

УДК 539.3

М. Михайлишин, Б. Головатий

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОЛІВ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ І ДЕФОРМАЦІЙ, ЩО ВИНИКАЮТЬ ПРИ ТЕРМООБРОБЦІ ДЕТАЛЕЙ

На сучасному етапі в машинобудуванні широко використовуються процеси, пов'язані з інтенсивним нерівномірним нагрівом (відновлювання робочих поверхонь деталей шляхом наплавлення, загартування, процеси зварювання і т. ін.). Під час таких технологічних операцій протікають складні термомеханічні процеси, внаслідок чого в деталі виникають поля залишкових напружень і деформацій. Розподіл залишкових напружень і деформацій може суттєво впливати на поведінку деталі під час її експлуатації, отже, задача знаходження цих полів є актуальною.

Вважатимемо, що поля залишкових напружень і деформацій виникають внаслідок пружно-пластичного деформування при неізотермічних процесах навантаження. Для моделювання використаємо деформаційну теорію термопластичності, узагальнену на випадок врахування можливості розвантаження з розвитком повторних пластичних деформацій із використанням методу додаткових деформацій.

Розглядається задача термообробки кромки тонкого круглого диска. Припускається, що має місце плоский напружений стан. В k -ому наближенні маємо таку систему рівнянь:

$$\begin{aligned} \frac{d\sigma_r^{(k)}}{dr} &= \frac{\bar{E}}{r} \left[\frac{U^{(k)}}{r} - \alpha_T (T - T_0) - \varepsilon_{22}^{p(k-1)} \right] - \frac{1-\nu}{r} \sigma_r^{(k)} \\ \frac{dU^{(k)}}{dr} &= \frac{1-\nu^2}{\bar{E}} \sigma_r^{(k)} - \nu \frac{U^{(k)}}{r} + (1+\nu) \alpha_T (T - T_0) + \varepsilon_{11}^{p(k-1)} + \nu \varepsilon_{22}^{p(k-1)} \\ \sigma_\theta^{(k)} &= \nu \sigma_r^{(k)} + \bar{E} \left[\frac{U^{(k)}}{r} - \alpha_T (T - T_0) - \varepsilon_{22}^{p(k-1)} \right] \\ \varepsilon_{33}^{(k)} &= -\frac{1}{1+\nu} \left[\nu (\varepsilon_{11}^{(k)} + \varepsilon_{22}^{(k)}) - (1+\nu) \varepsilon_T + (1-2\nu) (\varepsilon_{11}^{p(k-1)} + \varepsilon_{22}^{p(k-1)}) \right] \\ \varepsilon_{ii}^{p(k)} &= \varepsilon_{ii}^{p1} + \frac{\bar{\psi}^{(k)} - 1}{\bar{\psi}^{(k)}} (\varepsilon_{ii}^{(k)} - \varepsilon_{ii}^{p1} - \varepsilon_0^{(k)}), \quad \bar{\psi}^{(k)} = 3G \frac{\bar{\varepsilon}_i^{(k)}}{\bar{\sigma}_{id}^{(k)}} \end{aligned}$$

Вважається, що існує функція $\bar{\sigma}_i = \Phi(\bar{\varepsilon}_i, T)$, яка знаходиться з експериментальних даних.

Весь процес навантаження розбиваємо на окремі етапи. Значення компонент пластичної деформації для нульового наближення беремо рівними цим компонентам, досягнутими на попередньому етапі (при деформуванні з початкового недеформованого стану приймаємо їх нульовими). Ітераційний процес продовжується до його повної збіжності, після цього робимо перехід до наступного етапу навантаження.

Побудований алгоритм для визначення часових та залишкових полів напружень і деформацій після завершення процесу термообробки тонкого круглого диска і повного його остигання. Отримані і проаналізовані розв'язки ряду конкретних задач.