С.П. Пожарков, Н.В.Иноземцева
Гомельский политехнический институт им. П.О. Сухого

ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ ВАЛКА-КРИСТАЛЛИЗАТОРА ПРИ БЫСТРОЙ ЗАКАЛКЕ РАСПЛАВА

При скольжении одного тела по поверхности другого с большой скоростью на поверхности контакта может возникнуть микроскопическая неустойчивость температуры и давления, что вызывает появление локальных возмущений номинально плоских поверхностей. Тонкий слой расплава в процессе разливки как бы находится между двумя телами-кристаллизатора из материала с высокой теплопроводностью и воздуха, который можно считать теплоизолятором, причем данные тела находятся во взаимном скольжении относительно друг друга.

Уравнение, связывающее малое возмущение в виде температурной волны δ, изменяющей распределение скорости, давления и теплопередачи в температурном пограничном слое расплава, упругую деформацию поверхности кристаллизатора δ_e и тепловую деформацию поверхности δ_{th}, имеет вид $\delta = \boldsymbol{\delta}_{\textbf{th}} + \delta_{\text{e}}$. Для определения величины δ_{th} необходимо знание распределения температуры в кристаллизаторе, которая подставляется в уравнение термоупругости в цилиндрической системе координат.

Уравнение теплопроводности запишется в виде:

$$\frac{dU}{dt} = a^2 \Delta U + \mathbf{f(r, \varphi, z, t)} \qquad (1)$$

где $a^2 = \dfrac{\lambda}{c_\rho \rho}$ - коэффициент температуропроводности

λ, c_ρ, ρ- коэффициент теплопроводности, удельная теплоемкость и плотность; $f(r, \varphi, z, t)$ -распределение теплового источника.

Аналитическое выражение для расчета распределения температуры в кристаллизаторе найдено путем решения уравнения (1) :

$$U(r, \varphi, z, t) = U_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (A_n I_0(\mu_n^{(c)} r) + B_n K_0(\beta_n^{(c)} r)) \cos \boldsymbol{\beta}_{\mathbf{n}}^{(\mathbf{c})} \mathbf{r} + \int_0^t \partial\tau \sum_{\substack{k=0 \\ m,n=1}}^{\infty} \exp[-a^2 \times$$

$$\times \lambda_{k,m,n}^2 (t-\tau)](V_{k,m,n}^{(s,c)}(r, \varphi, z) F_{k,m,n}^{(s,c)}(\tau) + V_{k,m,n}^{(s,s)}(r, \varphi, z) F_{k,m,n}^{(s,s)}(\tau) + V_{k,m,n}^{(c,c)}(r, \varphi, z) \times$$

$$\times F_{k,m,n}^{(c,c)}(\tau) + V_{k,m,n}^{(c,s)}(r, \varphi, z) F_{k,m,n}^{(c,s)}(\tau))$$

где первое слагаемое- температура окружающей среды второе- стационарное распределение температуры без влияния теплового источника третье слагаемое- температурное поле, обусловленное действием расплава.

Пожарков С.П.
Гомельский политехнический институт им. П.О. Сухого

ПОГРАНИЧНЫЙ ВОЗДУШНЫЙ СЛОЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ЦИЛИНДРА

В процессе спиннингования расплава на поверхность диска-кристаллизатора возникает воздушный пограничный слой, увлекаемый движущейся поверхностью и изменяющий, с одной стороны, условия теплопередачи между расплавом и диском, а с другой стороны - влияет на качество изделий.

Зависимость, описывающая захват диском воздуха, подчиняется уравнению Навье-Стокса:

$$\frac{\partial V}{\partial \tau} = \vartheta \left[\frac{\partial^2 V}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial V}{\partial r} - \frac{V}{r^2} \right]. \quad (1)$$

Граничные условия:

$$V(R, \tau) = 0$$
$$V(\infty, \tau) = \omega \cdot R \quad (2)$$

Начальное условие:

$$V(r,0)=0 \quad . \quad (3)$$

Общее решение уравнения (1) ищем в виде: $V(r, \tau) = U(r, \tau) + V(r)$, где $U(r, \tau)$- решение нестационарной задачи; V(r)- решение стационарной задачи при $\tau \to \infty$.

Общее решение нестационарной задачи задается интегралом:

$$U(r, \tau) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\upsilon\lambda^2\tau} \{A(\lambda)\}\{N_1(R\lambda)I_1(r\lambda) - I_1(R\lambda)N_1(r\lambda)\}\partial\lambda \quad . \quad (4)$$

Решение стационарной задачи ищем в виде $V \sim r^n$, которое дает выражение:

$$V(r) = \frac{\omega \cdot R^2}{r} \quad . \quad (5)$$

Подставляя общее решение в уравнение (1) с учетом граничных условий для функции V(r) получим уравнение для определения