

# СТВОРЕННЯ АДЕКВАТНОЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТЕПЛОВОГО ПОЛЯ ПРИ ШВИДКІСНОМУ НАГРІВІ В ПРОЦЕСІ ВІДПУСКУ

Вуєць О.Є., Погрібний М.А.

*Національний технічний університет*

*«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

В роботі розглянуте питання створення моделі теплового поля при швидкісному нагріві за допомогою струмів високої частоти (СВЧ) в процесі відпуску.

Моделювання теплових полів при швидкісному нагріві дає змогу спрогнозувати температуру по перетину образчика і підібрати оптимальний час нагріву, що дозволяє забезпечити проведення рівномірного нагріву від поверхні до серцевини виробу, і таким чином вирішити головну задачу при проведенні швидкісного відпуску.

Моделювання теплових процесів при СВЧ нагріві проведено з урахуванням особливостей індукційного нагріву. Вони полягають в тому, що верхній шар металу нагрівається на певну глибину (глибина проникнення струму або скін-шар) за рахунок протікання в ній вихрових струмів, а подальше підвищення температури по перетину образчика відбувається за рахунок теплопровідності. Моделювання проводилося в пакеті MatLAB 7 з використанням диференційного рівняння теплопровідності в часткових похідних:

$$\rho \cdot c \cdot T - \operatorname{div}(k \cdot \operatorname{grad} T) = Q + h \cdot (T_{\text{ext}} - T), \quad (1)$$

де  $\rho$  – щільність речовини,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $c$  – питома теплоємність,  $\text{Дж}/\text{кг} \cdot \text{К}$ ;  $k$  – коефіцієнт теплопровідності,  $\text{Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$ ;  $Q$  – об'ємна щільність потужності сторонніх джерел тепла,  $\text{Вт}/\text{м}^3$ ;  $h$  – коефіцієнт конвективного теплообміну з навколишнім середовищем,  $\text{Вт}/\text{К} \cdot \text{м}^2$ ;  $T_{\text{ext}}$  – температура навколишнього середовища.

Для розрахунку були задані геометричні умови (геометричні розміри, форма образчиків), граничні умови (умови протікання процесів на границях), фізичні умови (щільність, питома теплоємність, теплопровідність матеріалу тощо) та часові умови (час нагріву).

При моделюванні не враховувались вихідний стан образчиків та швидкість нагріву скін-шару (приймаємо, що скін-шар досягає задану температуру миттєво).

З урахуванням приведених чинників побудовано математичну модель теплових полів при швидкісному нагріві в процесі відпуску. Вона дозволяє прораховувати температурні зміни по перетину образчиків, спрогнозувати утворення структурних складових, прорахувати необхідні дані для проведення рівномірного прогріву образчиків по перетину, і отримати відповідні властивості матеріалу, що підлягав термічній обробці.