

При роботі печі зі змінною продуктивністю для забезпечення якісного нагріву металу та зменшення енерговитрат необхідно змінювати тепловий режим відповідно зміні продуктивності. Відомо, що є спосіб регулювання (Круашиви З.Е. Автоматизированный нагрев стали М., "Металлургия", 1973г, с.25-27), згідно якому передбачається автоматична зміна завдання регуляторам температур у зонах, залежно від температури газів, що відходять (далі температура диму). Але використання температури диму як імпульсу, який характеризує продуктивність, є невірним, бо в такому разі, згідно тієї температури коректують режим печі та саме тим на нього і впливають, що порушує однозначний зв'язок між продуктивністю та температурою диму. Тому такий спосіб регулювання викликає помилкові спрацювання автоматики під час змінювання продуктивності. Відомо, що є спосіб автоматичного регулювання теплового режиму багатозонної методичної печі [А.С. СССР №693101 М.Кл.⁵; F27D19/00 Б.И. №39, 1979г.], згідно якому змінюють теплове навантаження по зонах в залежності від продуктивності, причому теплове навантаження в останній в напрямку руху продуктів згорання зварювальній зоні коректують за температурою продуктів згорання у димоході. (Прототип). В цьому випадку, аналогічно, на температуру диму впливає як продуктивність, так і теплове навантаження в останній в напрямку руху продуктів згорання опалювальній зоні, тобто ця температура залежить від двох параметрів. А керування за таким способом також буде викликати помилкові спрацювання автоматики.

В основу виноходу покладена задача створення способу автоматичного регулювання теплового режиму багатозонної нагрівної печі із зоною утилізації тепла, який забезпечує подачу палива відповідно до поточної продуктивності.

Суть винаходу полягає у тому, що при автоматичному регулюванні теплового режиму багатозонної нагрівної печі із зоною утилізації тепла коректують тепловий режим останньої в напрямку руху продуктів згорання опалювальній зоні за температурою продуктів згорання у димоході в залежності від продуктивності печі, при цьому регулювання проводять за залежністю температур в останній в напрямку руху продуктів згорання опалювальній зоні та у димоході, а графік цієї залежності визначають для значень продуктивності через відповідні одне одному значення температур в останній в напрямку руху продуктів згорання опалювальній зоні та у димоході за умови забезпечення необхідної кінцевої температури нагрівання металу. Зробивши вимір температури в останній в напрямку руху продуктів згорання опалювальній зоні (далі температура в останній зоні) та димоході, тобто температур на початку та в кінці зони утилізації тепла, можливо визначити, чи відповідають подача палива та, відповідно, температури у зонах поточної продуктивності. Для кожної печі, коли відомі сортамент металу та кінцева температура його нагріву, між температурами в останній зоні та димоході існує однозначний зв'язок із продуктивністю печі.

Регулювання температури в останній по ходу руху продуктів згорання опалювальній зоні проводять за залежністю температур у цій зоні і димоході (надалі - залежність температур). Для реалізації способу спочатку необхідно визначити для даної печі, даного сортаменту металу, що нагрівається, і необхідної кінцевої температури його нагрівання зазначену залежність температур при різних продуктивностях.

Експериментально встановлено, що при нагріванні визначеного сортаменту металу до необхідної температури і при фіксованій продуктивності, потрібний цілком визначений з температурний режим, тобто цілком визначені значення температур, що відповідають цим умовам. Щоб зберегти незміною кінцеву температуру нагрівання металу при змінах продуктивності, змінюють подачу палива, для забезпечення тих температур, що відповідають новій продуктивності. Визначають для кожного значення продуктивності значення температур у зоні та димоході, що забезпечують одержання необхідної температури металу, тобто визначають однозначну залежність між температурою в зоні і температурою диму у всьому діапазоні зміни продуктивності.

Для одержання необхідної залежності температур задаються конкретним значенням продуктивності і за відомою методикою розрахунку [Тайц Н.Ю., Розенгарт Ю.И. Методические нагревательные печи. Москва "Металлургия" 1964, 482с, див. стор.334], або за допомогою математичного моделювання [Маковский В.А., Лаврентик И.И. Алгоритмы управления нагревательными печами., Москва, "Металлургия" 1977, 184с.див. стор.118], або експериментально, знаходять відповідні цій продуктивності значення температур в зоні та димоході, що забезпечують необхідну температуру металу. Аналогічно визначають ці температури для інших значень продуктивності. Після цього будують графік залежності температури в зоні від температури диму. Подібні залежності температур визначають для кожного сортаменту металу і заданої кінцевої температури його нагрівання.

З отриманих кривих, вибирають ту, котра відповідає параметрам металу, що нагрівається в даний момент, тобто його сортаменту і необхідній кінцевій температурі його нагріву, та методом кусково-лінійної апроксимації або апроксимації аналітичним вираженням, уводять цю залежність в регулюючий контролер - регулятор, за допомогою якого керують подачею палива в останню в напрямку руху продуктів згорання опалювальну зону. При цьому змінюються обидві температури: температура в зоні, та температура диму, що виходить. За допомогою регулятора перевіряють, чи збігаються ці температури із введеною в регулятор залежністю температур. У той момент, коли температури співпадуть з введеною до регулятора залежністю температур, витрата палива буде відповідати поточній продуктивності, при цьому буде забезпечена необхідна кінцева температура нагріву металу. Температури у решті опалювальних зон однозначно зв'язані з температурою в останній в напрямку руху продуктів згорання опалювальній зоні.

На фігурі зображена залежність, отримана розрахунковим шляхом за допомогою зазначеної методики і підтверджена експериментально, залежність між температурами в останній в напрямку руху продуктів згорання опалювальній зоні t_2 та димоході t_d одержана для певного сортаменту заготовок та певної кінцевої температури їх нагріву. Кожній точці на цій кривій, тобто кожній парі зазначених температур, відповідає певне значення продуктивності.

Ця крива, отримана за умови забезпечення кінцевої температури нагрівання металу, визначає відповідні одне одному значення температур t_2 і t_d у всьому діапазоні зміни продуктивності. Тому що крива отримана для всіх значень продуктивності, та за умови забезпечення необхідної кінцевої температури нагрівання металу, то тільки забезпечення значень температур t_2 і t_d таких що відповідають цій кривій забезпечить одержання

необхідної кінцевої температури нагрівання металу. Тобто, у будь-який час і для будь-якого значення продуктивності точка, що відповідає фактичним температурам t_2 і t_d повинна знаходитись на цій кривій. Якщо під час роботи зміниться продуктивність при незмінній витраті палива, або при незмінній продуктивності зміниться витрата палива, то потрібна кінцева температура нагрівання металу не буде забезпечуватися, t_2 і t_d не будуть знаходитись на кривій.

Розглянемо точки, позначені на графіку Π_1 , Π_2 і Π_2' . Кожна з цих точок крім значень температур t_2 і t_d , які можна одержати безпосередньо з графіка, характеризуються ще значеннями продуктивності і кінцевою температурою нагрівання металу. Точка Π_1 характеризується значенням продуктивності Π_1 , і необхідною кінцевою температурою металу, оскільки ця точка лежить на графіку залежності, отриманої саме для цієї кінцевої температури нагрівання металу. Точка Π_2 , характеризується іншим значенням продуктивності Π_2 та іншими значеннями t_2 і t_d , але тією ж кінцевою температурою нагрівання металу, оскільки ця точка знаходиться на графіку залежності, отриманої для цієї температури. Точка Π_2' була отримана таким чином, щоб їй відповідало таке саме, що і для точки Π_2 , значення продуктивності Π_2 і така ж витрата палива, як для точки Π_1 . Оскільки ця точка не лежить на графіку отриманої залежності, то і відповідна їй кінцева температура нагрівання металу не дорівнює необхідній. Розрахунки, підтверджені експериментом, показують, що значення продуктивності $\Pi_1 > \Pi_2$, а кінцева температура нагрівання металу, відповідна точці Π_2' , більше ніж необхідна температура.

Розглянемо послідовність дій при реалізації запропонованого способу на прикладі печі з двома опалювальними зонами та зоною утилізації тепла. Для цієї печі знаходять залежність між температурами у другій зоні t_2 та продуктів згорання, що виходять із зони утилізації тепла, (у димоході) t_d у всьому діапазоні змінювання продуктивності (див. фігуру). Температуру у першій зоні приймаємо однаковою з температурою другої зони: $t_1 = t_2$.

Знайдену залежність за допомогою метода кусково-лінійної апроксимації вводять до регулятора, що керує подачею палива у другу зону. Завданням для регулятора температури першої зони є температура у другій зоні.

Регулятор другої зони одержує сигнал про фактичні температури у цій зоні та димоході t_2 і t_d . У регуляторі відбувається порівняння фактичної температури t_2 та температури у цій зоні знайденої за фактичною температурою t_d з використанням знайденої залежності t_{2c} . Якщо, наприклад, $t_d = 800^\circ\text{C}$ і $t_2 = 1340^\circ\text{C}$ (продуктивність $\Pi_1 = 50\text{т/год}$), тоді регулятор другої зони не буде змінювати подачу палива, тому що, коли $t_d = 800^\circ\text{C}$, то згідно знайденої залежності $t_{2c} = 1340^\circ\text{C}$. У цьому випадку розбаланс регулятору $\Delta t = t_{2c} - t_2 = 1340 - 1340 = 0^\circ\text{C}$. У першій зоні також буде підтримуватись температура 1340°C . Якщо відбудеться зміна продуктивності, при незмінній витраті палива, наприклад, зменшення до продуктивності $\Pi_2 = 40\text{т/год}$, тоді зміняться обидві температури $t_d = 900^\circ\text{C}$, а $t_2 = 1400^\circ\text{C}$ (точка Π_2').

Точка Π_2' характеризується продуктивністю $\Pi_2 = 40\text{т/год}$, але при цьому витрата палива і температурний режим печі не відповідають цій продуктивності, тобто не забезпечується необхідна кінцева температура нагрівання металу.

Але t_{2c} , за знайденою залежністю та при наданій $t_d = 900^\circ\text{C}$, складає 1378°C . Тобто точка Π_2' хоч і характеризується продуктивністю $\Pi_2 = 40\text{т/год}$, але при цьому подача палива та температурний режим печі не відповідають цій продуктивності. У регуляторі виникає сигнал розбалансу $\Delta t = t_{2c} - t_2 = 1378 - 1400 = -22^\circ\text{C}$, та регулятор починає скорочувати подачу палива.

При цьому зменшуються обидві температури. У кожен момент часу за допомогою регулятора, по t_d , що була виміряна, знаходять, використовуючи введену залежність, t_{2c} і порівнюють її з вимірюваною температурою в зоні t_2 . За допомогою регулятора змінюють витрату палива доти, поки ці значення не співпадуть.

У цьому прикладі це відбудеться при $t_d = 700^\circ\text{C}$ та $t_2 = 1310^\circ\text{C}$, продуктивність $\Pi_2 = 40\text{т/год}$. У першій зоні температура також зменшиться до 1310°C . Таким чином, теплова потужність печі завжди буде відповідати поточній продуктивності.

