



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 120284

(13) C2

(51) МПК

B01D 53/46 (2006.01)

B01D 53/79 (2006.01)

B01D 47/10 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ
ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: а 2017 07765

(22) Дата подання заявки: 24.07.2017

(24) Дата, з якої є чинними
права на винахід: 11.11.2019

(41) Публікація відомостей
про заявку: 10.05.2018, Бюл.№ 9

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: 11.11.2019, Бюл.№ 21

(72) Винахідник(и):

Когут Володимир Михайлович (UA),
Бутовський Єгор Дмитрович (UA),
Бушманов Володимир Михайлович (UA),
Хмельнюк Михайло Георгійович (UA),
Швець Валерій Тимофійович (UA)

(73) Власник(и):

ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ,
вул. Канатна, 112, м. Одеса, 65039 (UA)

(56) Перелік документів, взятих до уваги
експертизою:

US 5824136 A, 20.10.1998
RU 2247595 C2, 10.03.2005
UA 110381 C2, 25.12.2015
WO 2014053030 A1, 10.04.2014
US 6383260 B1, 07.05.2002
US 4260563 A, 07.04.1981
GB 809378 A, 25.02.1959
US 2935375 A, 03.05.1960
US 3284064 A, 11.08.1966
SU 1754179 A1, 15.08.1992
RU 2286836 C2, 10.11.2006
UA 111418 U, 10.11.2016
UA 43025 A, 15.11.2001
RU 2575714 A, 20.02.2016

(54) СПОСІБ ОЧИСТКИ ДИМОВИХ ГАЗІВ ВІД ОКСИДІВ СІРКИ, АЗОТУ ТА ВУГЛЕЦЮ

(57) Реферат:

Винахід належить до способів очистки димових газів від оксидів сірки, азоту, вуглецю і призначений для використання в галузях промисловості, де застосовують спалення твердого або рідкого палива.

Відповідно до способу, димові гази змішують з повітрям навколишнього середовища, утворену суміш зі швидкістю 10...15 м/с прискорюють до 60...70 м/с в конфузорі першого теплообмінника-ежектора (ТОЕ), в потік вприскують рідкий охолоджуючий агент. Охолоджену до температури початку реакції виділення забруднюючих речовин суміш прискорюють в конфузорі другого теплообмінника-ежектора (ТОЕ) до 70...80 м/с, в камері змішування якого в потік вприскують воду. Парорідинну суміш із сконденсованими на мікрочастинках пилу молекулами кислот подають до дифузора другого ТОЕ, а потім - до віддільника рідини, де кислоти відділяються, а димові гази викидаються у навколишнє середовище.

Заявлений спосіб забезпечує підвищення якості очистки димових газів від забруднюючих речовин і зниження енергетичних витрат.

UA 120284 C2

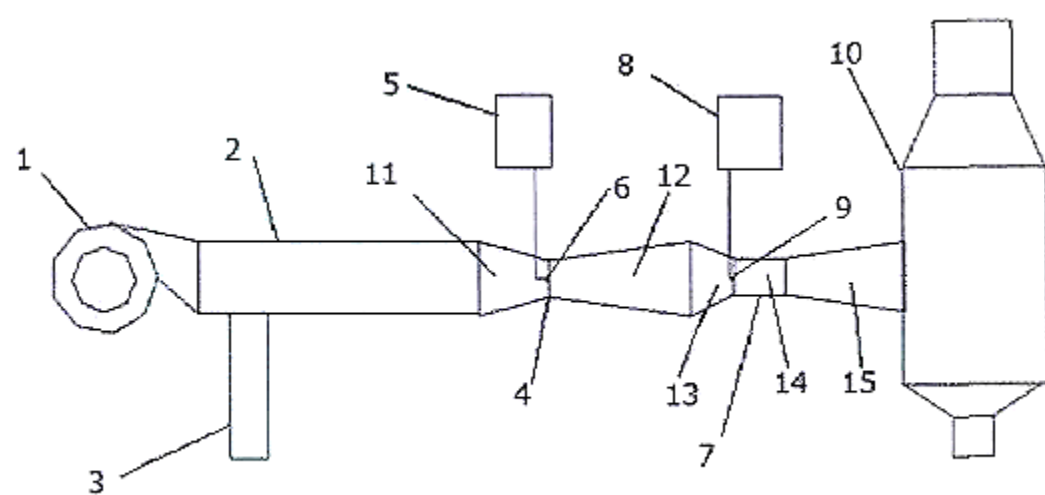


Fig. 1

Винахід належить до способів очистки димових газів від оксидів сірки, азоту, вуглецю і призначений для використання в різних галузях промисловості, наприклад енергетичній, хімічній, металургійній та ін., де застосовують спалення твердого або рідкого палива.

Вміст у вихідних димових газах оксидів сірки, азоту, вуглецю, що утворюються при спаленні твердого або рідкого палива, являє собою серйозну екологічну загрозу. Наприклад, такі хімічні сполуки, як сірчистий ангідрид SO_2 та сірчаний ангідрид SO_3 , оксиди азоту NO , оксиди вуглецю CO_2 , при поєднанні в атмосфері з водяною парою утворюють кислоти H_2SO_3 , H_2SO_4 , HNO_3 , HNO_2 , H_2CO_3 які спричиняють шкідливий вплив на здоров'я людей, призводять до загибелі лісів та плодівих дерев, зниження врожайності сільськогосподарських культур.

Відомий спосіб очистки промислових газів від оксидів сірки та азоту [див. деклараційний патент України на винахід № 43025, опубл. 15.11.2001, бюл. № 10], що включає обробку газу стримерним розрядом, промивку газу у скрубєрі отриманим конденсатом кислот і уловлювання парів кислот. Суть способу полягає в тому, що в результаті обробки газу стримерним розрядом утворюються радикали OH . Також протікає велика кількість вторинних реакцій, у результаті яких утворюються пари нітритної, нітратної, сірчаної і сірчистої кислот, нітрозилсульфатних і інших сполук. Пари кислот конденсуються в теплообміннику і стікають у накопичувальну ємкість, у якій переважно містяться нітрозні складові. Після електрообробки газ направляють у скрубєр, де зрошують конденсатом з накопичувальної ємкості.

Необхідність забезпечення безперервного живлення водою теплообмінників та накопичувальної ємкості, а також наявність витрат на підтримання напруги заданих параметрів для утворення стримерних зарядів призводить до додаткових економічних і енергетичних витрат.

Цей спосіб призначений для очистки промислових газів від оксидів сірки та азоту. Технічний результат - підвищення ступеня очистки газів.

Даний спосіб і спосіб, що заявляється, направлені на вирішення однієї задачі - підвищення ступеня очистки газів від забруднюючих речовин. Розглянутий спосіб здійснюють іншим шляхом - димові гази обробляють електричним розрядом, виділені сконденсовані пари кислот використовують для промивки димових газів, і не може бути вибраний за прототип.

Відомий спосіб очистки відхідних газів від діоксиду сірки і пилу [див. патент РФ на изобретение № 2286836, "Способ очистки технологического газа от диоксида серы" опубл. 10.11.2006, бюл. № 31], котрий включає два ступеня очистки. Даний спосіб передбачає очистку технологічних газів від двоокису сірки шляхом абсорбції вапняковою суспензією, кристалізацію та видалення шламу. Гази перед абсорбцією охолоджують у випаровувальному режимі до температури точки роси водою, яку подають з розрахунку $0,08-0,12 \text{ л/м}^3$ газу. Абсорбцію газів здійснюють суспензією у вигляді крапель, що подаються перпендикулярно потоку газів.

Розглянутий спосіб має наступні недоліки: а) дорога та складна технологія підготування абсорбенту, що підвищує економічні витрати на його реалізацію; б) великі втрати напору потоку під час очистки газів.

Даний спосіб вирішує поставлену задачу іншим шляхом - очистку газів здійснюють абсорбцією, і не може бути обраний за прототип.

В основу винаходу поставлена задача створити спосіб очистки димових газів від оксидів сірки, азоту та вуглецю, в якому шляхом попереднього охолодження потоку газів до температури початку реакції виділення забруднюючих речовин, та використання нових операцій, зокрема, проведення реакції гідратації в потоці, забезпечити підвищення якості очистки димових газів і зниження енергетичних витрат.

Поставлена задача вирішена у способі очистки димових газів від оксидів сірки, азоту та вуглецю, відповідно до якого димові гази змішують з повітрям навколишнього середовища, утворену суміш зі швидкістю $10...15 \text{ м/с}$ подають до конфузора першого теплообмінника-ежектора, де прискорюють до $60...70 \text{ м/с}$, потім через першу форсунку, встановлену на виході цього конфузора, в потік вприскують рідкий охолоджуючий агент, охолоджену до температури початку реакції виділення забруднюючих речовин суміш подають до конфузора другого теплообмінника-ежектора, де прискорюють до $70...80 \text{ м/с}$, а потім - до камери змішування другого теплообмінника-ежектора, в яку через встановлену на виході конфузора другого теплообмінника-ежектора другу форсунку вприскують воду, парорідинну суміш, що містить сконденсовані на мікрочастинках пилу молекули кислот, подають до дифузора другого теплообмінника-ежектора, а потім - до віддільника рідини, де конденсат кислот відділяється, а димові гази викидаються у навколишнє середовище.

Відомий спосіб очистки димових газів від канцерогенних речовин [див. патент України на корисну модель № 111418], що включає подачу димових газів до нагнітача, прискорення їх і подачу нагнітачем до вузла для змішування і теплообміну димових газів - конденсаційного

ежекторного фільтра (КЕФ), розпилення очищаючого компоненту у КЕФ, охолодження димових газів, відведення шкідливих фракцій. Димові гази прискорюють нагнітачем до 10-15 м/с і подають до конфузора КЕФ, де прискорюють до 20-50 м/с, а далі - до камери змішування КЕФ, в яку вприскують холодоагент із швидкістю 20-50 м/с. Парорідинну суміш подають до дифузора КЕФ, потім - до реверсивного роздільника потоку, де потік розділяють на рідку і газоподібну фракції. Технічний результат - підвищення ступеня очистки димових газів від канцерогенних речовин (до 85...95 %).

Спосіб, що заявляється, та розглянутий спосіб мають різні робочі режими (швидкості руху потоку, температури). У способі за [патентом України № 111418] очистку димових газів здійснюють за рахунок зміни агрегатного стану канцерогенних речовин. У способі, що заявляється, очистку димових газів здійснюють за рахунок хімічної реакції гідратації (пари кислот конденсуються, і видаляються). Спосіб за патентом України на [корисну модель № 111418] направлений на досягнення іншого технічного результату, і не вирішує поставлену задачу - очистку димових газів від оксидів сірки, азоту та вуглецю.

Спосіб, що заявляється, пояснюється кресленням, де:

Фіг. 1 - схема пристрою для очистки димових газів від оксидів сірки, азоту та вуглецю;

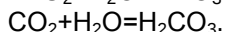
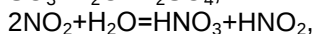
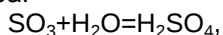
Фіг. 2 - графік залежності температури димових газів від витрати рідкого охолоджуючого агента (азоту).

Спосіб, що заявляється, здійснюють у пристрої для очистки димових газів від оксидів сірки, азоту та вуглецю, що містить нагнітач 1, камеру змішування 2, патрубок 3 подачі димових газів до камери змішування, перший теплообмінник-ежектор (ТОЕ) 4, ємність для охолоджуючого агента 5, першу форсунку 6, другий теплообмінник-ежектор 7, ємність для води 8, другу форсунку 9, віддільник рідини 10. Перший теплообмінник-ежектор 4 містить конфузور 11 та дифузор 12. Другий теплообмінник-ежектор 7 містить конфузор 13, камеру змішування 14 та дифузор 15.

При цьому вихід нагнітача 1 сполучений з входом камери змішування 2, яка сполучена з конфузором 11 першого ТОЕ 4, що сполучений з дифузором 12 першого ТОЕ 4, та через патрубок 3 подачі димових газів сполучена з навколишнім середовищем. Всередині конфузора 11 на виході розташована перша форсунка 6, сполучена трубопроводом з ємністю для охолоджуючого агента 5. Вихід дифузора 12 сполучений з конфузором 13 другого ТОЕ 7, вихід якого сполучений з камерою змішування 14. Всередині конфузора 13 на виході розташована друга форсунка 9, поєднана через трубопровід з ємністю для води 8. Вихід камери змішування 14 сполучений з дифузором 15 другого ТОЕ 7, який сполучений з віддільником рідини 10.

Спосіб, що заявляється, реалізують наступним чином.

Димові гази через патрубок 3 подають в камеру змішування 2, куди також подають нагнітачем 1 повітря з оточуючого середовища зі швидкістю 10...20 м/с. Змішування повітря оточуючого середовища з димовими газами здійснюють для окислення оксидів забруднюючих речовин, що містяться в димових газах, та зниження температури. Утворену суміш зі швидкістю 10...15 м/с подають до конфузора 11 першого ТОЕ 4, де прискорюють до 60...70 м/с. В потік через першу форсунку 6 вприскують рідкий охолоджуючий агент (наприклад, азот). В результаті контакту з дрібнодисперсно розпиленням охолоджуючим агентом відбувається миттєве змішування зі зниженням температури потоку до температури початку реакції виділення забруднюючих речовин. Охолоджений потік подають до конфузора 13 другого ТОЕ 7, де прискорюють до 70...80 м/с, подають в камеру змішування 14, де в потік через другу форсунку 9 вприскують воду. При контакті потоку димових газів, що містить у собі оксиди забруднюючих речовин, наприклад SO_3 , CO_2 , NO_2 , з дрібнодисперсно розпиленою водою, відбувається реакція з утворенням кислот, молекули яких конденсуються на мікрочастинках пилу, утворюючи ядра:



Далі потік надходить до віддільника рідини 10, де конденсат кислот відділяється, а димові гази викидаються у навколишнє середовище.

Температура початку реакції гідратації (виділення забруднюючих речовин з димових газів) складає 400...500 °С. Зазвичай температура надходження димових газів до пристрою для очищення складає 600...700 °С, тобто значно вища. Тому у заявленому способі перед очисткою димових газів передбачено охолодження його до необхідної температури.

Витрату рідкого охолоджуючого агента, потрібну для зниження температури димових газів від початкової до необхідної, залежно від початкових температури і витрати димових газів, можна визначити за допомогою рівняння:

$$t_{cm} = \frac{G_d * C_{pd} * t_d + G_n * C_{pn} * t_n}{G_d * C_{pd} + G_n * C_{pn}},$$

t_{cm} - температура суміші "димові гази - рідкий охолоджуючий агент", °C;

G_n - витрата рідкого охолоджуючого агента, м³/с;

C_{pn} - теплоємність рідкого охолоджуючого агента, Вт/(кг·°C);

5 t_n - температура рідкого охолоджуючого агента, °C;

G_d - витрата димових газів, м³/с;

C_{pd} - теплоємність димових газів, Вт/(кг·°C);

t_d - температура димових газів, °C.

10 Це значно спрощує налаштування пристрою та підвищує енергетичну ефективність реалізації заявленого способу.

Наприклад, при використанні для охолодження димових газів рідкого азоту. За вищенаведеним рівнянням розраховували витрати рідкого азоту, необхідні для охолодження димових газів при різних їх витратах. За результатами розрахунків побудували графік залежності температури суміші "димові гази - рідкий азот" від витрати рідкого азоту (див. Фіг. 2):

15 1 - об'ємна витрата димових газів 4,05 м³/с;

2 - об'ємна витрата димових газів 5,248 м³/с;

3 - об'ємна витрата димових газів 6,286 м³/с;

4 - об'ємна витрата димових газів 7,662 м³/с.

20 За одержаним графіком залежності вибирають необхідну температуру суміші "димові гази - рідкий азот", при якій при контакті потоку з водою відбудеться реакція з утворенням кислот, та визначають необхідну для її досягнення витрату рідкого азоту.

Такі розрахунки можуть бути проведені для різних охолоджуючих агентів.

Заявлений спосіб забезпечує підвищення якості очистки димових газів від забруднюючих речовин і зниження енергетичних витрат.

25

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Спосіб очистки димових газів від оксидів сірки, азоту та вуглецю, відповідно до якого димові гази змішують з повітрям навколишнього середовища, утворену суміш зі швидкістю 10...15 м/с подають до конфузора першого теплообмінника-ежектора, де прискорюють до 60...70 м/с, потім через першу форсунку, встановлену на виході цього конфузора, в потік вприскують рідкий охолоджуючий агент, який **відрізняється** тим, що охолоджену до температури початку реакції виділення забруднюючих речовин суміш подають до конфузора другого теплообмінника-ежектора, де прискорюють до 70...80 м/с, а потім - до камери змішування другого теплообмінника-ежектора, в яку через встановлену на виході конфузора другого теплообмінника-ежектора другу форсунку вприскують воду, парорідинну суміш, що містить сконденсовані на мікрочастинках пилу молекули кислот, подають до дифузора другого теплообмінника-ежектора, а потім - до віддільника рідини, де конденсат кислот відділяється, а димові гази викидаються у навколишнє середовище.

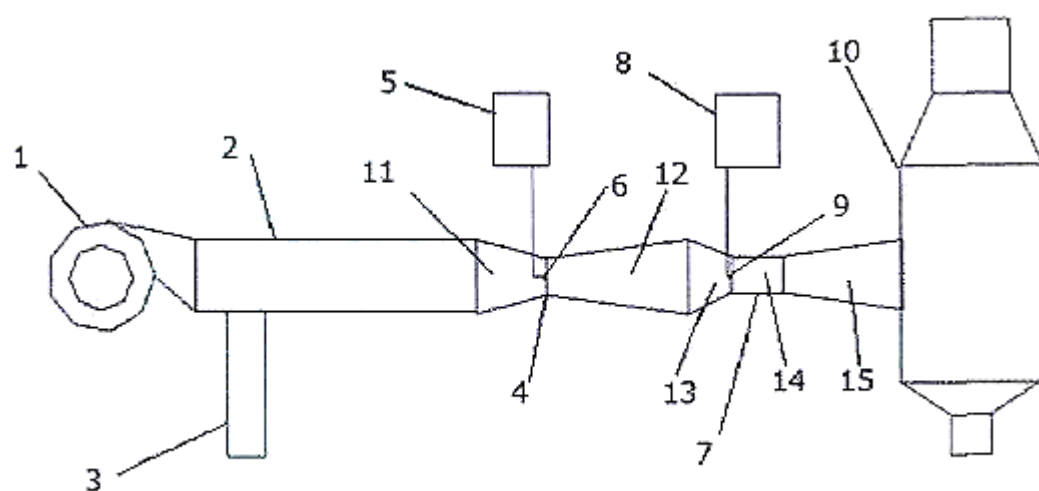


Fig. 1

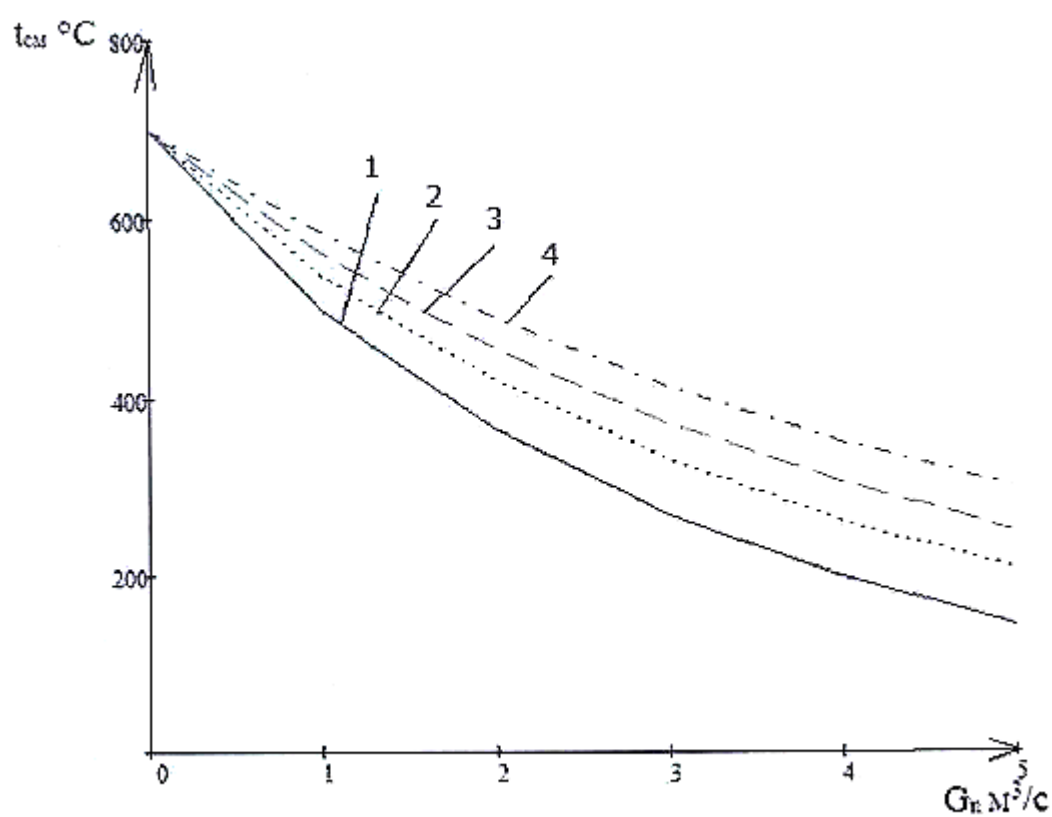


Fig. 2

Комп'ютерна верстка В. Юкін

Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України,
вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601