

УДК 539.4.015:539.43

Панченко М.М.¹, Беженев С.О.²

¹ студ. гр. БАД-212 НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСІВ НАГРІВАННЯ ТЕРМІЧНО МАСИВНИХ ВИРОБІВ РІЗНОЇ ФОРМИ З ХРОМИСТИХ СТАЛЕЙ

В сучасному машинобудуванні широкого розповсюдження знайшли хромисті сталі для виготовлення деталей, що експлуатуються в агресивних середовищах. Найбільший ефект підвищення властивостей таких матеріалів спостерігається у термічно обробленому стані (гартування з подальшим відпусненням). Проте рівномірність фізичних властивостей уздовж перерізу виробу у значній мірі залежить від рівномірності температурного поля, що утворюється в процесі нагрівання виробу до заданих температур, особливо, якщо нагріваються термічно масивні тіла з достатньо великим внутрішнім термічним опором ($Bi > 0,5$).

Метою дослідження є аналіз параметрів ефективності різних режимів процесу нагрівання термічно масивних виробів різної форми з хромистих сталей з урахуванням кінцевої нерівномірності температурного поля уздовж перерізу виробів, а також енерговитрат та витрат часу на здійснення технологічної операції нагрівання.

Досліджували процес нагрівання термічно масивних виробів циліндричної та пластинчастої форми зі сталей з вмістом хрому від 11% до 13% від початкової температури $t_0 = 20^\circ\text{C}$ до температур гартування ($t_{x/L=1} = 1050^\circ\text{C}$) з різними режимами теплообміну. Розглядали процес перенесення теплоти теплопровідністю від поверхні виробу необмеженої довжини до його центру за незмінних умов зовнішнього теплообміну, що є нестационарною одномірною задачею з граничними умовами III-го роду.

Варіювали інтенсивність процесу підведення теплової енергії до поверхні виробів, що характеризується значенням сумарного коефіцієнта тепловіддачі α_Σ , та величину температурного напору на поверхню виробу, що характеризується значенням безрозмірного температурного критерію $\Theta_{|x/L=1} = (t_h - t_{x/L=1}) / (t_h - t_0)$, де t_h – температура зовнішнього теплоносія.

Ефективність процесу симетричного нагрівання оцінювали за такими параметрами: нерівномірність розподілу температур уздовж перерізу виробів $\Delta t = t_{x/L=1} - t_{x/L=0}$, $^\circ\text{C}$; тривалість процесу нагрівання τ , с; сумарна кількість теплової енергії, яку затрачено на нагрівання одиниці площі поверхні виробу до заданої температури, Q , Гкал./м².

Результати дослідження представлено на рисунку 1 у вигляді залежностей параметрів ефективності від відносного температурного напору

для різних способів нагрівання, а також для різних значень коефіцієнта тепловіддачі α_{Σ} , який змінювали від $\alpha_{\Sigma(\min)} = 150 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$ до $\alpha_{\Sigma(\max)} = 200 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$, що відповідало діапазону значень критерію Біо від 0,534 до 0,717.

За результатами досліджень встановлено, що найбільш істотний вплив на всі параметри ефективності процесу нагрівання хромистих сталей до температур гартування має величина відносного температурного напору, при збільшенні якого в межах від 0,5% до 4,5%: нерівномірність температур уздовж перерізу виробів зростає майже на порядок. При цьому форма виробу на розподіл температур уздовж перерізу не впливає. Час процесу нагрівання та споживання теплової енергії зменшуються приблизно однаково на 30% як для виробів циліндричної форми, так і у формі пластин. Проте циліндричні вироби потребують майже вдвічі меншої кількості теплової енергії і часу для нагрівання.

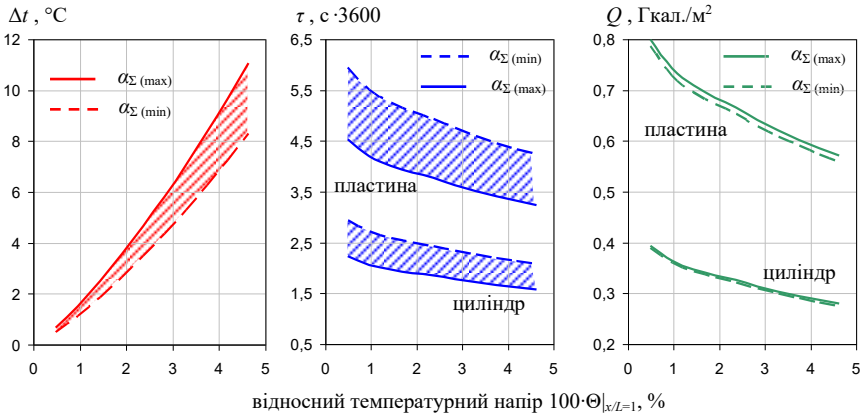


Рисунок 1 – Залежності ефективних параметрів процесу нагрівання виробів різних форм з хромистих сталей від відносного температурного напору

Збільшення коефіцієнта тепловіддачі майже не впливає на кількість спожитої теплової енергії (близько 2% для пластин і 1,5% для циліндрів), проте дуже суттєво скорочує як для пластин, так і для циліндрів (близько 24%) час процесу нагрівання з відносно незначним збільшенням нерівномірності поля температур.