

Винахід відноситься до області чорної металургії, зокрема, до способів введення реагентів через фурменний прилад доменної печі.

Економічність роботи доменних печей значною мірою залежить від ефективного використання палива, у т. р. від організації процесу сумішоутворення додаткового палива, що вдувається, з дуттям.

Відомо, що в доменну піч дуття і додаткове паливо подають за допомогою фурмених приладів, куди реагенти вводять різними способами. У відомих способах струмінь палива вводиться в дуття або в радіальному напрямку, або під кутом, а іноді назустріч - для поліпшення процесу сумішоутворення і запалення в межах фурменого приладу.

Відомі рішення не створюють технологічно необхідної однорідності і рівномірної щільності суміші, що негативно позначається на розподілі продуктів горіння в обсязі струменя дуття, фурменої зони і по діаметру печі, є причиною випадання сажистого вуглецю - явища, яке знижує економічність плавки, погіршує дренаж рідких продуктів, знижуючи стійкість повітряних фурм.

Найбільш близьким до пропонованого рішення по технічній сутності і результату, що досягається (прототип), є спосіб введення реагентів через фурменний прилад доменної печі, який включає подачу дуття і палива, що вводиться у вигляді пучка газових струменів у дуттьовий потік, реалізований у відомому рішенні [СРСР, № 908810, кл. С21В7/16]. Відповідно до зазначеного способу, прийнятому за прототип, площа розташування поздовжніх осей газових струменів і поздовжньої осі підведення палива орієнтовані до напрямку потоку окислювача під кутом 90° , при цьому введення палива здійснене в дуттьовому каналі фурми з зоною витікання газових струменів у її пристінній ділянці.

Істотним недоліком способу, реалізованого в прототипі, є невисокий ступінь взаємодії паливно-дуттьових компонентів і нерівномірність поверхневого теплонапруження на стінки фурменого приладу. Це зв'язано з перпендикулярною подачею палива, зносом його дуттьовим потоком, що має велику кінетичну енергію, малою довжиною зони змішання паливно-дуттьових компонентів, локальною перенапругою в зоні витікання палива, перегрівом охолоджувача. Таке введення палива загальмовує і деформує шари дуттьового потоку, слабо змішуючись з ними через нерівномірний розподіл газових струменів у поперечному перерізі дуття, їхньою низькою пробивною здатністю, розташування рівнодіючої взаємодіючих потоків у верхній половині дуттьового каналу, недостатнього розвитку поперечних пульсацій.

Слаборозвинена поперечна турбулізація в паливно-дуттьовому потоці приводить до нерівномірного розподілу теплонапруженості у дуттьовому каналі. Це викликається розвиненим температурним перепадом між перпендикулярним введенням паливного потоку і периферією дуттьового потоку, а також поперечною пульсацією. Одночасно відбувається деформація профілю швидкості взаємодіючих реагентів, викликана активізацією осової (центральної) частини дуттьового потоку в порівнянні з периферійними локальними шарами змішаного потоку, що рухаються.

Відсутність розвитку горизонтальної прямолінійної ділянки змішання перед процесом витікання в піч приводить до формування дестабілізованого потоку з наявністю як застійних зон, так і зон неорганізованих вихрів, викликуваних поворотом паливного потоку в дуттьовому тракті. Це приводить до деформації паливного струменя, до появи режиму неорганізованої пульсації, до росту гідралічного опору в тракті, до локального язикового процесу горіння. Введення такого паливного струменя в дуттьову фурму супроводжується викривленням профілю швидкості у дуттьовому тракті і значному зусиллі локальної взаємодії паливно-дуттьових компонентів у процесі їхнього контакту.

Підвищення нерівномірності температур у паливно-дуттьовому потоці і викривлення профілю його швидкості приводять у порожнині фурменого приладу до однобічного горіння струменя палива. Це приводить до перегріву фурменого приладу з однієї сторони, що погіршує герметичність стиків, приводить до прориву полум'я в місці розгерметизації, а також до локального перегріву охолоджувача і відкладенню солей в охолоджуваних порожнинах, тобто до передчасної заміни фурми. Крім того, нерівномірність теплонапруженості і викривлення профілю швидкості підвищує нерівномірність розподілу кінетичної енергії змішаного потоку, що приводить до зміни у фурмених вогнищах і зменшенню далекобійності паливно-дуттьового потоку. Усе це, в остаточному підсумку, приводить до перевитрати коксу на печі, що знижує технологічні й економічні показники плавки за рахунок погіршення ефективності використання палива і частоти заміни фурм, тобто знижується коефіцієнт заміни коксу паливом, зокрема природним газом (приблизно на 10-15%, тобто величина коефіцієнта заміни знижується з 0,8 до 0,6).

Задачею винаходу є зниження витрати коксу на печі шляхом збільшення ступеня взаємодії паливно-дуттьових компонентів і підвищення рівномірності поверхневого теплонапруження на стінки фурменого приладу.

Поставлена задача вирішується тим, що пучок газових струменів палива подають коаксіально дуттю в напрямку його руху з центральним кутом розкриття граничних струменів пучка рівним $60-90^\circ$ і на відстані 2,5-3,5 середнього діаметра каналу фурменого приладу від його вихідного торця.

Відомий спосіб включає подачу дуття і палива, що вводиться у вигляді пучка газових струменів у дуттьовий потік.

Пропонований спосіб відрізняється від прототипу тим, що пучок газових струменів подають коаксіально дуттю в напрямку його руху, тим що пучок струменів має конічну форму з центральним кутом розкриття граничних струменів, що дорівнює $60-90^\circ$, і тим, що на відстані 2,5-3,5 середнього діаметра каналу фурменого приладу від його вихідного торця, тобто від границі фурма-піч.

При порівняльному аналізі відомих технічних рішень із пропонованим, не виявлено ознак, подібних до заявляємих, отже можна зробити висновок про відповідність критерію "істотні відмінності".

На Фіг.1 схематично показаний спосіб введення реагентів у фурменний прилад доменної печі; на Фіг.2 - епюри теплонапруження в дуттьовому каналі приладу в процесі взаємодії реагентів.

Згідно способу, що заявляється, дуття (окислювач) 1 подають у порожнину дуттьового (фурменого) сопла 2 фурменого приладу, де коаксіально вводять паливо 3 у виді конічного пучка рівномірно розподілених газових струменів 4 з центральним кутом (α) розкриття органічних струменів (по їх осях), рівним $60-90^\circ$, при цьому витікання газових струменів (виліт з газового сопла) здійснюють на відстані (L) 2,5-3,5 внутрішнього діаметра

фурменого приладу від вихідного торця фурми 5. При різних величинах діаметрів дуттьового (фурменого) сопла і центрального каналу фурми варто приймати їхній середній внутрішній діаметр. На зазначеній відстані відбувається змішання (паливно-дуттьових компонентів) і запалення палива в межах дуттьового каналу фурменого приладу. У процесі витікання палива 3 таким чином, взаємодія здійснюється шляхом контакту окремих газових струменів 4, які рівномірно розподілені у поперечному перерізі сопла 2 і, що рухаються в напрямку дуття. Це приводить до поперечно-подовжнього зміщення реагентів з рівномірно розподіленими рівнодіючими векторами шарів, які ударяються, у напрямку дуттьового потоку, що має велику кінетичну енергію. Така взаємодія носить спокійний характер без подовжених збуджень і локальних деформацій, процес змішання відбувається стабілізовано з постійним реагуванням по перетині дуттьового каналу і послідовно наростаючої і рівномірною поперечно організованою турбулізацією в паливно-дуттьовому потоці, що активізує процес змішання і запалення, при цьому потік, який змішується, характеризується відсутністю як застійних зон, так і зон неорганізованих вихрів, що не створює умови для режиму неорганізованої пульсації, формує стійкий аеродинамічний режим з нижнім гідравлічним опором у дуттьовому тракті.

До повного розподілу вуглеводних компонентів у периферійні шари дуття максимальний температурний рівень зосереджений у приосьовій області, що активізує радіальне змішання й усереднює щільність паливно-дуттьового потоку за рахунок розвитку поперечних пульсацій, що надходять з центра при запаленні, при цьому відбувається поперечне усереднення температурного рівня потоку. У зв'язку з розташуванням джерела радіальної турбулізації в центральній частині, відбувається рівномірне насичення вуглеводними компонентами дуттьового потоку по всьому обсязі порожнини дуттьового каналу. Таким чином, подача в порожнину дуттьового (фурменого) сопла 2 конічні пучки газових струменів палива коаксіально дуттю з кутом розкриття пучка в 60-90° і на відстані 2,5-3,5 діаметру тракту фурменого приладу від його вихідного торця, забезпечує збільшення поверхні контакту і підвищення рівномірності поверхневого теплонапруження на стінки, що приводить до одержання технологічно необхідної однорідності суміші в межах фурменого приладу, а це у свою чергу забезпечує інтенсивне окислювання вуглеводнів і запобігає сажеутворенню при термічному розкладанні тієї його частини, для окислювання якої не вистачає кисню через погану організацію взаємодії компонентів, властивому прототипові.

Радіальний процес взаємодії паливно-дуттьових компонентів при подовжньому надходженні палива вирівнює профіль швидкості змішаного потоку і знижує величину гребенів у епюрі швидкостей (див. Фіг. 2 і приклад конкретного виконання). Зазначений процес активізується за рахунок попереднього формування дробленого паливного потоку з кутом розкриття, що заявляється, на горизонтальній прямолінійній ділянці довжини, що заявляється, безпосередньо перед витіканням у піч. Таке формування процесу змішання приводить до збільшення поперечної рівномірності в межах дуттьового тракту, до усунення значного температурного перепаду, а також до зниження застійних і вихрових зон, - усе це стабілізує витікання і підвищує далекобійність такого потоку. Це супроводжується високою рівномірністю поверхневої теплової напруги на стінки фурменого приладу, що додатково підвищує якість змішання, а отже і ступінь окислювання палива, - і створює сприятливі умови для охолоджуваних порожнин фурменого приладу, тобто без перегріву охолоджувача і форсованого відкладення солей у водяному тракті, а також зводить до мінімуму можливість розгерметизації стиків. У результаті перерахованого тривалість роботи фурменого приладу збільшується, а ефективність використання природного газу зростає в порівнянні з прототипом на 10-15%.

При куті розкриття пучка паливних струменів, рівному 60°, забезпечується достатній ступінь окислювання палива і рівномірність поверхневого теплонапруження на стінки в зоні змішання компонентів.

При куті розкриття пучка, що дорівнює 55-59°, ступінь окислювання палива скорочується на 4-6%, а рівномірність теплонапруження на стінки знижується на 8-12%. Це відбувається за рахунок погіршення процесу сумішоутворення і підвищення концентрації вуглеводних компонентів по центру потоку, що рухається.

При куті розкриття пучка паливних струменів, рівному 90°, досягається технологічно необхідна однорідність суміші і продуктів взаємодії перед витіканням у піч, при цьому формується стійкий короткий факел, але з'являється тенденція до незначного росту гідравлічного опору.

При відстані між введенням палива в сопло 2 і вихідним торцем приладу, рівному нижньому переділу, що заявляється, закінчується процес змішання паливно-дуттьових компонентів у приладі при куті розкриття пучка газових струменів у межах 60-90°, при цьому досягається досить високий ступінь рівномірності поверхневого теплонапруження на стінки по всій довжині спільного тракту.

При зменшенні цієї відстані, наприклад, при величині, рівній 2,4-2,1 внутрішнього діаметра приладу, однорідність суміші знижується на 5-6%, а рівномірність теплонапруження зменшується на 6-8% за рахунок скорочення спільного шляху руху суміші і недостатнього розвитку тепломасообмінних процесів між компонентами суміші.

При відстані між введенням палива в сопло 2 і вихідним торцем приладу, рівним верхньому переділу, що заявляється, ступінь окислювання палива і рівномірність теплонапруження - у припустимих межах, однак спостерігається незначний ріст гідравлічного опору.

Таким чином, сукупність відмітних ознак, що заявляються, приводить до підвищення якості змішання паливно-дуттьових компонентів і вирівнювання температурного рівня в тракті за рахунок збільшення рівномірності радіальної взаємодії реагентів при спільному їхньому русі в дуттьовому тракті фурменого приладу, що сприяє також раціональному аеродинамічному режиму без збільшення додаткових енерговитрат на піч. Це приводить до підвищення хімічної енергії потоку, що витікає з фурменого приладу в піч, кращому його використанню і, як наслідок, до істотного зменшення питомої витрати коксу, а також до підвищення продуктивності печі.

Приклад. Вихідні дані: місце реалізації - доменний цех № 1 КДГМК "Криворіжсталь"; коротка характеристика печі - корисний обсяг 1719м³, кількість фурмених приладів - 20шт., витрата дуття на піч 2900м³/хв., витрата природного газу на піч 300м³/хв., температура дуття - 1100°C, температура природного газу 20°C, тиск дуття 350кПа, тиск природного газу 600кПа, ступінь збагачення дуття киснем 25%, тривалість випробування - 6 місяців.

Результати дослідно-промислового випробування: ефективність природного газу зростає на 12,5%.

Порівняння пропонованого способу робили з відомим способом, викладеним у заявці як прототип.

На Фіг.2 приведені епюри швидкостей газового потоку на виході з фурми і теплонапруженостей у перетині, що відстоїть від виходу фурменого приладу на 100мм.

Результати іспитів пропонованого способу зведені в табл. 1 і 2.

Результати дослідно-промислового випробування пропонованого способу:

Таблиця 1

Кут розкриття граничних струменів пучка, град.	Середня концентрація ва зрізі фурми, %		Середня температура тракту у стінки фурми*), С
	CO ₂	CO	
55-59	1,0-3,0	2,0-3,5	1000
60	3,5	4,0	1090
60-90	3,5-4,0	4,0-4,5	1090-1230
90	4,0	4,5	1230
91-95	4,0	4,5	Різкий ріст темп.

*) на відстані 100мм від вихідного перерізу.

Таблиця 2

Відстань від введення пучка струн до виходу з фурми	Середня концентрація на зрізі фурми, %		Середня температура тракта у стінки фурми*), С
	CO ₂	CO	
(2,1-2,4)×Двп	1,0-3,0	2,0-3,5	1000
2,5×Двп	3,5	4,0	1230
(2,5-3,5)×Двп	3,5-4,5	4,0-4,5	1230-1270
3,5×Двп	4,5	4,5	1270
(3,6-4,0)×Двп	4,5	4,5	Різкий ріст темп.

*) на відстані 100мм від вихідного перерізу.



