

34. РОЗВ'ЯЗАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЗАДАЧІ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ ВОЛОКОННИХ СВІТЛОВОДІВ

О.П. Зінкевич, В.М. Сафонов

Національний університет харчових технологій

О.М. Нещадим

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Існуючі методи отримання волоконних світловодів [2] можна поділити на дві групи: методи витяжки із заготовки та із розплавленого скла. Виготовлення тонкого волоконного світловоду методами, які відносяться до першої групи, виконується шляхом витяжки із масивної скляної циліндричної заготовки, нагрітої з одного кінця до температури плавлення. З допомогою механізму подачі заготовка повільно опускається в піч. Нехай матеріал заготовки, розміщений в печі, під дією прикладеної температури плавиться (рис. 1.).

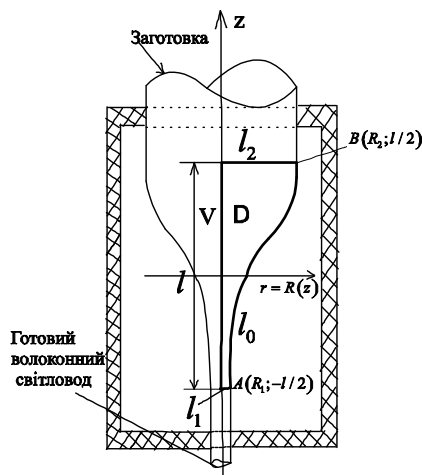


Рис.1

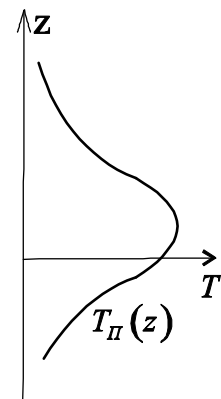


Рис.2

Інтенсивність плавлення заготовки визначається температурним профілем печі $T_n(z)$ (рис 2.). Під дією сталих в часі зусиль витягування (на відрізьку L_1) і зусиль подачі (на відрізьку L_2) нагріта скломаса набуває стаціонарного руху, який описується диференціальними рівняннями Нав'є – Стокса; при цьому в'язкість μ розплавленої скломаси однозначно визначена температурним стаціонарним полем температур $T(r, z)$, яка є функцією циліндричних координат (r, z) . Таким чином, необхідно розглядати дві взаємозалежні задачі: 1) теплову задачу – розв'язок рівняння теплопровідності (визначення поля температур $T(r, z)$); 2) гідродинамічну задачу – розв'язок рівнянь Нав'є – Стокса (визначення поля швидкостей, а також форми скломаси на ділянці переходу від заготовки до

готового волоконного світловоду (контур L_0)); цю форму інженери називають «цибулиною»).

Для температурного поля $T(\vec{r})$ використаємо наближене рівняння $\frac{u(z)}{k} \frac{\partial T}{\partial z} = \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T}{\partial r} \right)$ в області $D: \left\{ -\frac{1}{2} \leq z \leq \frac{1}{2}; 0 \leq r \leq R(z) \right\}$; при цьому $u(z)$ – поздовжня швидкість, усереднена по поперечному перерізу волокна. Граничні умови для розплавленого скла, що рухається, мають вигляд:

$$T = T_1 \text{ при } z = z_1 = -\frac{1}{2}, \quad 0 \leq r \leq R_1; \quad T = T_2 \text{ при } z = z_2 = \frac{1}{2}, \quad 0 \leq r \leq R_2;$$

$$\left. \frac{\partial T}{\partial r} \right|_{r=0} = 0; \quad -\lambda_T \left. \frac{\partial T}{\partial n_0} \right|_{L_0} = h \cdot (T - T_n(z)), \quad r = R(z), \quad -\frac{1}{2} \leq z \leq \frac{1}{2}.$$

Тут прийнято позначення: l – довжина зони деформації заготовки; R_1 – радіус готового волоконного світловоду; R_2 – радіус заготовки; $r = R(z)$ – координати контура L_0 ; T_i – температура контурах L_i ($i=1, 2$); $\vec{n}_0$ – напрям зовнішньої нормалі до поверхні цибулини в точці із координатами (r, z) ; h – поверхневий коефіцієнт тепловіддачі; λ_T – коефіцієнт теплопровідності; k – питома теплоємність при сталому об'ємі.

На початковому етапі розрахунків форму переходу від заготовки до готового світловоду будемо вважати відомою із експериментальних або інших даних; $u_2 \leq u(z) \leq u_1$, u_2 – швидкість подачі заготовки в піч, задана величина, u_1 – швидкість витягування, визначається із рівняння нерозривності $u_1 = \left(\frac{R_2}{R_1} \right)^2 \cdot u_2$; $u(z) = (u_2 - u_1) \cdot \frac{z}{1} + \frac{u_2 + u_1}{2}$.

Розв'язок $T(\vec{r})$ знаходиться в вигляді лінійної комбінації теплових потенціалів простого і подвійного шару. Користуючись властивостями теплових потенціалів [1] задача зводиться до інтегральних рівнянь щодо щільностей потенціалів, які в подальшому використовуються при обчисленні $T(\vec{r})$.

Література:

1. Білоносов С.М., Овсієнко В.Г., Карачун В.Я. Применение интегральных представлений к решению задач теплопроводности и динамики вязкой жидкости. - К.: Вища школа, 1989. – 164 с.
2. Брайлер Л.Л., Димачелла Ф.В. Витяжка волокна и нанесение покрытия и защитного чехла. ТИИЭР, 1980, №10. - С. 32–35.