



УКРАЇНА

(19) UA (11) 81527 (13) C2
(51) МПК (2006)
F23G 7/06

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ЗНЕШКОДЖЕННЯ ДИМОВИХ ГАЗІВ ПАЛИВОСПАЛЮВАЛЬНИХ АГРЕГАТІВ

1

2

(21) а200602026

(22) 24.02.2006

(24) 10.01.2008

(72) ДАНИЛІН ЄВГЕН ОЛЕКСІЙОВИЧ, UA, ЛОБОВ
ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСАНДРОВИЧ, UA

(73) ДАНИЛІН ЄВГЕН ОЛЕКСІЙОВИЧ, UA, ЛОБОВ
ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСАНДРОВИЧ, UA

(56) UA 47140, F23G7/00, 17.06.2002

CA 1156516, B01D53/56, 08.11.83

DE 3326100, F23C99/00, 07.02.85

GB 1460312, F23C6/04, 06.01.77

WO 03058120, F23C6/04, 17.07.2003

(57) Спосіб знешкодження димових газів паливоспалювальних агрегатів, згідно з яким паливо у паливній камері спалюють у режимі неповного згоряння при мінімально можливому коефіцієнту надлишку повітря α , а допалювання димових газів, які відходять від паливоспалювального агрегату, здійснюють в реакторі шляхом введення до нього додаткового газового палива та додаткового повітря, який відрізняється тим, що температуру в реакторі підтримують на рівні 750-1200 °С, при цьому для спалювання паливних складових палива та димових газів використовують кисень, який міститься у димових газах, а режим допалювання димових газів регулюють шляхом регулювання подачі додаткового газового палива у відповідності до наступної залежності:

$$\varphi_n = \frac{\varphi_{\text{де}}(C_{\text{де}}t_p - C_{\text{де}}t_{\text{де}}) + Q_{\text{внс}} - Q_{\text{нс}}}{q_n},$$

де: φ_n - кількість додаткового газового палива, м³/год;

$\varphi_{\text{дг}}$ - кількість димових газів, які надійшли на знешкодження, м³/год;

$C_{\text{дг}}$ - теплоємність димових газів, ккал/м³ °С;

t_p - температура димових газів у реакторі, °С;

$t_{\text{дг}}$ - температура димових газів на виході з паливної камери паливоспалювального агрегату, °С;

$Q_{\text{внс}}$ - витрати тепла, що виділяється до навколишнього середовища, ккал/год;

$Q_{\text{нс}}$ - кількість тепла, яке відтворюється від спалювання чадного газу, що міститься у димових газах, ккал/год;

q_n - теплотворна здатність додаткового палива, ккал/м³,

при цьому регулюють подачу додаткового повітря для спалювання додаткового газового палива у відповідності до наступної залежності:

$$L_{\text{дп}} = 4,76[O_{2r} \alpha_p \varphi_n + 0,5(CO_{\text{дг}} + H_{2\text{дг}}) \varphi_{\text{дг}} - O_{2\text{дг}} \varphi_{\text{дг}}]$$

де: $L_{\text{дп}}$ - кількість додаткового повітря, м³/год;

O_{2r} - теоретична кількість кисню, яка необхідна для спалювання додаткового палива, м³/м³;

$O_{2\text{дг}}$ - кількість кисню у димових газах, м³/м³;

$CO_{\text{дг}}$ - кількість чадного газу у димових газах, м³/год;

$H_{2\text{дг}}$ - кількість водню у димових газах, м³/м³;

α_p - коефіцієнт надлишку повітря у реакторі, $1,1 \leq \alpha < 1,3$;

φ_n - кількість додаткового газового палива, м³/год;

$\varphi_{\text{дг}}$ - кількість димових газів, які надійшли на знешкодження, м³/год.

Винахід стосується способів знешкодження димових газів, а саме способів зниження концентрації оксидів азоту і вуглецю в димових газах, які відходять від паливоспалювальних агрегатів, зокрема коксових батарей, і може бути використаний в металургійній і інших галузях промисловості.

Відомий спосіб очищення димових газів від оксидів азоту шляхом введення в димові гази при температурі 1100-1400 °С водної суспензії алюмосилікату [див. авт. свід. СРСР №879157, М. кл. F23G7/06, опубл. 07.11.81р.].

Недоліками відомого способу є його висока собівартість, оскільки використання алюмосилікатного каталізатора вимагає наявності

(13) C2
(11) 81527
(19) UA

спеціальних пристроїв, призначених для введення вказаної суспензії в продукти згоряння, і недостатня ефективність знешкодження димових газів, що відходять від паливоспалювальних агрегатів.

Відомий спосіб знешкодження димових газів паливоспалювальних агрегатів, прийнятий у якості прототипа, що включає зпалювання пального у паливній камері паливоспалювального агрегату в режимі неповного згоряння палива при мінімально можливому коефіцієнту надлишку повітря α , а допалювання димових газів, які відходять від паливоспалювального агрегату, здійснюють в реакторі, шляхом введення до реактора додаткового газового палива та додаткового повітря [див. пат. України №47140А, МПК F23G7/00, опубл. 17.06.2002р.].

Недоліком відомого способу є недостатній ступінь очищення димових газів від оксидів азоту і вуглецю, які відходять від паливоспалювального агрегату. Процес допалювання димових газів не є оптимізованим, а саме допалювання відбувається у статичному режимі без регулювання кількості і теплотворної здатності додаткового палива та кількості додаткового повітря, що подається до реактора. Також не враховується вміст кисню у димових газах, що призводить до необґрунтованих витрат додаткового палива.

Задачею винаходу, що заявляється, є розробка високоефективного та економічного способу знешкодження димових газів паливоспалювальних агрегатів, який забезпечує зниження концентрації оксидів азоту і вуглецю у димових газах, за рахунок як керування утворенням домових газів у паливоспалювальному агрегаті на стадії процесу згоряння палива, так і регулювання режиму допалювання димових газів, що відходять від паливоспалювальних агрегатів.

Поставлена задача розв'язується тим, що у відомому способі знешкодження димових газів паливоспалювальних агрегатів, згідно до якого зпалювання пального у паливній камері паливоспалювального агрегату ведуть у режимі неповного згоряння палива при мінімально можливому коефіцієнту надлишку повітря α , а опалювання димових газів, які відходять від паливоспалювального агрегату, здійснюють в реакторі, шляхом введення до реактора додаткового газового палива та додаткового повітря, згідно винаходу, що заявляється, температуру в реакторі підтримують на рівні 750-1200°C, при цьому для зпалювання паливних складових палива та димових газів використовують кисень, який міститься у димових газах, а регулювання режиму допалювання димових газів ведуть шляхом регулювання подачі додаткового газового палива у відповідності до наступної залежності:

$$\varphi_n = \frac{\varphi_{дг}(C_{дг}t_p - C_{дг}t_{дг}) + Q_{внс} - Q_{пс}}{q_n} \quad (1)$$

де: φ_n - кількість додаткового газового палива, м³/год;

$\varphi_{дг}$ - кількість димових газів, які надійшли на знешкодження, м³/год;

$C_{дг}$ - теплоємність димових газів, ккал/м³°C;

t_p - температура димових газів у реакторі, °C;

$t_{дг}$ - температура димових газів на виході паливної камери паливоспалювального агрегату, °C;

$Q_{внс}$ - витрата тепла, що виділяється до навколишнього середовища, ккал/год;

$Q_{пс}$ - кількість тепла, яке відтворюється від зпалювання чадного газу, що містяться у димових газах, ккал/год;

q_n - теплотворна здатність додаткового палива, ккал/м³,

при цьому регулюють подачу додаткового повітря для спалювання додаткового газового палива у відповідності до наступної залежності:

$$L_{дп} = 4,76[O_{2г}\alpha_p\varphi_n + 0,5(CO_{дг} + H_{2дг})\alpha(\varphi_{дг} - O_{2дг}\varphi_{дг})] \quad (2)$$

де: $L_{дп}$ - кількість додаткового повітря, м³/год;

$O_{2г}$ - теоретична кількість кисню, яка необхідна для зпалювання додаткового палива, м³/м³,

$O_{2дг}$ - кількість кисню у димових газах, м³/м³,

$CO_{дг}$ - кількість чадного газу у димових газах, м³/м³,

$H_{2дг}$ - кількість водню у димових газах, м³/м³,

α_p - коефіцієнт надлишку повітря у реакторі, $1,1 \leq \alpha < 1,3$;

φ_n - кількість додаткового газового палива, м³/год;

$\varphi_{дг}$ - кількість димових газів, які надійшли на знешкодження, м³/год.

При зпалюванні пального у паливній камері паливоспалювального агрегату встановлюють такий режим неповного згоряння палива, що забезпечує необхідний склад димових газів на виході паливоспалювального агрегату, а саме, при мінімально ожливому коефіцієнту надлишку повітря α у паливній камері утворюються димові гази з низьким рівнем концентрації оксидів азоту (250-450мг/м³) та з надмірним вмістом чадного газу (1000-20000мг/м³). Це забезпечується як шляхом регулювання подачі повітря до паливної камери паливоспалювального агрегату, так і за рахунок керування гідралічним режимом паливоспалювального агрегату.

Допалювання димових газів, що відходять від паливоспалювального агрегату, здійснюють у реакторі при температурі, яку підтримують у реакторі на рівні 750-1200°C, шляхом введення до реактора додаткового газового палива. Процес згоряння додаткового газового палива відтворюють з використанням кисню, який міститься у димових газах, та додаткового повітря, яке також вводять до реактора. Регулювання режиму допалювання димових газів ведуть шляхом регулювання подачі додаткового газового палива у відповідності до вищенаведеної залежності (1), при цьому регулюють подачу додаткового повітря для спалювання додаткового газового палива у відповідності до залежності (2).

Технічна задача, на вирішення якої направлений винахід, що заявляється, полягає в

зниженні концентрації оксидів азоту і вуглецю в газоподібних відходах шляхом зниження початкової концентрації оксидів азоту за рахунок вибору оптимальних режимів утворення димових газів у паливоспалювальному агрегаті та їх допалюванні. Вибір оптимальних режимів утворення димових газів у паливоспалювальному агрегаті проводиться з урахуванням вихідного теоретичного відношення оксидів азоту і вуглецю при різних коефіцієнтах надлишку повітря α .

В результаті регулювання режиму допалювання димових газів у реакторі при температурі 750-1200°C відбувається зниження концентрації оксидів азоту і вуглецю в газоподібних відходах до гранично допустимих значень, що є тим технічним результатом, який досягається у заявленому винаході.

На Фіг. зображений паливоспалювальний агрегат, у якому реалізується спосіб знешкодження димових газів паливоспалювальних агрегатів, що заявляється.

Спосіб, що заявляється, здійснюється у паливоспалювальному агрегаті, зокрема коксовій батареї (умовно показаної на Фіг.), яка використовується при виробництві коксу. Коксова батарея, як відомо, має від 65 до 77 коксових печей, кожна з яких містить окрему паливну камеру. При роботі коксової батареї, режими роботи кожної паливної камери суттєво відрізняються між собою, що залежить від стану кладки опалювальної системи коксової батареї, та інших чинників, пов'язаних з особливостями виробництва коксу в коксових батареях.

Розглянемо можливість реалізації заявленого винаходу на прикладі однієї паливної камери коксової батареї.

На Фіг. показана паливна камера 1 коксової батареї, до якої подавали паливо і повітря. При цьому витрати повітря встановлювали таким чином, щоб створити умови згоряння палива при мінімально можливому коефіцієнту надлишку повітря α . Регулювання витрат палива і повітря, що подаються на згоряння, здійснювали за допомогою клапанів 2, встановлених на підвідних трубопроводах 3, 4 подачі палива і повітря до паливної камери 1 коксової батареї, відповідно. У якості палива використовували коксовий газ. Величина коефіцієнта надлишку повітря α у паливній камері 1 коксової батареї становила 1,1-1,3. Внаслідок згоряння палива в паливній камері 1 при мінімально можливому коефіцієнту надлишку повітря ($\alpha=1,1-1,3$) відбувалося утворення надмірного вмісту чадного газу при незначному утворенні оксидів азоту, що пояснюється високою активністю атомарного вуглецю, що приєднує до себе атомарний кисень в процесі горіння. В результаті, концентрація оксидів азоту на виході паливоспалювального агрегату знижувалась до 250-450 мг/м³ (див. Табл.1). (Концентрація оксидів азоту, яка зазвичай утворюється у паливних камерах коксових батарей, знаходиться на рівні 1000-1200 мг/м³). Вказане зниження концентрації оксидів азоту в паливній камері 1 коксової батареї, при реалізації заявленого технічного рішення, забезпечувалось як шляхом регулювання подачі

повітря до паливної камери паливоспалювального агрегату, так і за рахунок керування гідравлічним режимом паливоспалювального агрегату.

Граничні показники підвищеного вмісту чадного газу при вказаних показниках коефіцієнта надлишку повітря α становили 1000-10000 мг/м³ у димових газах на виході паливної камери 1.

Допалювання димових газів, що відходять від паливоспалювального агрегату, здійснювали у реакторі 5, шляхом введення до реактора 5 додаткового газового палива при температурі, яку підтримували у реакторі 5 на рівні 750-1200°C. Процес згоряння додаткового газового палива відтворювали з використанням кисня, що містився у димових газах, та додаткового повітря, яке також вводили до реактора 5. Динамічне регулювання режиму допалювання димових газів вели шляхом регулювання кількості додаткового газового палива (Q_p) та кількості додаткового повітря (L_{dp}), які подавали до реактора 5, у відповідності до вищенаведених залежностей (1), (2).

При цьому враховували такі показники, як кількість димових газів, що надійшли на знешкодження ($Q_{дг}$), теплоємність димових газів ($C_{дг}$), температуру димових газів у реакторі 5 (t_p), температуру димових газів на виході паливної камери 1 паливоспалювального агрегату ($t_{дг}$), витрати тепла, що виділяється до навколишнього середовища ($Q_{внс}$), кількість тепла, яке відтворюється від зпалювання паливних складових, що містяться у димових газах ($Q_{пс}$), теплотворну здатність додаткового палива (q_p), кількість додаткового повітря (L_{dp}), теоретичну кількість кисню, яку необхідно подати для зпалювання додаткового палива ($O_{2г}$), кількість кисню у димових газах ($O_{дг}$), кількість чадних газів у димових газах ($CO_{дг}$), кількість водню у димових газах ($H_{2дг}$) та коефіцієнт надлишку повітря у реакторі (α_p).

У зв'язку з тим, що згоряння додаткового газового палива проводили зі значним баластуванням димовими газами, концентрація додаткового вмісту оксидів азоту, що відтворювалися при згорянні додаткового палива, була незначною. Таким чином концентрація чадного газу в димових газах на виході з реактора 5 знижувалася до 5-150 мг/м³, а концентрація оксиду азоту залишалася на рівні 200-450 мг/м³ (див. Табл.2). Потім димові гази, що виходили з реактора 5, подавали до котла-утилізатора 6, де вони охолоджувалися до температури 150-190°C, а потім за допомогою димотягу 7 відводилися у димар 8.

При допалюванні димових газів, які відходили з паливної камери 1 паливоспалювального агрегату, у якості додаткового газового палива використовували або природний газ, або коксовий газ, або доменний газ, або суміш зазначених газів, які вводили до реактора 5 у співвідношенні 1:2-1:20 відносно кількості димових газів, у залежності від теплотворної здатності додаткового палива (Q_p).

Приклади здійснення способу.

Дослідження, щодо реалізації способу, що заявляється, проводилися на коксовій батареї №1 БАТ „Запорожжкокс”.

Приклад 1.

Кількість димових газів ($\varphi_{дг}$), які надходили на знешкодження, - $120000\text{м}^3/\text{год}$. Склад димових газів, що відходили з паливної камери 1 коксової батареї, був наступним, у мас. %: $\text{O}_2=4,6$; $\text{CO}_2=5,8$; $\text{H}_2\text{O}=17,3$; $\text{N}_2=72,1$; $\text{CO}=0,2$. Температура димових газів на виході паливної камери 1 паливоспалювального агрегату ($t_{дг}$) дорівнювала 300°C . При цьому мінімальний вихід оксиду азоту ($374\text{мг}/\text{м}^3$), який містився у димових газах, що відходили з паливної камери 1, був забезпечений при мінімально можливому коефіцієнту надлишку повітря $\alpha=1,3$. При цьому вихід чадного газу в димових газах на виході з паливної камери 1 становив $2100\text{мг}/\text{м}^3$. Потім димові гази, що відходили з паливної камери 1, направляли до реактора 5, де допалювали при температурі 910°C та коефіцієнту надлишку повітря у реакторі ($\alpha_p=1,3$). У якості додаткового палива використовували коксовий газ наступного складу, у мас. %: $\text{CO}_2=2,2$; $\text{O}_2=1,1$; $\text{C}_m\text{H}_n=2,2$; $\text{CO}=6,3$; $\text{CH}_4=25,3$; $\text{N}_2=58,0$; $\text{H}_2=4,9$. Динамічне регулювання режиму допалювання димових газів вели шляхом регулювання кількості додаткового газового палива (φ_n) та кількості додаткового повітря ($L_{дп}$), які подавали до реактора 5, у відповідності до вищенаведених залежностей (1), (2). Так, кількість додаткового газового палива (φ_n) складала $6437\text{м}^3/\text{год}$ при теплотворній здатності додаткового палива (q_n) - $4000\text{ккал}/\text{м}^3$, а кількість додаткового повітря ($L_{дп}$) - $14834\text{м}^3/\text{год}$.

При цьому концентрація чадного газу у димових газах на виході з реактора 5 становила $82\text{мг}/\text{м}^3$, а концентрація оксиду азоту знижувалось до $276\text{мг}/\text{м}^3$. Після чого димові гази, очищені до величини концентрації оксидів азоту - $276\text{мг}/\text{м}^3$, і чадного газу - $82\text{мг}/\text{м}^3$ виводили у атмосферу.

Приклад 2.

Кількість димових газів ($\varphi_{дг}$), які надходили на знешкодження, - $130000\text{м}^3/\text{год}$. Склад димових газів, що відходили з паливної камери 1 коксової батареї, був наступним, у мас. %: $\text{O}_2=4,5$; $\text{CO}_2=5,6$; $\text{H}_2\text{O}=16,4$; $\text{N}_2=73,1$; $\text{CO}=0,15$; $\text{H}_2=0,05$. Температура димових газів на виході паливної камери 1 паливоспалювального агрегату ($t_{дг}$) дорівнювала 280°C . При цьому вихід оксиду азоту ($438\text{мг}/\text{м}^3$), який містився у димових газах, що відходили з паливної камери 1, був забезпечений при коефіцієнті надлишку повітря $\alpha=1,3$. При цьому вихід чадного газу в димових газах на виході з паливної камери 1 становив $1560\text{мг}/\text{м}^3$. Потім димові гази, що відходили з паливної камери 1, направляли до реактора 5, де допалювали при температурі 1170°C та коефіцієнті надлишку повітря у реакторі ($\alpha_p=1,3$). У якості додаткового палива використовували коксовий газ наступного складу, у мас. %: $\text{CO}_2=2,2$; $\text{O}_2=1,1$; $\text{C}_m\text{H}_n=2,2$; $\text{CO}=6,3$; $\text{CH}_4=25,3$; $\text{N}_2=58,0$; $\text{H}_2=4,9$.

Динамічне регулювання режиму допалювання димових газів вели шляхом регулювання кількості додаткового газового палива (φ_n) та кількості

додаткового повітря ($L_{дп}$), які подавали до реактора 5, у відповідності до вищенаведених залежностей (1), (2). Так, кількість додаткового газового палива (φ_n) складала $10350\text{м}^3/\text{год}$ при теплотворній здатності додаткового палива (q_n) - $4000\text{ккал}/\text{м}^3$, а кількість додаткового повітря ($L_{дп}$) - $35300\text{м}^3/\text{год}$.

При цьому концентрація чадного газу у димових газах становила $12\text{мг}/\text{м}^3$. Після чого димові гази, очищені до величини концентрації оксидів азоту - $367\text{мг}/\text{м}^3$ і чадного газу - $12\text{мг}/\text{м}^3$, виводили у атмосферу.

У Таблиці 1 наведені дані, щодо концентрації оксидів азоту та вуглецю у димових газах, які відходять від паливоспалювального агрегату, у залежності від коефіцієнту надлишку повітря α .

Коефіцієнту надлишку повітря α	Концентрація чадного газу(CO), $\text{мг}/\text{м}^3$
1,1	>10000
1,2	4500-6000
1,3	1000-3000
1,4	400-600
1,5	200-300
1,6	100-150
1,8	<100

У Таблиці 2 наведені дані, щодо концентрації оксидів азоту та вуглецю у димових газах після допалювання у реакторі 5 паливоспалювального агрегату, у залежності від кількості додаткового газового палива (φ_n) та додаткового повітря ($L_{дп}$). При цьому кількість димових газів, що відходили з паливної камери 1 та надходили до реактора 5, становила $120000-140000\text{м}^3/\text{год}$. при температурі $270-320^\circ\text{C}$ та вмісту O_2 - $4,4-4,7\%$.

Температура димових газів у реакторі (t_p), $^\circ\text{C}$	Кількість додаткового газового палива (φ_n), $\text{м}^3/\text{год}$	Кількість додаткового повітря ($L_{дп}$), $\text{м}^3/\text{год}$	Концентрація чадного газу
<750	4000-4800	1150-4360	
750-850	5000-5500	5800-8200	
850-950	6300-7000	12400-16500	
950-1050	7000-7800	18100-23600	
1050-1150	8000-9300	25700-32100	
1150-1200	10000-10500	34250-39800	
>1250	>11000	>42000	

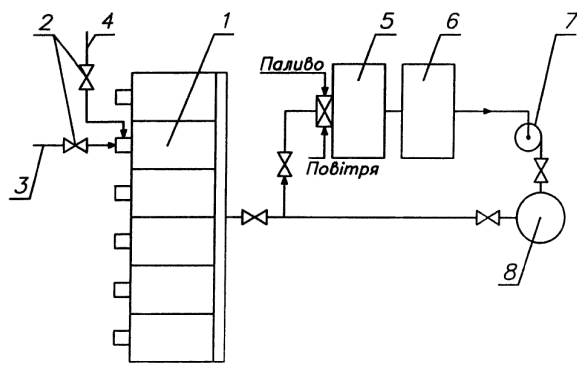


Fig.