

УДК 621.86

Л.М. Данильченко, канд. техн. наук, доц., М.М. Майор

Тернопільський національний технічний університет імені І.Пулюя, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ В ПРОЦЕСАХ ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ

L.M. Danylchenko, M.M. Major

FEATURES OF HEAT TRANSFER IN THE PROCESSES OF PLASTIC DEFORMATION

В процесах формоутворення металів згинанням часто спостерігається нерівномірність деформації, викликаною особливостями тертя на контактних поверхнях, а під час гарячого оброблення - неоднорідністю температурного поля, що суттєво впливає на силові параметри та формування структури обробленої поверхні.

Запропонована методика визначення температурних полів на відміну від відомих розв'язків одночасно враховує: залежність теплофізичних характеристик матеріалу від температури; обмеженість розмірів деформованої заготовки та інструменту; залежність опору деформації матеріалу від температури, ступеня і швидкості деформації.

В основу теоретичного аналізу особливостей теплопередачі для пластичної деформації покладено процес осадження нагрітого до початкової температури T_0 матеріалу з постійною швидкістю, тобто розглядається симетрична задача. В цьому випадку рівняння теплового балансу має вигляд:

$$C(T)\rho \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial y} \lambda(T) \frac{\partial T}{\partial y} - C(T)\rho v_y \frac{\partial T}{\partial y} + W, \quad (1)$$

де ρ - густина матеріалу; $C(T)$ - питома теплоємність матеріалу; $\lambda(T)$ - коефіцієнт теплопровідності матеріалу; $W = \sigma \varepsilon'$ - потужність джерела тепла за рахунок пластичної деформації, де в свою чергу σ - опір деформації, ε' - швидкість деформації.

Конвективний член $v_y \partial T / \partial y$ враховує зміну температурного поля внаслідок зміни в часі ординати границі між інструментом і матеріалом. Враховуючи симетричність задачі, початкові й граничні умови мають вигляд: $T|_{t=0} = T_0$; $T|_{y=h(t)} = T_k(t)$. Температуру контакту T_k можна визначити експериментально або за результатами теоретичного розв'язку задачі теплового контакту. Залежність опору деформації σ від ступеня деформації ε , швидкості деформації ε' і температури T можна представити у вигляді рівняння $\sigma = \sigma_0 \varepsilon^{n_1} \varepsilon'^{n_2} \exp(-bT)$, яке враховує деформаційне зміцнення та роззміцнення, як термічно активуючий процес. Якщо початкову висоту верхньої частини осаджувального матеріалу позначити h_0 , то в процесі осадження ця величина змінюватиметься за законом $h(t) = h_0 - v_0 t$, а для швидкості деформації дорівнює:

$$\varepsilon' = \frac{d}{dt} \ln \frac{h_0}{h(t)} = - \frac{1}{h(t)} \frac{dh(t)}{dt}, \quad (2)$$

Рівняння (1) є нелінійним і в загальному вигляді одержати його точний розв'язок не вдається. Якщо прийняти, що $\lambda(T) = kC(T)$, то

$$\rho \frac{1}{k} \frac{\partial \psi}{\partial t} = \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} - \frac{\rho v_y}{k} \frac{\partial \psi}{\partial y} + W. \quad (3)$$

Запропонована методика розрахунку температурних полів є достовірною і може служити для оцінки можливих значень температур в процесах пластичного деформування металів і сплавів.