

*Матеріали III Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів.  
Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 19-20 листопада 2014.*

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  $\rho$  - 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  $\sigma$  - опір деформації,  $\varepsilon'$  - 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  $\sigma$  від ступеня деформації  $\varepsilon$ , швидкості деформації  $\varepsilon'$  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.