

УДК 537.8, 539.3

М. Михайлишин, Б. Головатий

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ І ДЕФОРМАЦІЙ, ЩО ВИНИКАЮТЬ В РЕЗУЛЬТАТІ ІНДУКЦІЙНОГО НАГРІВАННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ ТІЛ

В сучасних технологіях з метою покращення експлуатаційних властивостей деталей широко використовуються різноманітні способи термообробки — цементація, азотування, загартовування, відпал, відпуск. Для забезпечення необхідної точності температурного режиму і простоти технологічного процесу, а також з економічних міркувань, найбільш простим способом нагріву є індукційний.

Побудовано математичну модель процесу індукційного нагріву нескінченного суцільного циліндра індуктором скінченної довжини, отримано розв'язки задач для деяких часткових випадків методами інтегральних перетворень Фур'є для наближення, коли струмами зміщення для електропровідного тіла нехтують.

Отримано потужність джерел тепловиділення при індукційному нагріві суцільного нескінченного циліндра індуктором такої ж довжини:

$$Q(r) = \frac{\sigma(\mu_0 \mu \omega R_1 j_0)^2}{2R_0^2(e^2 + g^2)} [A^2(r) + B^2(r)],$$

де $A(r) = -[Y_1(k_0 R_1) \text{ber}_1(k^* r) + J_1(k_0 R_1) \text{bei}_1(k^* r)],$

$$B(r) = J_1(k_0 R_1) \text{ber}_1(k^* r) - Y_1(k_0 R_1) \text{bei}_1(k^* r), \quad e = \mu k_0 a_{10} + \frac{\mu_0 k^*}{\sqrt{2}} (a_{01} + b_{01}),$$

$$g = \mu k_0 b_{10} + \frac{\mu_0 k^*}{\sqrt{2}} (b_{01} - a_{01}), \quad a_{mn} = \text{ber}_m(k^* R_0) J_n(k_0 R_0) - \text{bei}_m(k^* R_0) Y_n(k_0 R_0),$$

$b_{mn} = \text{bei}_m(k^* R_0) J_n(k_0 R_0) + \text{ber}_m(k^* R_0) Y_n(k_0 R_0),$ $k^* = \sqrt{\omega \mu \sigma},$ j_0 – густина струму в індукторі, R_0, R_1 – радіус циліндра та індуктора, $\text{ber}_n(x), \text{bei}_n(x)$ – функції Кельвіна, $J_n(x), Y_n(x)$ – функції Бесселя.

Для знаходження температурних полів розв'язується задача нестационарної теплопровідності для індукційного нагріву із джерелами знайденої потужності. Для моделювання процесів деформування використовуються співвідношення деформаційної теорії термопружнопластичності з використанням методу додаткових деформацій. Значення компонент пластичної деформації для нульового наближення береться рівним цим компонентам, досягнутим на попередньому етапі деформування. За знайденими повними деформаціями обчислюється їх інтенсивність та інтенсивність відповідних напружень, потім k -те наближення параметра пластичності і компоненти пластичної деформації, які використовуються для знаходження повних деформацій на наступному кроці. Враховано температурну залежність електрофізичних і механічних характеристик матеріалу. Для визначення параметра пластичності залежність між інтенсивностями напружень і деформацій будують на основі принципу Мазінга. Для отримання числових результатів використовується метод Годунова інтегрування крайових задач для систем звичайних диференціальних рівнянь першого порядку.

Знайдено розподіл температурних полів, часові та залишкові поля напружень і деформацій при індукційному нагріві циліндричних тіл.