурные поля кристаллизатора при различных режимах литья, с помощью которых стало возможным установить характер изменения интенсивности теплообмена и удельного теплового потока в кристаллизаторе.

Одним из наиболее важных технологических параметров процесса