

ТЕРМОДИНАМІЧНІ ЗАДАЧІ ЕЛЕКТРОПЛАСТИЧНОСТІ

Морачковський О.К.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Досліджені термомеханічні процеси в електропровідних тілах, які у разі застосування технології магнітно-імпульсної обробки пружно-пластично деформуються. Тверді тіла, які здатні деформуватися за умов дії теплових та електромагнітних полів, зумовлених розподіленою у навколишньому середовищі системою струмів з густиною $j(r, t)$, де r – радіус, \vec{r} – вектор точки. Залежність індукцій магнітного і електричного полів від відповідних напружень приймають нелінійною. Задача про визначення електромагнітного, температурного і механічного полів у тілі за умов дії зовнішнього електромагнітного поля полягає у розв’язуванні зв’язаної задачі електродинаміки і теплопровідності та задачі неізотермічної термопружної-пластичності. Задача за скінчено-елементним методом зводиться до розв’язування системи рівнянь відносно $\{dq\}$ - глобального вектору приростів вузлових переміщень, щодо відповідних характеристик окремих елементів, які знаходяться з матрично-векторних співвідношень

$$[K]\{dq\} = \{dF\} + \{dP\} + \{dR\}, \int_{\Omega} (c \frac{\partial T}{\partial t} w + \lambda (\frac{\partial T}{\partial t} \frac{\partial T}{\partial t} + \frac{\partial T}{\partial t} \frac{\partial T}{\partial t}) - Qw) r dr dz + \int_{\bar{A}} \beta (T - T_c) wr d\zeta = 0;$$

$$\int_V \mu^{-1} (\frac{1}{r} \frac{\partial (rE_\varphi)}{\partial r} \frac{1}{r} \frac{\partial (rw_1)}{\partial r} + \frac{\partial E_\varphi}{\partial z} \frac{\partial w_1}{\partial z}) r dr dz + \int_V (\gamma E_\varphi + F_q \frac{\partial E_\varphi}{\partial t} + \varepsilon \frac{\partial^2 E_\varphi}{\partial t^2} + F_p) w_1 r dz = 0;$$

$$\{d\sigma\} = [C](\{de\} - \{de_r\}) + [dC](\{de\}^t - \{de_r\}^t - \{de_p\}^t) + [Z]dT;$$

$$\{e\} = [A]\{u\}, \{u\}^t = \{u_r, u_z\}, \{e\}^t = \{\varepsilon_{rr}, \varepsilon_{\varphi\varphi}, \varepsilon_{zz}, 2\varepsilon_{rz}\}$$

Після скінченно-елементної дискретизації співвідношень по просторових змінних отримуємо систему Коші звичайних диференціальних рівнянь щодо невідомих значень напруженостей електричного і магнітного полів та температури у вузлах поділу. Отриману задачу розв’язуємо за допомогою однокрокових багато-параметричних алгоритмів, які дають змогу вести обчислення зі змінним кроком і порядком. Залежності електрофізичних і теплофізичних параметрів від температури апроксимуються інтерполяційними сплайнами, побудованими за точками реальних кривих, які описують поведінку електропровідного тіла, їх обчислюють за значеннями температури на попередньому кроці. що дає змогу адекватніше прогнозувати реальну поведінку матеріалів у широкому температурному діапазоні, отримати оцінку залишкових напружень. Необхідним є врахування температурної залежності електрофізичних і механічних характеристик матеріалу в разі моделювання процесів високотемпературного індукційного нагрівання виробів з феромагнітних сталей. Неврахування такої залежності може приводити до якісної відмінності отриманих розподілів параметрів процесів.