



УКРАЇНА

(19) UA (11) 34511 (13) U
(51) МПК (2006)
B01D 53/34

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ЦИКЛОННИЙ ТЕПЛОМАСООБМІННИЙ СКРУБЕР

1

2

(21) u200804075

(22) 31.03.2008

(24) 11.08.2008

(46) 11.08.2008, Бюл.№ 15, 2008 р.

(72) ВЛАСІК ВІКТОР ФЕДОРОВИЧ, UA, БАЙЧОРОВ ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСІЙОВИЧ, UA

(73) ВЛАСІК ВІКТОР ФЕДОРОВИЧ, UA, БАЙЧОРОВ ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСІЙОВИЧ, UA

(57) Циклонний тепломасообмінний скрубер, що містить патрубок для бокового тангенціального або евольвентного введення потоку газу в циклонну камеру, оснащену форсунками для зрошення

газового потоку та патрубками для відведення пульпи, горловину і дифузор, зі своїми форсунками для відокремленого їх зрошення, кругову обичайку із конусним розсікачем, дном з гідрозатвором для видалення пульпи та боковим патрубком для відведення очищеного потоку газу, який **відрізняється** тим, що він оснащений конфузорею, з'єднаним з газоходом і патрубком для бокового вводу потоку газу в циклонну камеру, в конфузорі розміщені форсунки для розпилювання зрошувачих газовий потік рідин і патрубки для відведення пульпи у відокремлений рециркуляційний контур.

Корисна модель відноситься до пристроїв для комплексного очищення газових потоків від пилезолових частинок, окисів сірки, азоту тощо шляхом використання інтенсивних інерційних сил, здійснення ефективних технологій кондиціонування, коагуляції, абсорбції та скрубєрних процесів і може використовуватися в різних галузях техніки, наприклад, для комплексного очищення димових газів від спалювання органічного палива в мартенівських печах, в топках котельних агрегатів і др.

Відомий циклон для очищення потоку газу від твердих домішок за рахунок інерційних сил при його круговому переміщенні у внутрішній циліндричній частині.

Потік газу на очищення вводиться в циклон по обвідному пиловому каналу, що знаходиться на його зовнішній циліндричній стінці і підключається до його внутрішньої частини через щілинний отвір. Таке рішення дозволяє ефективніше очищати газовий потік від пилових домішок за рахунок інерційних сил та досягати, при других подібних умовах в аналогічних пристроях, найбільш високих степенів очищення. [Л.І. Н.Г. Залогин, С.М. Шухер. Очистка дымовых газов. ГОСЭНЕРГОИЗДАТ. Москва. 1954 г., с.68, рис. 31].

Степені очищення газових потоків в циклонах в значній мірі залежать від їх розмірів (діаметрів та висоти) - при їх збільшенні степені очищення зменшуються. Як вихід, циклони виготовляють з відносно малими діаметрами та висотою, оснащують їх тангенціальними, евольвентними («полулиточ-

ными») входами для потоків газів і компонують в батарейні циклонні установки - БЦУ. Промислові БЦУ, наприклад, для промислових енергетичних установок, мають серед циклонних установок найвищу степені уловлювання пилезолових частинок, які досягають рівнів 88-92%.

В циклонах не передбачаються системи зрошення газових потоків рідинами, тому вони відносяться до «сухих» пристроїв, в яких гази практично не очищаються від газоподібних забруднювачів довкілля - домішок окисів сірки, азоту, вуглецю тощо.

Технічно більш ефективними є «мокрі» циклони аналогічного призначення. В них підвищення ефективності уловлювання твердих домішок досягається як за рахунок інерційних сил, так і за рахунок рівномірного зрошення внутрішніх стінок циклона водою. Плівка води, що виникає на стінці, перешкоджає повторному виносу потоком газу уже уловлених пилезолових частинок. Такі циклони називають скрубєрами.

Прикладом є швидкісний золоуловлювач з трубою Вентурі («газопромыватель МС-ВТИ»). В ньому газовий потік вводиться тангенціальне в нижню частину циліндричного скрубєра після труби Вентурі, в якій він зрошується водою. Вода, що зрошує газовий потік, додатково приймає участь в процесах коагуляції твердих домішок і тепломасообміну.

UA (11) 34511 (13) U

Труба Вентурі має короткий конфузор з кутом розкриття 60° , горловину та довгий дифузор з кутом розкриття 12° .

В конфузор одною або декількома спеціальними форсунками подається вода для зрошення газового потоку.

В конфузорі та горловині труби Вентурі лінійна швидкість потоку газів збільшується з ~ 20 до $50\text{--}70\text{ м/с}$. В дифузорі лінійна швидкість потоку газів зменшується до $\sim 20\text{ м/с}$.

В трубі Вентурі зрошуючі краплі води переміщуються супутнє з газовим потоком. Змінні лінійні швидкісні характеристики газового потоку не співпадають з змінними лінійними швидкісними характеристиками руху крапель. Це є умовою для реалізації процесів додаткового дроблення крапель води, коагуляції ними твердих забруднювачів (за рахунок інерційного осадження, захоплення, дифузійного поглинання твердих пилезолових частинок), охолодження газового потоку, підігріву та часткового випаровування зрошуючої води.

За рахунок тангенціального введення потоку газу після труби Вентурі (з включеними краплями води) в скрубери, його лінійний характер змінюється на закручений, він по гвинтоподібній траєкторії піднімається догори циліндричного скрубера і далі, по газоходу, на всос димососа.

Стінка циліндричного скрубера постійно зрошується промивною водою із спеціальних сопел. Пилезолові частинки та краплі води, з коагульованими ними частинками золи, сепаріруються із закрученого газового потоку на циліндричну стінку скрубера, поглинаються плівкою зрошуючої води та змиваються нею в спеціальний золовий бункер для накопичення пульпи. Пульпа через гідрозатвор видалається в канал гідравлічного золовидалення на золовідвал.

В «мокрих» скруберах із потоків газів найбільш ефективно видалаються пилезолові частинки, розміри яких більші $\sim 10\text{ мкм}$. Степені уловлювання твердих забруднювачів в цих золоуловлювачах дорівнює $92\text{--}97\%$ [Ріхтер Л.А. и др. «Вспомогательное оборудование тепловых электростанций», Энергоатомиздат, 1987, стр. 170-175].

В скруберах МС-ВТІ добре розчинні в воді газоподібні забруднювачі, такі як трьохокис сірки (SO_3) та двоокис азоту (NO_2), абсорбуються зрошуючою водою і видалаються з газового потоку.

Сумарна ефективність «мокрих» циклонних скруберів збільшена - в них газовий потік має більш високу степінь очищення від пилезолових частинок, він додатково очищається і від згаданих вище газоподібних забруднювачів.

Основними недоліками «мокрих» циклонних скруберів є відносно малі степені комплексного очищення газових потоків від газоподібних забруднювачів і від пилезолових частинок.

Зрошуючою водою практично не абсорбуються погано розчинні в ній основні газоподібні забруднювачі - двоокис сірки (SO_2) та моноокис азоту (NO). Крім того, добре розчинні в воді трьохокис сірки (SO_3) та двоокис азоту (NO_2) підвищують її кислотність (до $\text{pH}=5\text{--}2$), що додатково протидіє абсорбції як двооксику сірки (SO_2), так і монооксику азоту (NO).

Практикою встановлено, що сумарна степінь очищення потоків газів від окисів сірки та азоту (SO_x , NO_x) в таких скруберах не перевищує 10% їх первісних концентрацій.

Недоліки «мокрих» газопромивних пристроїв при уловлюванні тонкодисперсних пилезолових частинок (розміром меншим 10 мкм) пояснюються тим, що краплі розпиленої в газовий потік води мають розміри («діаметри») значно більші, ніж розміри цих малих твердих включень в ньому. В результаті, на краплях води утворюються потужні прикордонні газові прошарки, які перешкоджають коагуляції пилезолових частинок дуже малих розмірів за рахунок основних коагуляційних процесів - інерційного осадження, захоплення, дифузійного поглинання.

Відносно малі швидкості обертання газового потоку в скрубери не дозволяють підвищувати ефективність процесів сепарації крапель води і твердих включень на зрошені стінки скрубера за рахунок інерційних сил.

Окиси сірки, азоту та тверді частинки, що виносяться в атмосферу із скрубера, є основними забруднювачами навколишнього середовища.

Підвищення степенів комплексного очищення газових потоків досягнуто в найближчому аналозі - тепломасообмінному скрубери по [деклараційному патенту України UA №69527 А, 7 В04С5/14. (Власік В.Ф. і др.. Бюл. № 9, 2004р.)].

В найближчому аналозі переміщення газового потоку організовано так, що він, додатково до лінійного, кругового та гвинтоподібного характеру переміщення, примушений рухатись по спеціальним - циклонним та круговим тороїдальним траєкторіям. В тепломасообмінному скрубери потік газів може зрошуватися в різних зонах його переміщення різними сорбентами.

В найближчому аналозі конфузор труби Вентурі виконаний як циклонна камера, в яку газовий потік вводиться із газоходу патрубками різного перетину (квадратними, круглими, еліптичними і др.) через відповідний боковий щілинний отвір тангенціальне або евольвентно.

В циклонній камері газовий потік зрошується через форсунки водою або водними розчинами сорбентів. Циклонна камера має свої патрубки для відведення відсепарированих на її бокову стінку та дно рідких продуктів очищення з включеними в них твердими продуктами - пульпи.

В зоні циклонної камери зрошується утворений газовим потоком високотурбулізований циклонічний вихор з достатньо високими швидкостями обертання навколо осі циклонної камери (в рази більшими, чим в скрубери МС-ВТІ). Результатом є значна інтенсифікація інерційних сил, коагуляційних, абсорбційних, тепломасообмінних процесів - основи для уловлювання із потоку газу твердих та газоподібних забруднювачів. За рахунок високих інерційних (відцентрових) сил, циклонічний вихор розділяє потік газу - рідкі та тверді його складові сепаріруються на бокові стінки і на дно циклонної камери, стікають та видалаються з неї (як пульпа) через патрубок для її відведення.

В дно циклонної камери, соосно, включені горловина і дифузор зі своїми форсунками (форсункою) для відокремленого зрошення потоку газу.

В зону горловини і дифузора потік газів, що очищався в циклонній камері, стікає як закручений вихор в режимі протитоку краплям, що сепаруються на стінки циклонної камери. В цій зоні потік газу має другий характер - це високотурбулізований циклонічний вихор, який отримав додаткову лінійну складову швидкості в напрямку від горловини до вихідного зрізу дифузора. Зрошення потоку газу в цій зоні виконується через свою форсунку (форсунки). Рідина, що зрошує газовий потік, не обов'язково є такою, якою зрошувалась циклонна камера. На внутрішній поверхні дифузора виникає тонка плівка стікаючої зрошуючої рідини. Це дозволяє додатково і значно більш ефективно реалізовувати скрубєрні процеси очищення газового потоку від невідсепарированих в циклонній камері твердих домішок і тонкодисперсних крапель зрошуючих рідин та посилити процеси абсорбції газоподібних забруднень.

Горловина і дифузор включені в кругову обичайку, яка має конусний розсікувач, дно з гідрозатором для відведення пульпи та патрубком для відведення очищених газів.

Пульпа, що утворилась в дифузорі, одночасно з закрученим потоком газу стікає на конусний розсікувач і далі в збірник - на дно кругової обичайки з гідрозатором для її видалення. Ця пульпа може не змішуватись з пульпою із циклонної камери.

Зрошення газового потоку різними рідинами (сорбентами) в різних зонах (частинах) тепломасообмінного скрубєра (в якому створені умови для утворення кругових, високотурбулізованих циклонічних, гвинтоподібних та тороїдальних характеристик його переміщення) дозволяє більш ефективно виконувати його очищення не тільки від твердих включень, але і від основних газоподібних забруднювачів - окисів сірки та азоту.

Ефективність тепломасообмінного скрубєра значно підвищується, наприклад, при реалізації способу очищення газів по [патенту України UA №21848 А, B01D53/34. (авт. Власік В.Ф. і др.. Бюл. №2 від 30.04.1998р.)].

Практична реалізація способу передбачає установку двох тепломасообмінних скрубєрів - цугом. Газовий потік зрошується в чотирьох зонах. В першій зоні (циклонній камері першого тепломасообмінного скрубєра) гарячі димові гази зрошуються сорбентом - міцним водним розчином амонійних солей. При цьому димові гази охолоджуються, за рахунок їх тепла частина води сорбента в циклонній камері випарюється, концентрація амонійних солей в сорбенті збільшується аж до випадіння їх кристалів з розчину.

Отримані кристали солей амонію, що виводяться з пульпою із циклонної камери, направляються на виготовлення товарної продукції.

Недоліком найближчого аналога є проблема його використання для очищення могутніх газових потоків, які мають дуже високі температури, наприклад, потоків димових газів від мартенівських печей. Це потоки потужністю до ~500 тисяч кубіч-

них метрів за годину, їх вихідні температури ~500°C, густина в ~3 рази нижча нормальної.

В димових газах мартенівських печей основними твердими забруднювачами є тонкодисперсні частинки мікронних та субмікронних розмірів. Для видалення таких частинок із потоку газу за рахунок інерційних сил, його обертові швидкості мають бути дуже великими. В тепломасообмінних скрубєрах значних розмірів (діаметрів і висоти) для їх отримання потрібні невідправданно великі енергетичні витрати. Розмістити великогабаритні скрубєри на тих площадках, на яких уже є діюче та застаріле газоочисне обладнання, проблематично.

Зрошення високотемпературного потоку газу міцними розчинами сорбентів стає неможливим. Так, наприклад, кристали більшості амонійних солей розкладаються на компоненти при температурах значно нижчих температур цього потоку (амонія сульфат $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$ - >210°C, амонія нітрат (NH_4NO_3) - >170°C, амонія гідросульфід $(\text{NH}_4\text{HSO}_3)$ - > 150°C і т.д.).

При охолодженні високотемпературного потоку газу водою (водними розчинами сорбентів) значна її частина випарюється та насичує газовий потік своїми парами (аж до граничних значень насичення). В подальших зонах очищення ці пари конденсуються на більш холодних краплях промивної води (водного розчину сорбента), що перешкоджає ефективно абсорбувати основні газоподібні шкідливі домішки - окиси сірки та азоту.

В основу корисної моделі поставлена задача підвищити ефективність тепломасообмінного скрубєра по [деклараційному патенту України UA №69527 А, 7 B04C5/14] при його використанні для одночасного комплексного очищення від твердих і газоподібних забруднень газових потоків, які мають високі температури.

Поставлена задача вирішується тим, що циклонний тепломасообмінний скрубєр, який містить в собі патрубок для бокового тангенціального або евольвентного введення потоку газу в циклонну камеру, циклонну камеру, оснащену форсунками для зрошення газового потоку та патрубками для відведення пульпи, горловину і дифузор, зі своїми форсунками для відокремленого їх зрошення, круговою обичайку із конусним розсікувачем, дном з гідрозатором для видалення пульпи та боковим патрубком для відведення очищеного потоку газу, згідно з корисною моделлю, оснащений конфузором, з'єднаним з газозодом і патрубком для бокового вводу потоку газу в циклонну камеру, в конфузорі розміщені форсунки для розпилювання зрошуючих газовий потік рідин і патрубками для відведення пульпи в відокремлений рециркуляційний контур.

Сутність корисної моделі пояснюється кресленнями Фіг.1 і 2, де показані перетини циклонного тепломасообмінного скрубєра та його верхньої частини.

Конфузор 1 циклонного тепломасообмінного скрубєра розміщений на зовнішній стороні циклонної камери 2. Він зрошується рідиною (водою) свого рециркуляційного контура 3 (на Фіг. умовно не показаний) через свої форсунки 4.

Похилий канал-збірник пульпи 5 дна конфузора 1 має патрубків 6 для відведення пульпи в рециркуляційний контур 3.

Конфузор включений в газохід 7, по якому газовий потік підводиться для очищення в циклонному тепломасообмінному скрубєрі.

Евольвентний патрубок 8, включений в горловину конфузора 1 і в бокову обичайку циклонної камери 2. Циклонна камера 2 зрошується із свого рециркуляційного контура 9 (на Фіг. умовно не показаний) через свої форсунки 10 для розпилювання зрошуючих (або зрошуючої) рідин, вона має конусне дно та патрубок 11, через який продукти очищення, що сепаруються на її стінку та дно (пульпа), відводяться в свій рециркуляційний контур.

В дно циклонної камери соосно включені горловина 12 і дифузор 13 зі своїми форсунками (форсункою) 14 для відокремленого їх зрошення. На зовнішній поверхні дифузора 13 розміщені направляючий козирок 15 та направляючий відбійник 16.

Горловина і дифузор включені в кругову обичайку 17, яка має патрубок 18 для відведення очищених газів на димосос (умовно не показаний), направляючий відбійник 19, конусне дно 20 для накопичення пульпи та гідрозатвор 21 для її відведення.

Кругова обичайка оснащена конусним розсікувачем 22, який закріплений на конусному дні 20.

Циклонний тепломасообмінний скрубєр працює наступним чином.

По газоходу 7 газовий потік вводиться в конфузор 1, де зрошується водою рециркуляційного контура 3 із форсунок 4. За рахунок підігріву води та часткового її випарення теплом газового потоку, його температура зменшується. При переміщенні газового потоку по конфузору 1, за рахунок утворених відцентрових сил (див. Фіг.2), краплі води із форсунок 4., які зрошують потік, краплі води, з коагульованими ними тонкодисперсними твердими частинками та більш крупні тверді включення сепаруються на зовнішню стінку і дно конфузора 1. Пульпа стікає в похилий збірник пульпи 5, та видаляється із неї через патрубків 6.

В рециркуляційний контур живлення конфузора 1 зрошуючою водою (рідиною) із форсунок 4 та патрубків 6 для відведення з нього пульпи, можуть бути включені пристрої видалення твердих домішок (гідроциклони, відстійники і др.), системи для зменшення температури рециркулюючої зрошуючої води (атмосферні градирні, теплообмінники для підігріву води на душові кімнати, їдальні тощо). В цей контур можуть бути включені також системи для регулювання кислотних, лужних і других показників якості зрошуючої води.

Частково очищений від твердих домішок і крапель води, охолоджений та насичений вологою (наприклад, при температурі 50°C - до ~80г/кг паро-газової суміші) кондиційований газовий потік по евольвентному патрубку 8 вводиться в циклонну камеру 2.

В циклонній камері 2 газовий потік має високотурбулізований циклонічний характер і зрошується через форсунки 10 міцним сорбентом (наприклад, водними розчинами аміаку, солей амонію - суль-

фату, сульфїту, гідросульфїту та інш.) із свого рециркуляційного контура 9. В циклонній камері, за рахунок високої турбулізації закрученого газового потоку і великих сумарних поверхонь масообміну потоків мікрокрапель сорбенту (діаметри крапель сорбенту на рівнях 50-250мкМ), реалізуються дуже інтенсивні процеси абсорбції основних газоподібних забруднювачів - окисів сірки і азоту.

За рахунок аміаку, який частково виділяється із міцного розчину сорбента в газовий потік, проходять додаткові процеси зв'язування цих окисів в газовій фазі в розчині в воді солі та відновлення частини окисів азоту до атмосферного азоту.

За рахунок кисню, що міститься в газовому потоці, частина солей міцного розчину сорбента (амонію сульфїт, гідросульфїт) переходить в форму сульфату амонію - баласту сорбента. Це потребує відновлення сорбційних показників сорбенту за рахунок додаткового введення в нього аміаку, що є додатковим фактором накопичення в міцному сорбенті сульфату амонію.

В міцному розчині сульфат-сульфїтних солей значення показників насичення першим досягає сульфат амонію. Він першим і вивільняється із розчину, знаходиться в сорбенті в кристалічному вигляді, сепарується на стінки і дно циклонної камери та виводиться з неї через патрубок відведення продуктів очищення 11.

В рециркуляційному контурі зрошення циклонної камери може бути передбачено обладнання для видалення твердих включень та виготовлення на їх основі товарної продукції, наприклад, рідких мінеральних добрив (на Фіг. умовно не показано).

Високотурбулізований, гвинтоподібний потік газу, що стікає з горловини 12 по дифузору 13 сепарує із себе на його внутрішню стінку, покритую тонкою плівкою стікаючої рідини, як краплі зрошуючих рідин, так і залишкові тверді частинки - реалізуються ефективні скрубєрні процеси.

Плівку стікаючої рідини забезпечують форсунки 14, через які газовий потік, що поступає в горловину та дифузор, зрошується природною водою або слабким розчином сорбента свого рециркуляційного контура (на Фіг. умовно не показано). Зрошення газового потоку в зоні горловини та дифузора дозволяє додатково абсорбувати просоки окисів сірки та азоту, аміаку, коагулювати найбільш малі тверді частинки, розчинити малі кристали солей аміаку, зменшити його вологість за рахунок часткової її конденсації на краплях зрошуючої води (слабого сорбенту).

Після дифузора 13 закручений газовий потік поступає на конусний розсікувач 22, поверхня якого покрита рідиною плівкою, що стікає з стінок дифузора та виноситься з газовим потоком. Рідина на плівка по поверхні конусного розсікувача 22 постійно стікає в конусне дно 20, але і постійно відновлюється. За рахунок додаткових інерційних сил (ударних - лобове зіткнення закрученого потоку газу, що виходить з дифузора, з рідиною плівкою зрошеного конусного розсікувача) рідина плівка ефективно поглинає із газового потоку як краплі зрошуючої рідини, так і тверді частинки, які ще залишилися в потоці після дифузора - реалізується додатковий скрубєрний процес.

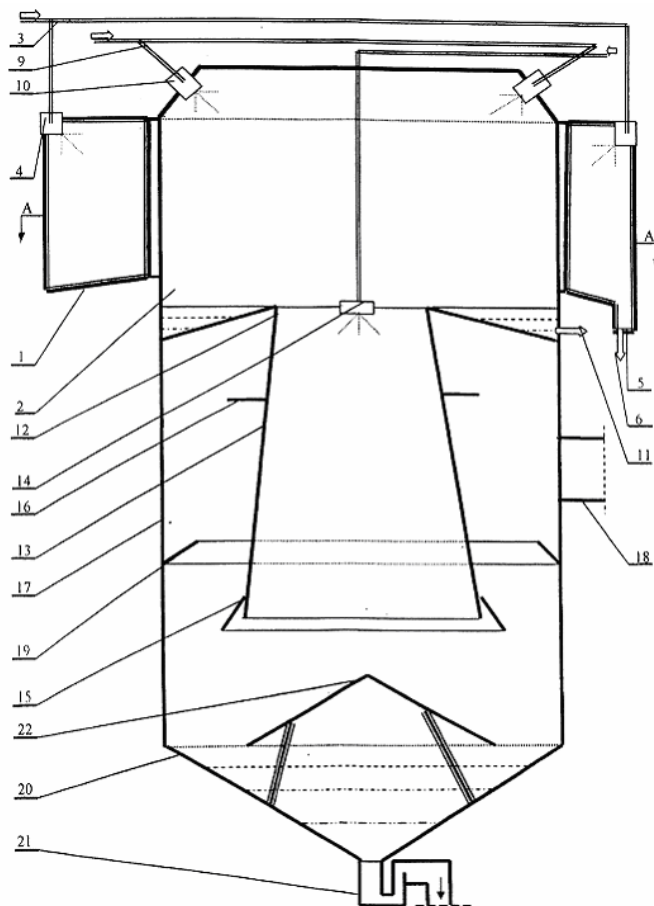
Після конусного розсікувача 22 газований потік поступає на внутрішню стінку кругової обичайки 17 і, далі, на направляючий відбійник 19, зовнішню стінку дифузора 13 та на направляючий козирок 15. Таким чином, характер потоку очищених газів змінюється на тороподібний, який додатково обертається навкруг вісі дифузора. Це дозволяє відсепарувати дрібні краплі рідини, що ще могли залишитися в потоці газу після виходу із дифузора, видалення їх на конусному розсіканні та на корпусі обичайки і на зовнішній стінці дифузора.

Відсепарована на зовнішню поверхню дифузора 13 волога стікає через щілину між дифузором 13 і направляючим козирком 15, всочується потоком газу із дифузора 13 та додатково направляється на конусний розсікувач 22 і на корпус обичайки 17.

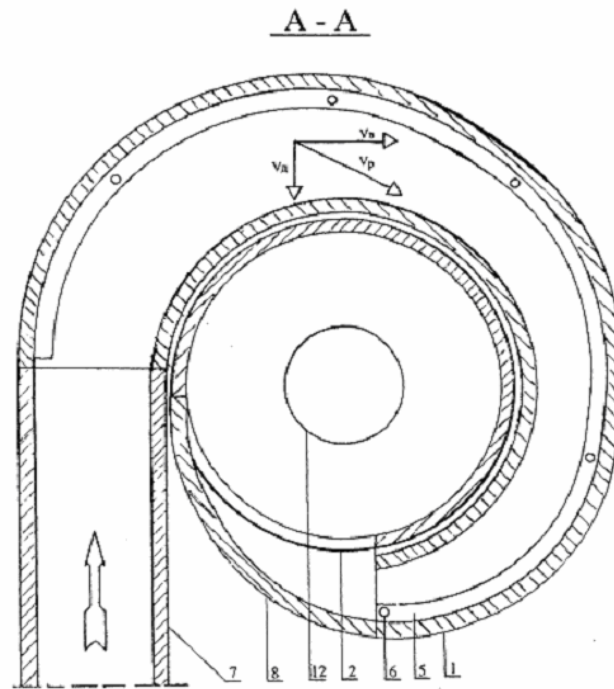
Очищений від твердих та газоподібних домішок газований потік поступає в кругову обичайку 17 - циклон, стінка якого не зростається. Гвинтоподібний потік очищеного газу направляючим відбійником 16 направляється в тангенціальний патрубок 18 і відводиться на всос димососа.

Тепломасообмінні скрубери, по найближчому аналогу, [патенту UA №69527A], з 2005р. успішно працюють в технології комплексного очищення димових газів від сушильних барабанів Докучаєвського підприємства по виробленню вибухозахисних і в'язучих матеріалів. Донецька обл.

Експериментальний циклонний тепломасообмінний скрубер для комплексного очищення потоку димових газів потужністю -10000куб.метрів за годину, збудований і вводиться в дію на одній із мартенівських печей Маріупольського металургійного комбінату ім.Ілліча.



Фиг. 1



V_h - горизонтальна складова швидкості газового потоку в конфузорі,
 V_r - радіальна складова швидкості газового потоку в конфузорі;
 V_p - результуюча швидкості газового потоку в конфузорі.

Фіг. 2