

УДК 658.567.1

Яковлєва І.Г. – проф., д.т.н., Запорізька державна інженерна академія (ЗДІА)

Барищенко О.М. – доц., к.т.н., ЗДІА

Мних І.М. – аспірант, ЗДІА

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ СТАЛІ В ТЕРМІЧНИХ ПЕЧАХ З МЕТОЮ ПОЛІПШЕННЯ ЇХ ЯКОСТІ РОБОТИ

Метою роботи є поліпшення якості теплової обробки металу і економія палива в термічній камерній печі. У статті наведено аналіз теплової обробки сталі в камерних термічних печах, досліджено виникнення недоліків при термічній обробці, які властиві печам такого типу. Розглянуті способи усунення цих недоліків та способи забезпечення вимог, що пред'являються до термічної обробки. Проаналізовані пристрої опалювальних систем печей, а також способи управління температурним полем в робочому просторі термічної печі. Надані рекомендації з усунення недоліків термообробки і намічені подальші напрями досліджень.

Ключові слова: термообробка, камерна піч, садка, топка, рециркуляція.

Характеристика технології теплової обробки сталі в термічних печах

В даний час в термічних, пресових і ковальських цехах машинобудівних заводів і заводів Спецсталі широко застосовуються камерні термічні печі із стаціонарним і з висувним подами. Широке використання термічних печей обумовлюється їх універсальністю по виконуваним режимам термообробки, формі, розмірах і масі оброблюваної продукції, використанням різних видів палива.

Постійне підвищення вимог до якості металовиробів обумовлює вживання легованих сталей з високою мірою чистоти, чіткими межами хімічного складу і режимів термообробки. А також пред'являються жорсткі вимоги до перепаду температури по перетину заготівки, яка нагрівається – ± 20 °С, а в окремих випадках – ± 10 °С.

В цих печах вироби нагріваються великими садками, що мають об'єм, порівняний з об'ємом нагрівальної камери. Вироби поміщають в робочий простір одноразово або протягом короткого проміжку часу, тому на початку операції теплової обробки спостерігається знижена температура газів і футерівки печі, а потім, по мірі нагрівання виробів,

температура підвищується. Після досягнення заданої температури по поверхні зазвичай проводиться витримка, необхідна для вирівнювання температури по поверхні і в об'ємі виробів.

Слід зазначити, що печам садочного типа властиві недоліки технологічного режиму, а саме:

а) непостійність в часі теплового потоку при нагріві садки, що негативно позначається на рівномірності її температурного поля;

б) висока питома витрата палива, викликана втратами тепла на нагрів кладки;

в) автоматичне регулювання теплового режиму з великими погрішностями [1 – 3].

Аналіз існуючих конструкцій топок

При створенні печі передбачається, що топка має другорядне значення відносно пристрою пальника, оскільки первинне її значення – розміщення факела. Але в даний час розроблені і використовуються складні види топок, функціональне призначення яких істотно розширилося. У топках печей, що мають рециркуляційні канали, відбувається підготовка гріючої суміші (теплоносія), що полягає в змішуванні свіжих продуктів згоряння в певній пропорції із охолодженими димовими газами для зниження температури гріючої суміші і збільшення її кількості. Топка в комплекті із струменем продуктів згоряння може виконувати функції інжектора, що видаляє продукти згоряння з робочого простору через канали.

Звідси витікає, що топка є центральною ланкою в опалювальній системі сучасної печі. Отже, тип пальника і його розташування повинні відповідати конструкції топки, сприяти виконанню її збільшених функцій.

На рис. 1 представлені існуючі схеми топок, розміщення пристроїв пальників і димовідводів в камерних печах металургійних заводів.

На рис. 1а піч має 9 підподових топок: 8 основних і одну допоміжну топку. Ця топка не створює теплової завіси. Допоміжна топка не оснащена рециркуляційними каналами і торцева сторона садки, яка звернена до заслінки, відстає в нагріві. Оскільки витрата палива на один пальник складає $40 - 50 \text{ м}^3/\text{ч}$ і повітря $1,45 \text{ м}^3/\text{м}^3$, далекобійність струменя буде невелика. Струмień не може здолати гідравлічного опору топки через її довжину. Порушується рециркуляційний контур і садка нагрівається нерівномірно.

При конструкції топки як на рис. 1б, ефективність печі знижується по мірі зменшення теплового навантаження, тобто при зниженні витрати палива і швидкості струменя теплоносія. У печі спостерігаються застійні зони, розміри яких збільшуються із зменшенням теплового навантаження.

Піч на рис. 1в спочатку була аналогічна рис. 1а, проте, в результаті нестійкого рециркуляційного контуру були перекриті пальники з одного боку. Витрата палива на одну топку подвоїлася, що дозволило добитися стійкішого рециркуляційного контуру. Але повністю виключити недоліки не вдалося. Невдале розташування димових каналів привело до нерівномірного доступу теплоносія до садки. Мало місце видалення через димоходи ще не відпрацьованих продуктів згоряння.

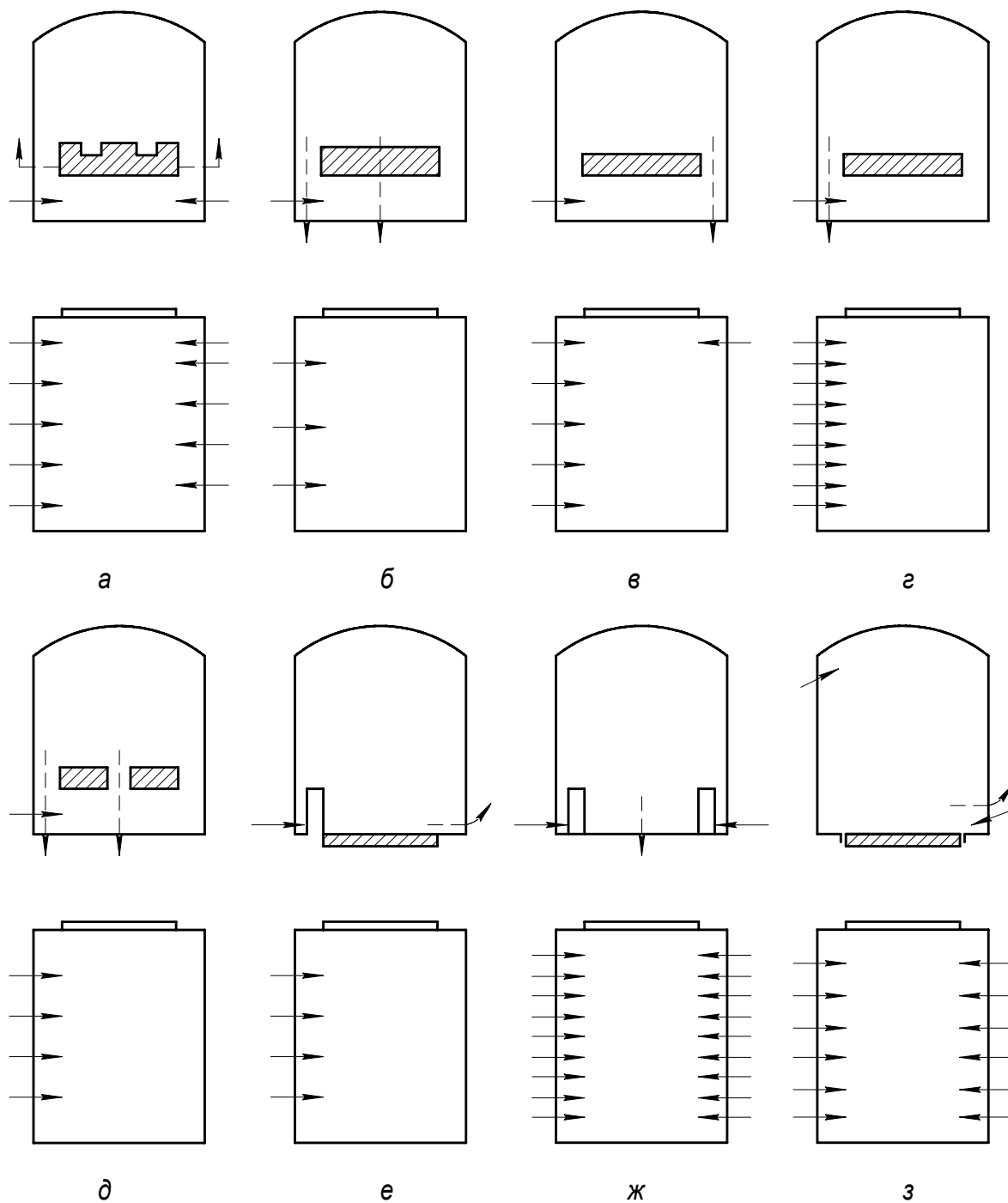


Рис. 1 Схеми опалювальних систем печей

Згідно рис. 1г відведення відпрацьованих газів здійснюється вниз через під. Проте цій печі властива тривала витримка і охолодження. Цим обумовлені низька продуктивність печі і висока питома витрата палива.

Нагрів садки в печі (рис. 1д) найбільш рівномірний, але в центрі садки спостерігається відставання в нагріві, оскільки сюди поступають вже охолоджені продукти горіння під дією тяги димовідводів і рециркуляційних каналів. Є застійні зони, які збільшуються по мірі зниження витрати теплоносія.

В печі, що показана на рис. 1е, має місце великий перепад температури по висоті. Рециркуляція довкола садки слабка, оскільки втрачається значна частина енергії струменя теплоносія при ударі об стінку топки.

На рис. 1ж представлена найневдаліша конструкція печі. Рециркуляція відсутня. Є велика застійна зона.

При термічній обробці в печі, схему якої наведено на рис. 1з, має місце відставання нагріву верхньої частини садки, оскільки від неї віддалений циркуляційний контур. Теплоносій не проникає в зазори садки, що уповільнює нагрів її найбільш відстаючої центральної частини [6].

Дослідження печей з різними опалювальними системами показало, що найбільш задовольняючі результати за швидкістю і рівномірністю нагріву складної садки прокату забезпечує система, наведена на рис. 1д, що складається з підподових топково-інжекційних пристроїв з двома рециркуляційними контурами. Проте і ця система повністю не задовольняє всі вимоги під час витримки металу.

Завдання дослідження

Тривале вирівнювання температур, компенсуючи конструктивні недоліки термічних печей, приводить до збільшення витрати палива і зниження продуктивності процесу. Крім того, режими термообробки легованих сталей складні і передбачають неодноразовий нагрів і охолодження металу в інтервалі робочої температури 300 – 1000 °С. При цьому теплове навантаження змінюють в 10 – 15 разів, відключаючи або включаючи частину пальників у печі. Це приводить до нерівномірного нагріву і перешкоджає автоматизації теплового режиму [7].

Для забезпечення якості структурних перетворень при термічній обробці сталевих виробів потрібний їх рівномірний нагрів до кінцевої температури 650 – 950 °С залежно від вигляду термічної обробки і марки стали.

Метою роботи є поліпшення якості теплової обробки металу і економія палива в термічній камерній печі. Для цього виконано аналіз

сучасного стану термічних печей, способів теплової обробки металу, досліджені можливості управління циркуляцією теплоносія.

З аналізу літературних джерел і заводських звітів було встановлено, що причина низької продуктивності і низької якості нагріву пов'язана з конструктивною недосконалістю цих печей [1 – 5].

Для того, щоб термічні печі відповідали вимогам, що пред'являються до них, необхідно удосконалити і конструктивні елементи печі, і способи опалювання, що розширить можливості печей, збільшить їх продуктивність і підвищить якість теплової обробки. Актуальним залишається питання з управління рециркуляційними контурами в період вирівнювання температури в садці.

Вдосконалення рециркуляційних контурів

Вдосконалення рециркуляційних контурів включає: забезпечення стійкого руху теплоносія по заданому замкнутому контуру; підвищення однорідності параметрів теплоносія по всьому контуру; створення суцільності контуру по всій довжині печі і створення додаткових або вторинних контурів циркуляції для нагріву внутрішніх частин складної садки.

Спонукачем рециркуляції може бути струминна течія газів або перепад тисків, що створюється робочими колесами вентиляторів.

Другий варіант є менш перспективним, оскільки вживання його обмежене температурою, низькою стійкістю в агресивному середовищі.

По зміні характеру струменя теплоносія в часі можна виділити чотири різновиди рециркуляцій: безперервна, реверсивна, імпульсна і імпульсно-реверсивна.

Безперервний струмінь. Характер струменя не змінюється в часі. Проте цей спосіб неефективний при зниженні витрати палива, коли кінетичної енергії струменя пальника не вистачає для подолання гідравлічного опору топки і факел виходить через рециркуляційний канал.

Реверсивний струмінь. При роботі в цьому режимі напрям руху потоку теплоносія періодично змінюється на протилежний. Перевага цього способу в тому, що вирівнювання температури матеріалу, який нагрівають, по рециркуляційному контуру досягається швидше. Здійснюється більш швидкий і рівномірний нагрів всієї садки. Недоліком є те, що на кожній печі необхідно мати подвійний комплект пальників, трубопроводів і арматури. Система складніша в порівнянні з безперервною рециркуляцією, вимагає більш кваліфікованого обслуговування. Це одна з причин того, що реверсивна рециркуляція у вітчизняній промисловості майже не використовується.

Імпульсний струмінь. Під цією назвою мається на увазі переривчасте надходження будь-якого з компонентів рециркуляції. Відмін-

ність усередині групи може бути в тривалості подачі і перерви, в їх співвідношеннях, в постійності цих періодів або зміні за певним законом. Крім того, перерви в подачі можуть бути: паливо-повітряній суміші; лише палива; лише повітря; лише енергетичного повітря. Різних поєднань при цьому може бути дуже багато.

Збільшення кратності рециркуляції при роботі в імпульсному режимі можна пояснити ударним залученням відпрацьованого газу і збільшенням питомої площі активної поверхні рухомого об'єму газу.

Недолік описаного вище способу полягає в тому, що продукти згоряння з найбільшою температурою виходять в робочий простір печі постійно в одному місці – через канал виходу, а охолоджені гази поступають в топку через рециркуляційні канали. Ділянки металу, що знаходяться поблизу каналу виходу, нагріваються швидше, а ділянки, що знаходяться в районі рециркуляційних каналів – повільніше. В результаті в садці виникає перепад температур.

Імпульсно-реверсивний струмінь. Цей спосіб є поєднанням попередніх двох: переривисте надходження якого-небудь компонента рециркуляції плюс періодична зміна напрямку руху на протилежну. Використовуючи такий спосіб, можна добитися зменшення перепаду температур в садці біля вихідного і вхідного каналів рециркуляції. Проте цей спосіб управління температурним полем є недостатньо розглянутим і вимагає подальшого вивчення.

Висновки

Таким чином, в даний час актуальне удосконалення не лише конструкції термічної печі, але і способу опалювання, а також поліпшення теплообміну за рахунок управління рециркуляційним контуром. Інтерес представляє імпульсно-реверсивний спосіб управління, використання якого можна добитися зменшення перепаду температур в садці біля вхідного і вихідного каналів рециркуляції. Поліпшення теплообміну в печі за рахунок управління рециркуляційним контуром дозволить не лише зменшити час витримки, але і підвищить якість термічної обробки.

Список літератури

1. Ревун М. П. Перспективные направления совершенствования тепловой работы нагревательных и термических камерных печей / М. П. Ревун, В. Ю. Зинченко // *Металлургическая теплотехника* : сб. научн. трудов НМетАУ. – 2006. – С. 294 – 302.
2. Губинский В. И. Актуальные задачи реконструкции нагревательных печей / В. И. Губинский // *Металлургическая теплотехника* : сб. научн. трудов НМетАУ. В двух книгах. – Книга первая. – Днепропетровск, 2005. – С. 149 – 156.

3. Свинолобов Н. П. Печи черной металлургии: Учебное пособие для вузов / Свинолобов Н. П., Бровкин В. Л. – Днепропетровск : Пороги, 2004. – 154 с.

4. Металлургические печи. Теория и расчеты / [Губинский В. И., Тимошпольский В. И., Ольшанский В. М. и др.] – Минск : Беларусь Наука, 2007. – 596 с.

5. Технический отчёт по эколого-теплотехническим испытаниям камерных печей №№ 1-8, 11, 13-15, 21, 25, 26 площадью пода 18,3 м² в термическом цехе ОАО «Днепрспецсталь».

6. Исследование отопительных систем камерных печей / Г. М. Рыжков, В. Г. Рыжков, С. Б. Башлий [и др.] // Металлургическая теплотехника. – 1995. – № 11. – С. 53–56.

7. Григорьев В. Н. Повышение эффективности использования топлива в промышленных печах / Григорьев В. Н. – Москва : Металлургия, 1977. – 288 с.

Рукопис надійшов 02.09.2009 р.