

УДК 539.4.015:539.43

Набережний Г.Г.¹, Беженев С.О.²

¹ студ. гр. ІФ-216 ЗНТУ

² канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

**АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ
ПРОЦЕСУ НАГРІВАННЯ ТЕРМІЧНО МАСИВНИХ ВИРОБІВ З
МАЛОЛЕГОВАНИХ МАНГАНОВИХ СТАЛЕЙ**

Розповсюдження, яке одержали малолеговані мангановані сталі (1,2...1,8 % Mn), пов'язане з відносно невисокою вартістю та доступністю ферро- та сіліко-марганцю – основних феросплавів, якими вводиться в сталь

марганець, а також тим чинником, що марганець вельми позитивно впливає на ряд властивостей сталі. Марганець подрібнює структуру сталі при вторинній кристалізації, за рахунок чого підвищуються її пластичні властивості, мало впливає на пластичні властивості сталі при деформуванні, знижує температуру фазових перетворень та зменшує швидкість утворення карбідів з аустеніту, що покращує її здатність до прокалювання. Манганові сталі в наш час є практично єдиним типом сталі одинарного легування. Хоча зносостійкість манганових сталей в литому стані та після гартування є майже однаковою, проте наявність карбідної сітки відливної сталі через підвищену концентрацію внутрішніх напружень значно підвищує її крихкість. Тому з метою забезпечення максимальної надійності в експлуатації відливок з манганових сталей їх необхідно піддавати гартуванню. 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 факторів, що впливають на ефективність різних режимів процесу нагрівання термічно масивних виробів з малолегованих манганових сталей з урахуванням кінцевої нерівномірності температурного поля уздовж перерізу виробів, енерговитрат та витрат часу на здійснення технологічної операції нагрівання.

Використовували відому фізико-математичну модель [1], яка являє собою нестационарну одномірну задачу перенесення теплоти теплопровідністю від поверхні виробу необмеженої довжини до його центру за незмінних умов зовнішнього теплообміну (граничними умовами III-го роду). Досліджували процес нагрівання термічно масивних виробів від початкової температури $t_0 = 20$ °C до температури гартування сталей такого класу ($t_{|x/L=1} = 1000$ °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 $\Theta_{|x/L=1} = (t_h - t_{|x/L=1}) / (t_h - t_0)$, де t_h – температура зовнішнього теплоносія. Варіації теплових режимів аналізували за найбільш ефективного [2] симетричного способу підведення теплової енергії до поверхні виробів різної форми (пластина та циліндр).

Ефективність процесу 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.

Одержано залежності параметрів ефективності від відносного температурного напору 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 0,503 до 0,758.

За результатами досліджень встановлено, що форма виробу не впливає на нерівномірність розподілу температур уздовж перерізу. До значного збільшення нерівномірності температурного поля уздовж перерізу виробів призводить зростання температурного напору. Збільшення коефіцієнта тепловіддачі в меншій степені додає нерівномірності розподілу температур і стає суттєвим фактором тільки при значеннях відносного температурного напору, які перебільшують 5 %.

Форма виробу суттєво впливає на час процесу нагрівання та енерговитрати, які для термічно масивних циліндричних виробів є вдвічі меншими за відповідні параметри процесу нагрівання пластин такої самої масивності.

Збільшення коефіцієнта тепловіддачі майже не впливає на кількість спожитої теплової енергії, проте дуже суттєво скорочує час процесу нагрівання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Рубцов В. В. Дослідження параметрів процесу нагрівання термічно масивних виробів з хромистих сталей / В.В. Рубцов, С.О. Беженев // Тиждень науки. Тези доповідей науково-практичної конференції, Запоріжжя, 18–22 квітня 2016 р. – Том 1. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. – С. 95-97.

2. Тимченко, П.Ф. Аналіз ефективності процесу нагрівання термічно масивних виробів з хромонікелевих сталей [Електронний ресурс] / П.Ф. Тимченко, С.О. Беженев // Тиждень науки: щоріч. наук.- практ. конф., 16-20 квітня 2018 р.: тези доп. / Редкол.: В.В. Наумик (відпов. ред.) Електрон. дані. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2018. – С. 155-157.