

УДК 621.311.16

С.В. Башлій⁽¹⁾, доцент, канд. техн. наук
 О.П. Лютий⁽²⁾, зам. директора, канд. техн. наук
 О.І. Чепрасов⁽¹⁾, професор, канд. техн. наук
 Ю.М. Каюков⁽¹⁾, доцент, канд. техн. наук
 В.О. Панова⁽¹⁾, асистент

ДОСВІД ПРОМИСЛОВОГО ВПРОВАДЖЕННЯ ПАЛЬНИКІВ ЧАСТКОВОГО ПОПЕРЕДНЬОГО ЗМІШУВАННЯ У КАМЕРНИХ ТЕРМІЧНИХ РЕЦИРКУЛЯЦІЙНИХ ПЕЧАХ

⁽¹⁾ Запорізька державна інженерна академія

⁽²⁾ ПАТ «Електрометалургійний завод «Дніпроспецсталь», м. Запоріжжя

Рассмотрен опыт промышленного внедрения горелок частичного предварительного смешения в камерных термических рециркуляционных печах ОАО «Электрометаллургический завод «Днепропетсталь». Проанализированы результаты экспериментальных исследований тепловой работы печей, оборудованных предложенными горелками. Показана техническая возможность и экономическая эффективность реализации современного импульсного способа отопления при модернизации отопительных систем всех печей.

Ключевые слова: термообработка, горелочное устройство, надежность и стабильность факела, импульсный способ отопления, температурный режим

Розглянуто досвід промислового впровадження пальників часткового попереднього змішування у камерних термічних рециркуляційних печах ВАТ «Електрометалургійний завод «Дніпроспецсталь». Проаналізовано результати експериментальних досліджень теплової роботи печей, обладнаних запропонованими пальниками. Показана технічна можливість та економічна ефективність реалізації сучасного імпульсного способу опалювання за модернізації опалювальних систем всіх печей.

Ключові слова: термообробка, пальниковий пристрій, надійність і стабільність факела, імпульсний спосіб опалювання, температурний режим

The experience of industrial introduction for gas-rings of the partial preliminary mixing at the chamber thermal draw-through furnaces of OAJ «Electrometallurgy plant «Dneprospestal'» is considered. Experimental researches of thermal work of furnaces, equipped by the offered gas-rings are analysed. Economic feasibility and economic efficiency for realization of modern impulsive method of heating during modernization of the heatings system of all furnaces is showed.

Keywords: heat treatment, gas-ring device, reliability and stability of torch, impulsive method of heating, temperature mode

Вступ. Актуальною проблемою будь-якого металургійного підприємства є питання зниження собівартості продукції. Тому будь-яку операцію переділу та виробництва металевої продукції розглядають з позиції економічної ефективності. Окрім того, постійне підвищення вимог до якості металу обумовлює вживання легованих сталей з високим ступенем чистоти, жорсткими вимогами до хімічного складу та режимів термічної обробки. Термічна піч повинна відповідати таким вимогам і забезпечувати точне виконання заданих режимів термообробки та рівномірність поля температури у всьому робочого обсязі та на поверхні складної садки за мінімальних витрат палива.

Аналіз досягнень. Термічний цех ВАТ «Електрометалургійний завод «Дніпроспецсталь» мі-

стить камерні рециркуляційні печі, призначені для нормалізації, загартування, а також протифлокеного та структурного відпалу зливків, поковок, заготовок, сортового й бунтового прокату і підкату. Ці ж печі спроможні обробляти малі партії сталей різних марок однакового розміру та профілю перерізу за одним режимом.

У проектному варіанті пічне відділення цеху включає 26 печей, що опалюю коксогдоменою сумішшю з теплотою згорання 6,7 МДж/м³. Максимальна витрата газової суміші на піч складає 800 м³/год, повітря – 1250 м³/год., маса садки – до 32 т. При цьому середня продуктивність печі становить 1,5 т/год., витрата умовного палива на 1,0 т металу – 360 кг. Проектом передбачено рельєфний под, дев'ять підпдових топков, рециркуляційні та вихідні канали, розташовані на рівні поду. Димохідні канали розміщено у стінах, захисні жароміцні екрани встановлено на виході з топки, заслінку завантажува-

льного вікна розміщено у передньому торці печі. У восьми основних топках пальники встановлено в шаховому порядку (по одному в кожній топці). Вони мають самостійні регульовальні органи палива та повітря, які за максимальної витрати створюють несприятливі аеродинамічні умови руху, оскільки циркуляційні контури кожної зони впливають на контури сусідніх зон. При цьому в період витримки металу, коли витрата на піч скорочується до 400...500 м³/год, взагалі не забезпечується стійка рециркуляція. Допоміжна топка, що призначена для створення теплової завіси між заслінкою та садкою, опалюється двома пальниками, спрямованими один назустріч іншому та своїх функцій не виконує. Як результат бік садки злитків, повернутий до заслінки, нагрівається повільно. Отже, через нерівномірність нагрівання як за довжиною, так і висотою садки, доводиться збільшувати тривалість періоду витримки металу. Як наслідок знижується продуктивність печі та зростає витрата палива [1].

Головна частина досліджень. До теперішнього часу пічне обладнання термічного цеху ВАТ «Електрометалургійний завод «Дніпрспецсталь» зазнало значного змінювання порівняно з проектним варіантом. Модернізації було піддано як конструкції камерних печей, так і способи та режими їх опалювання. Це, в свою чергу, спричинило кардинальну переробку й удосконалення конструктивних елементів існуючих базових пальників.

Перш за все, було виконано конструктивні змінювання у робочому обсязі печі. Відключено чотири пальники лівої сторони, практично удвічі розширено підподовій топку, вихідні та рециркуляційні канали, вилучено жароміцні екрани. Десятизонна піч з двостороннім шаховим розташуванням пальників перетворилася на п'ятизонну з однобічним опалюванням, що виключило гальмівний вплив сусідніх контурів рециркуляції та створило єдиний потік газів за всім об-

сягом печі. Окрім того, за загальних витрат палива та повітря на піч, що збереглися, пропорційно збільшилася швидкість циркуляційного потоку. За рахунок змінювання профілю поду значно знижено гідравлічні опори, що забезпечило стійкий контур первинної рециркуляції. Додатково було створено вторинний контур рециркуляції для просмоктування газів з робочого обсягу печі через центральну частину садки: у центрі поду в підподовій топці передбачено ступінчасте розширення, де виконано вікно вторинної рециркуляції. Отже, вдалося добитися стабільного подвійного контуру рециркуляції у кожній із зон за сталим аеродинамічним режимом, що істотно підвищило рівномірність нагрівання за об'ємом садки та значно поліпшило якість термообробки високолегованих марок сталей [2].

Наступним кроком, спрямованим на підвищення продуктивності печі, зниження витрати палива та збільшення рівномірності нагрівання садки стало впровадження на ділянці печей імпульсного способу опалювання. Цей сучасний перспективний метод опалювання вимагає надійного пальникового пристрою, який стабільно працює в широкому діапазоні теплового навантаження та за максимально можливих діапазонів змінювання співвідношення «паливо - повітря». Обмежений діапазон змінювання теплового навантаження та низька стійкість до відривання полум'я вживаних пальників типу «труба в трубі» фактично унеможливує використання автоматичних систем регулювання й імпульсного способу опалювання без додаткових складних і коштовних систем наявності факела та запальних пристроїв. Тому співробітниками ЗДІА разом з теплотехнічною лабораторією підприємства було розроблено нову конструкцію пальникового пристрою, що задовольняє підвищеним вимогам до відривання та проскакування полум'я [3,4]. Конструкцію такого пальника подано на рис. 1.

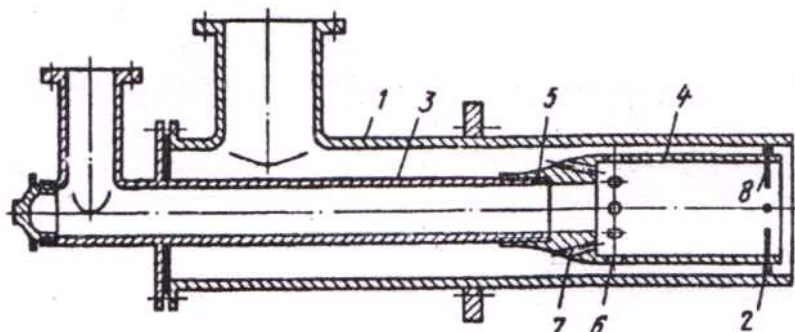


Рисунок 1 – Конструкція запропонованого пальника

За основу було взято базовий пальник типу «труба в трубі», де вдосконалено конструкцію його носика. Співвідношення внутрішніх діаметрів центральної газової труби 3 та наконечника 4 складає 0,4. Вхідні повітряні отвори для підсмоктування первинного повітря розташовано радіально 6 і похило 7 на ділянці раптового розширення у плавному переході 5 від центральної газової труби до наконечника. Для центрівки та фіксації наконечника, а також для додаткового завихрення паливоповітряної суміші на виході у повітряпідводному корпусі 1 хрестоподібно встановлено розсікачі 2 та завихрювачі 8. За роботі пальників було випробувано різні комбінації перерозподілу витрат палива та повітря, включаючи граничні, коли витрата повітря була максимально можливою, а витрата палива мала мінімальне значення. На всіх без винятку режимах робота пальників відрізнялася стійкістю до відривання полум'я. За умов працюючої печі зафіксовано стабільну роботу пальників із співвідношенням «паливо-повітря» 1 : 25, діапазон регулювання за теплової потужності склав 1 : 40.

У першій зоні для компенсації теплових втрат через заслінку замість двох зустрічно розташованих пальників встановили спеціально розроблений пальник аналогічної конструкції, але підвищеної теплової потужності. Співвідношення внутрішніх діаметрів центральної газової труби та наконечника збільшували до 0,6, при цьому номінальна теплова потужність зростала від 300 до 800 кВт.

Завдяки модернізованим пальникам з'явилася можливість у повній мірі реалізувати всі переваги імпульсного способу опалювання, а саме збільшення конвективної складової теплообміну за рахунок підвищеної швидкості руху рециркуляційного контуру та, отже, скорочення часу витримки та нагрівання у середньому на 2...3 год.

Результати промислового випробування низькотемпературного відпуску та відпалу за різних температурних режимів, а також тривала експлуатація печі з новими пальниками підтвердили працездатність розробленого пальникового пристрою.

Аналіз сумарного економічного ефекту від впровадження запропонованих заходів щодо вдосконалення системи опалювання камерних термічних печей дозволяє зробити наступні висновки.

Тривалість скорочення періоду витримки металу залежить як від режиму термообробки (відпуск, загартування, нормалізація, структурний або протифлокенний відпал), так і від марки сталі та маси завантаженої садки. Протягом року ці параметри можуть коливатися в широких межах, тому раціонально виконати порівняльний аналіз щодо найбільш поширених операцій у цілому за рік.

Для зручності аналізу дані подають не в абсолютних одиницях споживаного палива (м³ або кг), а в одиницях умовного палива (кг. у. п.). Результати розглядання енергоспоживання пічного відділення термічного цеху ВАТ «Електрометалургійний завод «Дніпроспецсталь» за 2006-2009 р.р наведено у табл. 1.

Як видно з табл. 1, головну частину (~99 %) виробничої програми цеху складає структурний відпал сортового прокату. Операція загартування становить ~0,5...0,8 %, а протифлокенний відпал (ПФВ) – 0,2...0,5 %. Винятком є 2009 р, коли після довгої перерви знову з'явилося виробництво марок сталей, що потребують нормалізації. Її частка у загальній продуктивності цеху склала 6,7 %. У цьому ж році знизилася кількість металу, що піддають структурному відпалу (до 92,5 %), загартування – до 0,7 %, ПФВ – до 0,1 %.

Таблиця 1 - Динаміка питомих витрат палива на пічній ділянці термічного цеху за 2006-2009 р.р.

Найменування термічної обробки	Питома витрата палива, кг у п/т, за роками:							
	2006		2007		2008		2009	
	Норма	Факт	Норма	Факт	Норма	Факт	Норма	Факт
Відпал	95,0	92,2	95,0	90,4	95,0	93,0	95,0	90,5
Противфлокенний відпал	237,5	237,5	237,5	225,5	237,3	226,7	237,3	232,9
Загартування	280,0	280,0	279,8	266,6	269,7	261,0	276,9	274,3
Нормалізація							160,0	155,6
За заводом	126,4	118,4	121,7	114,5	122,9	118,0	130,0	118,3
Затверджено Минпромполитики України	118,5		118,0		118,0		130,0	

Щодо питомої норми витрати умовного палива на одиницю продукції, то впродовж періоду, якого розглядають, його середньостатисти-

чне значення залишалося постійним для операції відпалу (95 кг у п/т), трохи знизилася протягом останніх двох років для операції ПФВ (з 237,5

до 237,3 кг у п/т) і суттєво коливалося для операції загартування – від 280 до 269,7 кг у п/т. Аналізуючи цей нормативний показник, також слід зауважити, що внутрішньозаводський норматив набагато вище рекомендованого та затвердженого Мінпромполітики України, окрім 2009 р., коли ці показники збігаються. До речі, лише завдяки економії за рахунок впровадження запропонованих заходів фактична питома витрата палива впродовж всього даного періоду була нижча за нормативне значення, затверджене Міністерством.

Аналізувати динаміку економії в абсолютних грошових одиницях недоцільно, оскільки на

даний період наклалися кризисні явища та разом із спадом виробництва значно змінювалася і ціна на паливо. Відзначимо лише, що за розглянуті роки (2006-2009 р.р.) за даними підприємства сумарна грошова економія склала 2,4 млн. грн.

Висновки. Запропонована модернізація опалювальних систем камерних печей після впровадження та тривалої експлуатації зарекомендувала себе як технічно й економічно виправдане удосконалення технологічного процесу, спрямоване на вирішення актуальних проблем підвищення продуктивності виробництва та зниження собівартості продукції [5].

Бібліографічний список

1. **Ревун, М. П.** Интенсификация работы нагревательных печей [Текст] / М. П. Ревун, В. И. Гранковский, А. Н. Байбуз. – Киев : Техника, 1987. – 135 с. – Библиогр.: с. 133-136. – 3000 экз.
2. **Ревун, М. П.** Усовершенствование рециркуляционной термической печи с подподовыми топками [Текст] / М. П. Ревун, А. И. Чепрасов, С. В. Башлий и др. // Сталь. – 1996. – № 2. – С. 53-55. – Библиогр.: с. 55.
3. **Пат. 2021558 Российская Федерация, МПК F 23 D 14/00.** Горелочное устройство / М. П. Ревун, А. И. Чепрасов, С. В. Башлий, А. Н. Андриенко, И. А. Пилипенко, В. Р. Кравченко. Заявитель и патентообладатель Запорожский индустриальный институт. – № 5007416/23. – Заявл. 01.01.1991, опубл. 15.10.1994.
4. **Деклар. пат. 70600А. Україна, МПК F 23 D 14/20.** Пальниковый пристрій / М. П. Ревун, С. В. Башлій, О. І. Чепрасов, О. М. Андриенко, О. А. Данішевський, К. К. Онода, О. М. Барищенко. Заявник і патентотримач Запорізька державна інженерна академія. – № 29931211663. – Заявл. 16.12.2003, опубл. 15.10.2004.
5. **Ревун, М. П.** Энергозберігаючі технології нагріву високолегованих та спеціальних сталей [Текст] / монографія : М. П. Ревун, С. В. Башлій, О. І. Чепрасов та ін. – Запоріжжя : РВВ, ЗДІА, 2011. – 184 с. – Библиогр.: с. 182-184. – 300 прим.

Стаття надійшла до редакції 13.11.2016 р.
Рецензент, проф. І.Г. Яковлева

Текст даної статті знаходиться на сайті ЗДІА в розділі Наука
<http://www.zgia.zp.ua>