

Винахід відноситься до області техніки спалювання газового палива, зокрема, до плоскополуменових пальників і може бути використаний в нагрівальних печах з радіаційним нагріванням у металургії і машинобудуванні.

Відомий пальниковий блок плоскополуменового пальника, що має циліндричну виїмку по осі для установки сопла, арматуру кріплення до корпусу пальника, пальниковий тунель у вигляді криволінійного дифузора з циліндричною і тороїдальною ділянками поверхні (1).

Недоліком відомого пальникового блоку є підвищений аеродинамічний опір дифузора і висока нерівномірність розподілу температур по площині випромінюючої поверхні кладки.

Це пояснюється значною довжиною циліндричної ділянки пальникового тунелю, що складає майже половину його загальної довжини. Стиснутий циліндричною стінкою закручений потік за рахунок тертя об неї втрачає швидкісний напір, насамперед, знижується тангенціальна складова його швидкості. Падіння ступеня крутки потоку на вході в тороїдальну частину тунелю веде до локалізації розімкнутого факела межами торцевої поверхні пальникового блоку. Максимум тепловиділення при цьому спостерігається в області переходу тороїдальної частини тунелю до торцевої поверхні блоку з наступним різким зниженням температур по довжині факела. Пальниковий блок працює у край важких за теплонапруженістю умовах, в той же час як суміжна з ним поверхня кладки розігрівається до значно нижчих температур. Висока нерівномірність температурного поля на поверхні кладки знижує ефективність радіаційного теплообміну в робочому обсязі і якість нагрівання металу.

Найбільш близьким за технічною сутністю й досягнутим ефектом до заявленого пальникового блоку є пальниковий блок плоскополуменового пальника з циліндричною виїмкою по осі для установки сопла, арматуру кріплення до корпусу пальника, пальниковий тунель, що розширюється, з тороїдальною поверхнею, причому пальниковий тунель на ділянці від зрізу сопла до тороїдальної поверхні має форму конуса, який розширюється під кутом 15° , а твірна тороїдальної поверхні має форму частини окружності (2).

Недоліком відомого пальникового блоку плоскополуменового пальника є його низька експлуатаційна стійкість, підвищена питома витрата палива й окалиноутворення, низька якість нагрівання металу при його використанні на печі.

Це пояснюється наступним. Тороїдальна поверхня тунелю утворена частиною окружності з відносно великим радіусом, близьким до радіуса бокової поверхні блоку. Тому товщина стінки блоку по всій довжині тороїдальної частини значно зменшується. При виході з тунелю її величина стає незначною, оскільки тороїдальна поверхня перетинає торцеву площину блоку практично на межі з бічною поверхнею. Враховуючи те, що кінцева ділянка тунелю працює в дуже важких температурних умовах, ця тонка частина пальникового блоку швидко руйнується. Сколювання матеріалу відбувається в горизонтальній площині по кільцю з відпаданням нижньої частини пальникового блоку. Суміжна футеровка по відношенню до блоку утворює виступ, що перешкоджає розвитку розімкнутого факела. Для запобігання розпалу футеровки в цьому районі та її обвалення пальник відключається. Крім того, за рахунок теплопровідності через стінку пальникового блоку зменшеної товщини підвищується температура анкерного кріплення, відбувається його деформація й осідання пальникового блоку або його сегментів. Це вимагає негайного відключення пальника з ціллю безпеки в зв'язку з відходом сопла пальника від пальникового блоку і розгерметизації вузла їхнього стикування.

Відключення пальників, що вийшли з ладу, веде до необхідності зниження теплової потужності печі та її продуктивності. Це обумовлює зростання питомих витрат палива, а через збільшення тривалості нагрівання металу інтенсифікуються процеси окалиноутворення, (збільшується вихід угару). В зв'язку з підвищенням нерівномірності температур у робочому об'ємі печі знижується якість нагрівання металу, що є причиною появи дефектів прокату і браку. Крім того, заміна пальникових блоків вимагає додаткових витрат.

Задачею, на рішення якої направлений цей винахід, є зміна конструкції пальникового блоку плоскополуменового пальника шляхом застосування раціональної конфігурації пальникового тунелю, що дозволить підвищити експлуатаційну стійкість пальникових блоків і зменшити витрати на їхнє виготовлення або придбання для заміни, знизити питомі витрати палива, угар металу, браку прокату при використанні блоку на печі.

Технічний результат досягається тим, що пальниковий блок плоскополуменового пальника з циліндричною виїмкою по осі для установки сопла, арматуру кріплення до корпусу пальника, пальниковий тунель, що розширюється з тороїдальною поверхнею, згідно з винаходом, твірна тороїдальної поверхні тунелю виконана у вигляді частини еліпса, вписаного між лініями внутрішнього радіуса сопла і торцевої поверхні блоку, протилежній пальнику, а осі еліпса розташовані в площині зрізу сопла і на відстані $0,75 \div 0,85$ радіуса бічної поверхні блоку.

Між сукупністю істотних ознак винаходу і досягнутим технічним результатом існує причинно-наслідковий зв'язок, тому що саме формування тороїдальної поверхні тунелю твірної у вигляді частини еліпса, вписаного між лініями внутрішнього радіуса сопла і торцевої поверхні блоку, протилежній пальникові, з осями в площині зрізу сопла і на відстані $0,75 \div 0,85$ радіуса бічної поверхні дозволило одночасно збільшити площину поверхні, що стикається з факелом у зоні його максимального тепловиділення, і товщину перетину найбільш теплонапруженої частини пальникового блоку, а також збільшити відстань від високотемпературної поверхні блоку до його анкерного кріплення, що забезпечило більш сприятливі умови роботи кінцевої ділянки тунелю і торця пальникового блоку, підвищення його механічної міцності, а також зниження температури в районі установки анкерів. Цим досягається запобігання руйнування нижньої частини пальникового блоку, деформація анкерного кріплення й осідання блоку. Підвищення експлуатаційної стійкості пальникових блоків виключає необхідність відключення в період роботи печі пальників, що вийшли з ладу, зниження теплової потужності і продуктивності агрегату. Нагрівання здійснюється відповідно до установленної технології без вимушеного збільшення часу перебування металу в робочому об'ємі і зв'язаних з цим відхиленням від обраних при налагодженні раціональних параметрів теплового режиму. Це забезпечує економічну за витратами палива роботу печі і мінімізацію втрат металу за рахунок окалиноутворення та угару. Надійна робота пальників дозволяє підтримувати заданий розподіл температур у робочому просторі, одержати

необхідну точність нагрівання металу і виключити брак при прокатці через неякісне нагрівання. Крім того, зменшуються витрати на виготовлення чи придбання пальникових блоків замість вибухливих з ладу, оскільки сукупність істотних ознак, що заявляються, дозволяє вирішити поставлену задачу, обумовлену ознаками що відрізняються, запропонований винахід відповідає критерію "Позитивний ефект" за наявності різниці в результатах при використанні його та прототипу.

Для визначення відповідності заявленого технічного рішення критерію "Винахідницький рівень" був проведений пошук по науково-технічній літературі та патентній документації (основний індекс: F23Д15/00; 15/02; 15/04; 13/20; 13/24; 23/00; F27 В 9/20; 9/02; 1/16; 1/26).

Оскільки відомих технічних рішень з подібними ознаками, що виконують заявлену функцію не виявлено, технічне рішення відповідає критерію "Винахідницький рівень".

Сутність винаходу пояснюється графічними матеріалами, де зображений перетин запропонованого пальникового блоку площиною, що проходить по осі тунелю, на мал.1 для пальника ГРВ-175П та мал.2 для пальника ГР-750П.

Пальниковий блок має циліндричну виїмку 1 по осі з незначною конусністю для центрування сопла 2 при установці, арматуру 3 кріплення до корпусу пальника, що складається з анкерів, сталевих кільця і кріпильних різьбових стержнів, пальниковий тунель 4, що розширюється, з тороїдальною поверхнею. Тороїдальна поверхня утворена обертанням навколо осі тунелю частини еліпса 5, вписаного між лініями внутрішнього радіуса r сопла і торцевої поверхні 6 блоку, протилежного пальникові. Осі "а" та "у" еліпса розташовані в площині різьби сопла і на відстані $0,75 \pm 0,85$ радіуса R бічної поверхні блоку.

Після формування і сушіння пальникового блоку в циліндричну виїмку 1 по осі встановлюють сопло 2 пальника і за допомогою кріпильних різьбових стержнів арматури 3 приєднують пальниковий блок до корпусу пальника. Пальник у зборі монтують на металоконструкціях склепіння печі з опорою на верхній фланець пальника, підключають підведення газу і повітря і здійснюють розпал. У період роботи регулюють подачу газу і повітря на горіння, підтримують задане співвідношення їхніх витрат. Закручений за рахунок тангенційного підведення повітря до корпусу пальника потік із сопла входить у пальниковий тунель 4, виконаний у формі частини еліптичного тороїда. Лінії внутрішнього радіуса "r" сопла 2 і торця 6 блоку проходять по дотичній до ділянки еліпса 5, який формує поверхню еліптичного тороїда, у місцях перетину з його осями "а" та "в", чим забезпечується поступово зростаюче збільшення кута конусності тунелю від 0 до 90 і радіуса його кривизни. За рахунок повільного збільшення кута конусності на початковій ділянці інтенсивно протікає завершення змішування газу і повітря з мінімальними втратами тангенціальної складової швидкості потоку на тертя об стінку. Збереження ступеня крутки газоповітряного потоку дозволяє одержати стійкий розімкнутий факел збільшеної довжини, що формується в кінцевій частині тунелю, що швидко розширюється. Цим виключається можливість локального нагрівання нижньої частини тунелю і торцевої поверхні блоку, його руйнування, підвищується рівномірність тепловіддачі від випромінюючої поверхні склепіння на метал. При відстані між осями утворюючого еліпса і тунелю, меншому $0,75$ радіуса R бічної поверхні блоку, істотно підвищуються втрати тангенціальної швидкості газоповітряного потоку за рахунок тертя об стінку, падає ступінь крутки, зменшується довжина розімкнутого факела, підсилюється нерівномірність тепловіддачі по площі склепіння печі, що негативно позначається на якості нагрівання і показниках роботи печі. Крім того, збільшення теплонапруженості, насамперед, у районі виходу тунелю на торцеву поверхню, через локалізацію процесу горіння підвищується небезпека руйнування цієї частини блоку і порушення режиму розімкнутого факела.

При відстані між осями утворюючого еліпса і тунелю, більшому $0,85$ радіуса R бічної поверхні блоку через зменшення товщини, неприпустимо знижується міцність нижньої частини блоку, відбувається її сколювання, що призводить до відключення пальника.

Експериментальні дослідження пальникових блоків виконувалися на вогневому стенді комбінату "Криворіжсталь". Стенд являє собою прямокутну камеру 2800×1850 мм висотою 1680 мм з підвісним склепінням. Для виконання випробування з матеріалу Plicast LX-85 було виготовлено методом віброформовки по 5 дослідних блоків для пальників ГРВ-175П і ГР-750П з різною відстанню між осями пальникового тунелю й утворюючого еліпса, тобто радіусом вихідного отвору дифузора (табл.1), а також по одному базовому блоку.

Блок з пальником встановлювали в центрі склепіння; природний газ на спалювання з тиском до 6 КПа та повітря з тиском до 15 КПа подавали з цехових газоповітропроводів. Отвори дня введення вимірювальних зондів розташовувалися в склепінні по подовжній осі камери й у подовжніх стінах під склепінням по поперечній осі стенда. Випробування проводилися при температурах на стенді до 1450°C .

Таблиця 1

Радіуси вихідного отвору дифузора дослідних блоків

№ блоків	1	2	3	4	5
$r+a$, мм	165	173	185	195	200
$(r+a)/R$	0,72	0,75	0,8	0,85	0,87

Оплавлення блоків не зафіксовано; горіння стійке; стабілізація полум'я в межах тороїдальної ділянки. В табл.2 приведені граничні витрати газу для одержання розімкнутого факела при спалюванні з коефіцієнтом витрати повітря 1,1 у пальниках ГРВ-175П і ГР-750П, відстань від осі пальника до зони максимальних температур по довжині факела при номінальній потужності цих пальників 200 і 850 Квт (20 і $88 \text{ м}^3/\text{годину}$ природного газу), різниця між максимальною і мінімальною температурами по площині кладки склепіння стенда.

Порівняльний аналіз даних табл.2 показує, що при використанні запропонованих пальникових блоків у порівнянні з прототипом коефіцієнти робочого і граничного регулювання пальників збільшуються відповідно на $6-24\%$ і $7-28\%$, відбувається істотне подовження плоского розімкнутого факела і зниження градієнта

температур по його довжині, на 40-50°C знижується різниця температур по площині кладки склепіння, виключається сколювання й відпадання нижнього торця пальникового блоку лускувате руйнування поверхні пальникового тунелю й торця, попереджається осідання блоку.

Дослідно-промислові випробування пальникових блоків оптимальної конфігурації (варіант №3) виконувалися на комбінованій нагрівальній печі з крокуючими балками і крокуючим подом дрогового стану 150-1 СПЦ-1 комбінату "Криворіжсталь". У перших двох зонах установлені крокуючі балки з зовнішньою футеровкою матеріалами фірми "Plibrico"; нижній обігрів виконується пальниками ДВБ, встановленими в бокових стінах. Інша частина печі (зони 3 і 4) має крокуючий під, і опалення виконується за допомогою 96 склепових радіаційних пальників ГРВ-175П і ГР-750П. У печі розташовано 99 заготовок перетином 150×150мм, і 125×125мм довжиною 8-11,5м з кроком 300мм; посад і видача заготовок - бічні. Піч з довжиною активного поду 29,55м і шириною 12м забезпечує нагрівання до 170т/годину заготовок з вуглецевистої і легованої сталі до температури видачі 1150-1200°C. Спалювання природного газу плоскополуменими пальниками в зварювальних 3 і 4 зонах виконується з коефіцієнтом витрати повітря 1,1; у томільних зонах 5-7 з коефіцієнтом витрати повітря 1,0.

Таблиця 2

Результати випробувань нальникових блоків на вогневому стенді

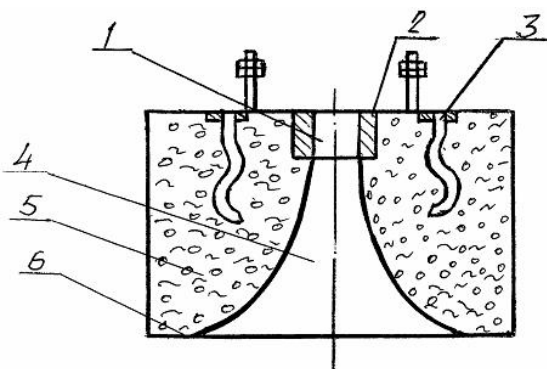
№ блоків		Граничні витрати газу, м ³ /г	Коефіцієнт граничного регулювання	Коефіцієнт робітника регулювання	Відстань до максимуму температур, мм	Різниця температур по склепінню, °С	Стан блоку після випробувань
Пальник ГРВ-175П							
дослідні	1	4÷26,7	5,46	4,54	210	55	Сколювання поверхні тунелю і торця у вигляді лусочок на глибину 7-8мм по кільцю на відстані 140-185мм від осі тунелю
	2	3,7÷26,9	5,95	4,91	230	40	Змін не виявлено
	3	3,6÷27,2	6,18	5,05	245	30	Змін не виявлено
	4	3,6÷27,1	6,16	5,05	250	25	Змін не виявлено
	5	3,7÷27	5,97	4,91	250	25	Сколювання торця блоку по кільцю на висоту 25-28мм; осідання блоку на 4-6мм
базовий		3,8÷26,9	5,8	4,78	230	40	Сколювання торця блоку по кільцю на висоту 27-30 мм; осідання блоку на 7-9 мм
Пальник ГР-750П							
дослідні	1	19,6÷121	5,05	4,08	220	40	Сколювання поверхні тунелю і торця у вигляді лусочок на глибину 8-10мм по кільцю на відстані 140÷190мм від осі тунелю
	2	17,8÷122,3	5,62	4,49	250	30	Змін не виявлено
	3	16,2÷124	6,26	4,94	300	20	Змін не виявлено
	4	16,1÷124	6,3	4,97	310	20	Змін не виявлено
	5	16,2÷123,8	6,25	4,94	310	20	Сколювання торця блоку по кільцю на висоту 24-28мм; осідання блоку на 3-5мм
базовий		20÷120	4,9	4,0	200	45	Сколювання поверхні тунелю

						і торця у вигляді лусочок на глибину 7-10мм по кільцю на відстані 160-200мм від осі тунелю
--	--	--	--	--	--	--

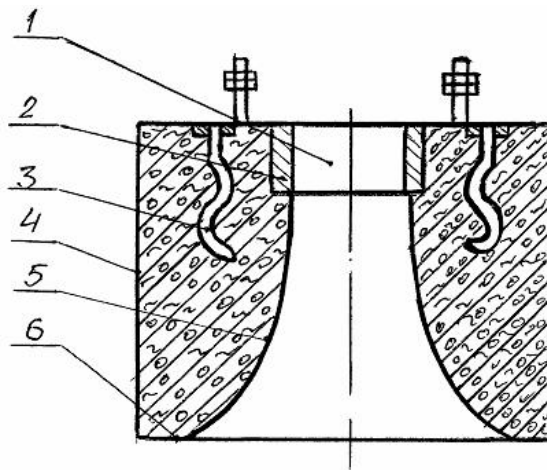
За даними експлуатації печі установлено, що використання запропонованої конструкції паликових блоків плоскополумених пальників замість прототипу дозволило забезпечити надійну роботу в промислових умовах, забезпечивши якісне нагрівання заготовок без оплавлення, перегріву і перепалення металу, дозволило зменшити угар металу на 26-28%, брак прокату на 32-35%, скоротити питомі витрати палива на 18-20%.

Джерела інформації:

1. Современные горелочные устройства (конструкции и технические характеристики). Справочное издание (А.А. Винтовкин, М.Г. Ладыгичев, В.Л. Гусовский, А.Б. Усачев - М: Машиностроение -1, 2001. -с.309.
2. Современные горелочные устройства (конструкции и технические характеристики). Справочные издания (А.А. Винтовкин, М.Г. Ладыгичев, В.Л. Гусовский, А.Б. Усачев - М: Машиностроение -1,2001 -с.310.)



Фиг. 1



Фиг. 2