

УДК 539.4.015:539.43

Сокольський А.І.¹, Беженів С.О.²

¹ студ. гр. БАД-219 НУ «Запорізька політехніка»

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

АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ НАГРІВАННЯ ТЕРМІЧНО МАСИВНИХ ВИРОБІВ З СЕРЕДНЬОВУГЛЕЦЕВИХ СТАЛЕЙ

Для одержання заданих механічних властивостей виробів з металевих матеріалів (сталей) широко використовуються різні методи температурного впливу: гартування, відпущення, відпал, нормалізація. В різних галузях сучасного промислового виробництва широкого розповсюдження знайшли середньовуглецеві (від 0,2 до 0,6 % вуглецю). Такі сталі характеризуються достатньою міцністю, мають високі показники пластичності та плинності, що є важливим під час обробки. Основною сферою їх застосування є елементи конструкцій, експлуатацію яких передбачено нормативними умовами. Проте рівномірність фізичних властивостей уздовж перерізу виробу у значній мірі залежить від рівномірності температурного поля, що утворюється в процесі нагрівання виробу до заданих температур в процесі термічної обробки.

Гострою стає така проблема, 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 з середньовуглецевих сталей з урахуванням кінцевої нерівномірності температурного поля уздовж перерізу виробів циліндричної форми, а також енерговитрат та витрат часу на здійснення технологічної операції нагрівання.

Розглядали процес перенесення теплоти теплопровідністю від поверхні виробу необмеженої довжини до його центру за незмінних умов зовнішнього теплообміну, що є нестационарною одновимірною задачею з граничними умовами III-го роду. Досліджували процес нагрівання термічно масивних виробів від початкової температури $t_0 = 20$ °C до температур гартування ($t_{xL=1} = 1050$ °C) з різними режимами теплообміну.

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 $\Theta|_{xL=1} = (t_h - t_{xL=1}) / (t_h - t_0)$, де t_h – температура зовнішнього теплоносія.

Ефективність процесу симетричного нагрівання оцінювали за такими параметрами: нерівномірність розподілу температур уздовж перерізу виробів $\Delta t = t|_{xL=1} - t|_{xL=0}$, °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 рис. 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 $\alpha_{\Sigma(\min)} = 180$ Вт/(м²·К) до $\alpha_{\Sigma(\max)} = 230$ Вт/(м²·К), що відповідало діапазону значень критерію Біо від 0,637 до 0,871.

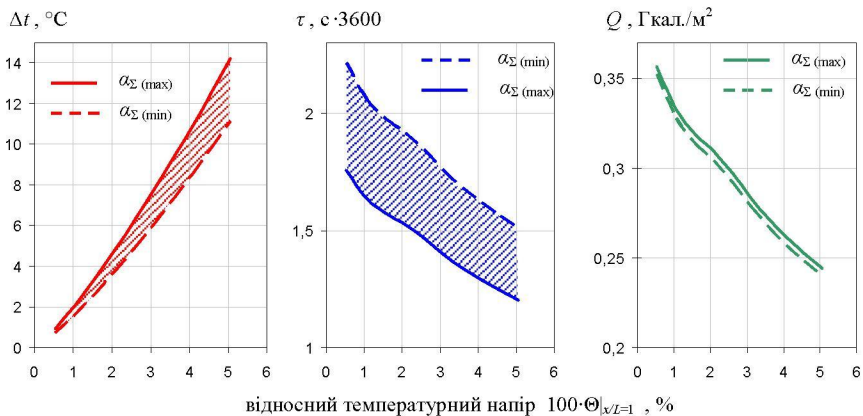


Рисунок 1 – Залежності ефективних параметрів процесу нагрівання термічно масивних виробів з середньовуглецевих сталей від відносного температурного напору

За результатами досліджень встановлено, що найбільш істотний вплив на всі параметри ефективності процесу нагрівання середньовуглецевих сталей до температур гартування має величина відносного температурного напору, при збільшенні якого в межах від 0,5 % до 5,0 %: нерівномірність температур уздовж перерізу виробів зростає на порядок, час процесу нагрівання та споживання теплової енергії зменшується приблизно однаково на 32 %.

Збільшення коефіцієнта тепловіддачі майже не впливає на кількість спожитої теплової енергії, проте дуже суттєво скорочує час процесу нагрівання з незначним збільшенням нерівномірності поля температур.