

УДК 539.4.015:539.43

Воробей В.А.¹

Беженев С.О.²

¹ студ. гр. ІФ-218 НУ «Запорізька політехніка»

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

АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ НАГРІВАННЯ ТЕРМІЧНО МАСИВНИХ ВИРОБІВ З МАЛОВУГЛЕЦЕВИХ 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 маловуглецеві (до 2,5 % вуглецю) сталі звичайної якості, які є пластичними і добре зварюються. Для таких матеріалів нормалізація замінює відпал, забезпечуючи дрібнозернову структуру, і також використовується замість гартування, оскільки така обробка неможлива для матеріалів з низьким вмістом вуглецю. Проте рівномірність фізичних властивостей уздовж перерізу виробу у значній мірі залежить від рівномірності температурного поля, що утворюється в процесі нагрівання виробу до заданих температур. 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 маловуглецевих сталей з урахуванням кінцевої нерівномірності температурного поля уздовж перерізу виробів циліндричної форми, енерговитрат та витрат часу на здійснення технологічної операції нагрівання.

Задачу розв'язували в такій постановці. 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 ІІІ-го роду. Досліджували процес нагрівання термічно масивних виробів від початкової температури $t_0 = 20$ °С до температури нормалізації сталей такого класу ($t_{x/L=1} = 950$ °С) 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 $\Theta|_{x/L=1} = (t_h - t_{x/L=1}) / (t_h - t_0)$, де t_h – температура зовнішнього теплоносія.

Ефективність процесу симетричного нагрівання оцінювали за такими параметрами: нерівномірність розподілу температур уздовж перерізу виробів

$\Delta t = t_{|x/L=1} - t_{|x/L=0}$, °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 0,519 до 0,737.

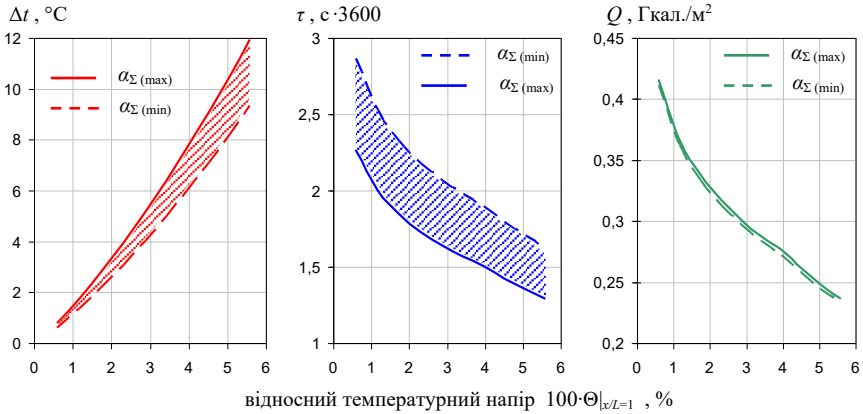


Рисунок 1 – Залежності ефективних параметрів процесу нагрівання термічно масивних виробів з маловуглецевих сталей від відносного температурного напору

За результатами досліджень встановлено, що найбільш істотний вплив на всі параметри ефективності процесу нагрівання маловуглецевих сталей до температур гартування має величина відносного температурного напору, при збільшенні якого в межах від 0,5 % до 5,5 %: нерівномірність температур уздовж перерізу виробів зростає на порядок, час процесу нагрівання та споживання теплової енергії зменшується приблизно однаково на 43 %.

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