

УДК 111 УДК 621.785

Лазечний І.М.<sup>1</sup>, Кононенко Ю.І.<sup>2</sup>, Лисиця О.В.<sup>3</sup>, Корнійчук Д.Ф.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, Запоріжжя

<sup>2,3</sup> старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>4</sup> студ. гр. ІФз-211сп НУ «Запорізька політехніка»

## **СПОСОБИ ВИЗНАЧЕННЯ ТРИВАЛОСТІ НАГРІВАННЯ ВИРОБІВ ПРИ ТЕРМООБРОБЦІ**

Підвищення якості, продуктивності, надійності та довговічності деталей машин та інструментів значною мірою визначається розробленням якісної технології, одним з найважливіших етапів якої є термічна обробка, що формує кінцеві експлуатаційні властивості металевих матеріалів. У свою чергу якість термічної обробки залежить від правильного вибору матеріалу для конкретних умов експлуатації, вірно обраних видів та основних параметрів термічної обробки, дотримання розробленої технології термічної обробки і контролю якості.

Режими термічної обробки характеризуються температурою, часом і швидкістю нагрівання, тривалістю ізотермічної витримки, швидкістю та тривалістю охолодження. Складність визначення тривалості нагріву, витримки та охолодження пояснюється багатьма факторами: температурою та характером робочого середовища, розміром та формою деталей, які нагріваються, способу укладання їх в печі, теплопровідності металу тощо.

Існує декілька способів визначення тривалості нагрівання  $t_H$ .

1. Середня швидкість нагрівання  $\overline{V_H}$  є заданою, тоді:

$$\tau_H = (t_{ВИР..K} - t_{ВИР..П.}) / \overline{V_H} \text{ год,} \quad (1)$$

де  $t_{ВИР..П.}$ ,  $t_{ВИР..K}$  – температура виробу початкова і кінцева відповідно.

2.  $\tau_H$  визначається за емпіричним рівнянням:

$$\tau_H = S \cdot k \cdot f \cdot L_L, \quad (2)$$

тут  $S$  – характеристичний розмір (радіус кулі, циліндру тощо), мм;

$k$  – коефіцієнт форми;

$f$  – коефіцієнт розташування виробів;

$L_L$  – коефіцієнт легування, хв/мм.

3. Для виконавців (термістів)  $\tau_H$  можна розраховувати так:

$$\tau_H = (20 \dots 90) \cdot h, \text{ с} \quad (3)$$

$h$  – товщина стінки або діаметр циліндричної заготовки (тут 20...90 с/мм).

Чим вище температура нагріву, тим меншим буде значення  $\tau_H$ .

4. При нагріванні виробів в печах-ваннах  $\tau_H$  визначають як

$$\tau_H = K_1 \cdot \left( \frac{V}{F} \right) K_\Phi \cdot K_P, \quad (4)$$

де  $K_1$  – коефіцієнт, котрий залежить від температури (довідник);

$V$  – об'єм виробу, см<sup>3</sup>;

$F$  – площа зовнішньої (тобто теплосприймаючої) поверхні, см<sup>2</sup>;

$K_\Phi$  – коефіцієнт форми виробу (довідник);

$K_P$  – коефіцієнт розвиненості поверхні.

5. В наведених вище рівняннях в явному вигляді відсутні дані щодо маси садки, теплоємності матеріалу виробу, умов передачі тепла, площі теплосприймаючої поверхні виробів, температур робочого (нагрівального) середовищ та температур виробів на різних етапах нагрівання. Це враховано в наступному рівнянні

$$\tau_H = \frac{M_C \cdot \bar{c}}{\alpha_\Sigma \cdot F_{TO}} \ln \left( \frac{t_{СЕР} - t_{ВИР..П.}}{t_{СЕР} - t_{ВИР..K}} \right), \text{ с.} \quad (5)$$

Тут  $M_C$  – маса садки, кг;

$\bar{c}$  – середня теплоємність матеріалу в інтервалі  $t_{ВИР..П.} - t_{ВИР..K}$  (довідникові дані, Дж/(кг·К));

$\alpha_{\Sigma}$  – сумарний коефіцієнт тепловіддачі від робочого середовища (конвекцією та випромінюванням) до поверхні виробу, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$F_{TO}$  – площа теплосприймаючої поверхні усіх виробів садки;

$$F_{TO} = F_{TO1} \cdot n_C,$$

$n_C$  – кількість виробів в садці;

$F_{TO1}$  – площа теплосприймаючої поверхні одного виробу;

$t_{CER}$  – температура середовища.

Рівняння використовується в тому випадку, якщо температура середовища є величиною постійною.

Вибір того чи іншого способу визначення тривалості нагрівання  $\tau_H$  здійснюється технологом з урахуванням особливостей виробництва та виробу.