

(19) C2 (11) 65527 (13) UA

(98) вул. Пушкінська, 9, кв. 11, м. Київ, 01034

(85) 1998-04-13

(74) Пахаренко Антоніна Павлівна, (UA)

(45) [2004-04-15]

(43) null

(24) 2004-04-15

(22) 1996-09-10

(12) null

(21) 98041838

(46) 2004-04-15

(86) 1996-09-10 PCT/EP96/03971

(30) 195 33 715.8 1995-09-12 DE

(54) СПОСІБ ВИДАЛЕННЯ ОКСИДІВ АЗОТУ ІЗ ГАЗОВОГО ПОТОКУ СПОСОБ УДАЛЕНИЯ ОКСИДОВ АЗОТА ИЗ ГАЗОВОГО ПОТОКА METHOD FOR REMOVAL OF NITROGEN OXIDES FROM GAS FLOW

(56) US 4387082 A, 07.05.1983 2 DE 4308940 A, 22.09.1994 2 US 5300269 A, 05.04.1994 2 Cleaner nitric acid plant tail gas// Nitrogen.- №207 January -1994.-с.37-38 3

(71)

(72) DE Фетцер Томас DE Фетцер Томас DE Fetzer Thomas DE Вагнер Екхарт DE Вагнер Екхарт DE Вагнер Екхарт DE Рьот Еміль DE Рьот Еміль DE Рьот Еміль DE Руппель Вільхельм DE Руппель Вільхельм DE Ruppel Wilhelm DE Вистуба Херманн DE Вистуба Херманн DE Wistuba Hermann DE Отто Бернхард DE Отто Бернхард DE Otto Bernhard DE Шумахер Фолькер DE Шумахер Фолькер DE Шумахер Фолькер DE Бюргер Герт DE Бюргер Герт DE Buerger Gert

(73) DE БАСФ АКТИЕНГЕЗЕЛЬШАФТ DE БАСФ АКЦИЕНГЕЗЕЛЬШАФТ DE BASF Aktiengesellschaft

Изобретение касается способа удаления оксидов азота из содержащего их газового потока, согласно которому газовый поток пропускают (А) через ступень абсорбции оксидов азота, кроме N_2O , абсорбционным агентом или преобразование оксидов азота, кроме N_2O , абсорбционным агентом при давлении 1,5 – 20 бар и (Б) через ступень уменьшения содержания N_2O , преимущественно при таком значении уровня давления, как в ступени (А), а также устройства для осуществления способа и применения устройства.

Винахід стосується способу видалення оксидів азоту із газового потоку, що їх містить, згідно з яким газовий потік пропускають (А) через ступінь абсорбції оксидів азоту, крім N_2O , абсорбційним агентом або перетворення оксидів азоту, крім N_2O , абсорбційним агентом при тискові 1,5 - 20 бар та (Б) через ступінь зменшення вмісту N_2O , переважно при такому значенні рівня тиску як в ступені (А), а також пристрою для здійснення способу та застосування пристрою.

The invention concerns a method of removing nitrogen oxides from a gas flow. The gas flow is guided: (A) through a stage in which the nitrogen oxides, apart from N_2O , are absorbed in an absorption agent, or the nitrogen oxides, apart from N_2O , are reacted with an absorption agent at a pressure of between 1.5 and 20 bar, and (B) through a stage for reducing the N_2O content, preferably using the pressure level prevailing in step (A). The invention further concerns a device for carrying out this method and the use thereof.

1. Спосіб видалення оксидів азоту із газового потоку, що містить їх, який включає стадію (А) зменшення вмісту N_2O під тиском, який **відрізняється** тим, що перед зазначеною стадією (А) здійснюють стадію (Б) абсорбції оксидів азоту, відмінних від N_2O , за допомогою абсорбенту або взаємодії оксидів азоту, відмінних від N_2O з абсорбентом, а після зазначеної стадії (А) здійснюють стадію (В) відновлення оксидів азоту, відмінних від N_2O , при цьому усі стадії здійснюють при однаковому значенні тиску в діапазоні 3-20 бар.
2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що на стадії (Б) як абсорбційний засіб використовують воду або водний розчин азотної кислоти, а оксиди азоту, крім N_2O - при необхідності в присутності вільного кисню - перетворюють у HNO_3 .
3. Спосіб за п. 1 або 2, який **відрізняється** тим, що на стадії (А) зменшення вмісту N_2O здійснюють шляхом термічного та/або каталітичного розкладання.
4. Спосіб за одним з пп.1-3, який **відрізняється** тим, що тиск газового потоку перед стадією (Б) за допомогою компресора (Комп. 1) встановлюють в діапазоні 3-20 бар, а після стадії (В) за допомогою турбодетандера (Т1) відновлюють до атмосферного, енергію, що вивільняється в турбодетандері (Т1), при необхідності разом із додатковою енергією двигуна (Д) підводять до компресора (Комп. 1), причому при необхідності газовий потік перед стадією (Б) охолоджують в теплообміннику (ТО1) газовим потоком, що виходить із стадії (Б), а перед подачею на стадію (А) нагрівають у теплообміннику (ТО3) газовим потоком, що виходить із стадії (А), причому при необхідності газовий потік після теплообмінника (ТО1) перед подачею на стадію (Б) додатково охолоджують в теплообміннику (ТО2), а газовий потік після теплообмінника (ТО3) перед подачею в стадію (В) додатково охолоджують в теплообміннику (ТО4).
5. Пристрій для видалення оксидів азоту з газового потоку, що їх містить, який містить пристрій для зменшення вмісту N_2O , який **відрізняється** тим, що перед зазначеним пристроєм встановлений пристрій для абсорбції оксидів азоту, відмінних від N_2O , за допомогою абсорбенту або взаємодії оксидів азоту, відмінних від N_2O , з абсорбентом, а до пристрою для зменшення вмісту N_2O підключений пристрій для відновлення оксидів азоту, відмінних від N_2O , при цьому перед пристроєм для абсорбції оксидів азоту, відмінних від N_2O , за допомогою абсорбенту або взаємодії оксидів азоту, відмінних від N_2O , з абсорбентом, розміщений компресор.
6. Пристрій за п.5, який **відрізняється** тим, що пристрій для абсорбції оксидів азоту, відмінних від N_2O , за допомогою абсорбенту або взаємодії оксидів азоту, відмінних від N_2O , з абсорбером оснащений лінією для подачі як абсорбера води або водного розчину азотної кислоти і, при необхідності, лінією для подачі кисню.

Винахід стосується способу видалення оксидів азоту, таких, як NO , NO_2 та N_2O із газового потоку, що їх містить. Оксиди азоту утворюються як побічні продукти в ході багатьох процесів, в яких у ролі окислювача використовується HNO_3 у рідкій фазі. Так, значні кількості N_2O поряд з іншими оксидами азоту вивільняються при перетворенні спиртів, альдегідів та кетонів, наприклад, при перетворенні циклогексанолу та циклогексанону до адіпінової кислоти, ацетальдегіду до гліоксалу або гліоксалу до гліоксальної кислоти, а також при одержанні нікотинової кислоти та гідроксиламінів.

У статті, опублікованій в 1991 році в журналі Science, 251 (1991), стор.932, Тіменс і Троглер (Thiemens, Trogler) показали, що N_2O властивий певний шкідливий потенціал для атмосфери Землі. N_2O у стратосфері є суттєвим джерелом для утворення NO , який у свою чергу має значний вплив на розкладення озону у стратосфері. До того ж, N_2O вважається газом тепличного ефекту, причому, потенціал N_2O у потеплінні Землі майже в 290 разів більший, ніж потенціал CO_2 .

Останніми роками опубліковано багато робіт, присвячених виділенню N_2O , зумовленому антропогенною діяльністю.

В багатьох патентах описані каталізатори для відновлення або розкладання N_2O , наприклад, в патентах ФРН 43 01 470, 42 24 881, 41 28 629, європейському патенті 625369, міжнародних публікаціях WO93/15824, WO94/27709, та в патенті США 5,171,553.

В патенті США 5,200,162 описано, що екзотермічна реакція при розкладанні N_2O до азоту й кисню може привести до багатьох технологічних проблем, пов'язаних із високими температурами процесу. Описано спосіб розкладання N_2O у газовому потоці, причому, N_2O -вмісний газовий потік в умовах розкладання N_2O вводять у контакт із каталізатором для розкладання N_2O на азот і кисень, причому, частку випускного газу, вміст N_2O в якій зменшено, спочатку охолоджують, а потім повертають до зони розкладання N_2O . Описано також, що в разі N_2O -вмісних газів, що додатково містять NO_x , часто є дуже доречною попередня обробка газового потоку з метою видалення NO_x до подання в зону розкладання N_2O шляхом селективного відновлення NO_x аміаком у присутності кисню.

У статті «Зменшення виділення N_2O при виробництві адіпінової кислоти» (Abatement of N_2O -emissions produced in the adipic acid industry) у Environmental Progress, том 13, №2, травень 1994, стор.134-137, автори Раймер, Слатен, Сіпен, Лоуер та Томлінсон (Reiver, Siaten, Seapan, Lower, Tomlinson) описують систему спалювання бойлерних газів, в якій для розкладання N_2O використовується селективне некаталітичне відновлення. Зображено технологічну схему каталітичного розкладання N_2O , в якій стадія із каталізатором розкладання N_2O зв'язана зі стадією, із каталізатором селективного зменшення вмісту NO_x .

В Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, видання п'яте, том A17, 1991, стор.293-339 описане одержання HNO_3 шляхом спалювання аміаку і абсорбції продуктів спалювання у воді. Способи неселективного каталітичного відновлення (пол selective catalitic reduction, NSCR) та селективного каталітичного відновлення (selective catalitic reduction, SCR) можуть бути використані зі способу одержання HNO_3 .

В якості найближчого аналогу може бути згаданий спосіб видалення оксидів азоту з газового потоку, що їх містить, шляхом зменшення вмісту N_2O в присутності каталізатору під тиском описаний в EP635369.

Задачею цього винаходу є розробка способу видалення оксидів азоту із газового потоку, що їх містить.

Іншою задачею винаходу є розробка способу видалення оксидів азоту із газового потоку, що містить значну кількість як N_2O , так і інших оксидів азоту.

Іншою задачею винаходу є розробка способу видалення оксидів азоту із газового потоку, що їх містить, при чому повинна вироблятися азотна кислота.

Іншою задачею винаходу є розробка способу видалення оксидів азоту із газового потоку, що їх містить, причому спосіб здійснюють за простіших умов.

Іншою задачею винаходу є розробка пристрою для здійснення вказаних вище способів.

Задача винаходу вирішена шляхом втілення способу і пристрою, заявлених в формулі винаходу.

Вираз «оксиди азоту», що використовується в описі та формулі винаходу, позначає оксиди азоту, зокрема N_2O , NO , N_2O_3 , NO_2 , N_2O_4 , N_2O_5 , NO_3 .

Винахід стосується зокрема способу видалення оксидів азоту із газових потоків, таких, наприклад, як випускні гази при виробництві адіпінової кислоти, азотної кислоти, похідних гідроксиламіну, капролактаму, гліоксалу, метилгліоксалу, гліоксальної кислоти або при спалюванні азотовмісних матеріалів.

В ході згаданих та інших технологічних процесів окиснення органічних сполук азотною кислотою утворюються реакційні продукти, що містять оксиди азоту. Так, при виробництві адіпінової кислоти шляхом окиснення суміші циклогексанолу та циклогексанолу утворюється відпрацьований газ, що має, наприклад, такий склад:

NO_2	20% (за об'ємом)
N_2O	23% (за об'ємом)
O_2	10% (за об'ємом)
$\text{CO}+\text{CO}_2$	2% (за об'ємом)
N_2+Ar	45% (за об'ємом)

Згідно з винаходом, видалення оксидів азоту із газового потоку, що має, наприклад, наведений вище склад, здійснюють шляхом пропускання газового потоку через стадію (А) зменшення вмісту N_2O під тиском, але перед зазначеною стадією (А) здійснюють стадію (Б) абсорбції оксидів азоту, відмінних від N_2O , за допомогою абсорбенту або взаємодії оксидів азоту, відмінних від N_2O , з абсорбентом, а після зазначеної стадії (А) здійснюють стадію (В) відновлення оксидів азоту, відмінних від N_2O , при цьому усі стадії здійснюють при тому ж тиску в діапазоні 3-20 бар.

Стадія А

Стадія А призначена для зменшення вмісту N_2O .

Зменшення вмісту N_2O може бути здійснене шляхом термічного та/або каталітичного розкладання. Процес може бути здійснений адіабатично або ізотермічно, переважно з використанням рівня тиску, панівного в

процесі Б.

Видалення N_2O може бути здійснене різним чином, наприклад, з використанням неоднорідних каталізаторів. При адіабатичному проведенні реакції, в ході якої тепло, вивільнене при екзотермічній реакції розкладання, використовується для нагрівання шару каталізатора, температура газу на вході на стадію А становить 200-700°C, здебільшого 300-600°C, переважно 400-550°C, особливо переважно 430-550°C, зокрема 450-500°C. Температура вхідного газу може залежати від активності каталізатора.

Для відвернення теплового утворення NO_x та захисту використовуваного каталізатора від руйнування внаслідок високих температур (наприклад, внаслідок спікання), температура газового потоку на виході реактора (стадія А) не повинна значно перевищувати 800°C. Це може бути досягнуто завдяки тому, що концентрації N_2O в газовому потоці при входженні на стадію А становить не більше, ніж 40%, переважно 0,1-20°C, особливо переважно 0,5-15%, зокрема 1-13% (за об'ємом). Однак, часто газові потоки містять понад 20% N_2O .

Зменшення концентрації N_2O можна досягти шляхом підмішування перед стадією А до основного газового потоку іншого газового потоку, значною мірою вільного від N_2O . Підмішування можна здійснити також перед стадією Б, якщо газовий потік спочатку пропускається через стадію Б. В ролі значною мірою вільного від N_2O газового потоку може бути використаний газовий потік, що покидає стадію А або, як показано далі, при необхідності газовий потік, що покидає стадію Б, та/або газовий потік, що містить чистий кисень, та/або технологічний газ.

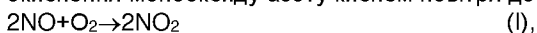
Видалення N_2O може бути здійснене ізотермічно. Це можливо, наприклад, в кожухотрубному реакторі з охолодженням соляною банею або металевою банею. Цей процес відрізняється тим, що температура газового потоку при виході із реактора (стадія А) відповідає температурі соляної бані або металевої бані, а розплав солі чи металу приймає тепло, вивільнене при реакції розкладання N_2O . При цьому температура соляної чи металевої бані становить 400-650°C або відповідає температурі адіабатичного ходу реакції. Газовий потік може бути нагрітим або перед стадією А, наприклад, в газо-газовому теплообміннику, або безпосередньо у реакторі із соляною чи металевою банею. Крім того, можливе видалення N_2O (розкладання) у псевдокиплячому шарі.

Стадія Б

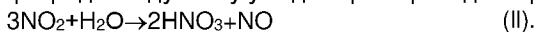
Абсорбцію оксидів азоту крім N_2O абсорбційним засобом або перетворення оксидів азоту крім N_2O абсорбційним засобом можна здійснювати з використанням будь-якого придатного абсорбційного засобу. Перевагу мають вода або водні розчини, наприклад, як абсорбційний засіб використовують азотну кислоту, причому абсорбцію здійснюють переважно в присутності вільного кисню і оксиди азоту крім N_2O перетворюють переважно до HNO_3 .

При цьому, наприклад, монооксид азоту окиснюють до діоксиду азоту, а діоксид азоту абсорбують водою з утворенням HNO_3 . Такий спосіб описано в Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, видання п'яте, том А17, 1991, стор.293-339.

Процес перетворення до азотної кислоти може бути охарактеризований двома екзотермічними реакціями: окиснення монооксиду азоту киснем повітря до діоксиду азоту згідно з рівнянням:



абсорбція діоксиду азоту у воді та реакція згідно з рівнянням:



Реакції стимулюються високим тиском та низькими температурами. Використовують тиск від 1,5 до 20 бар, переважно 3-12 бар, цілком переважно 5-10 бар.

Температура на вході на стадію Б становить переважно 10-100°C, особливо переважно 20-60°C, зокрема 30-40°C.

Газові потоки, утворені при окисненні спиртів, альдегідів та кетонів, часто містять NO_2 в концентрації понад 1% (за об'ємом), тому NO_2 може розглядатись не як забруднення, а як цінний продукт, що може бути перетворений у азотну кислоту шляхом перетворення водою.

Перетворення може бути здійснене в абсорбційних колонах, як описано, наприклад, в Ullmann's Encyclopedia, див. вище.

Тепло, що утворюється при екзотермічному перетворенні, може бути використане для нагрівання пари та/або для нагрівання газового потоку, що містить оксиди азоту, наприклад, в газо-газовому теплообміннику.

Каталізatori

Для видалення N_2O шляхом каталітичного розкладання придатні, наприклад, каталізatori, описані в патентах ФРН 43 01 470, 42 24 881, 41 28 629, європейському патенті 625369, міжнародних публікаціях WO93/15824, WO94/27709, та в патенті США 5,171,553. Придатні каталізatori можуть складатися, наприклад, із CuO , ZnO та Al_2O_3 або містити додатково срібло. Можуть бути використані каталізatori зі сріблом як активною складовою, нанесеною на гама- Al_2O_3 -носії. Іншими прикладами використовуваних каталізаторів є каталізatori з CoO та/або NiO на ZrO_2 -носії. Можливе також використання цеолітичних каталізаторів, наприклад, морденітів, що перебувають у H^+ - або NH_4^+ -формі і при необхідності заміщені V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu та/або Bi.

Крім того, придатні каталізatori, що складаються із цеолітів зі співвідношенням SiO_2/Al_2O_3 щонайменше 550, наприклад, бета-цеоліт, ZSM-5, 4-цеоліт, морденіт або хабазит та перебувають у H^+ - або NH_4^+ -формах та при необхідності заміщені лужними, лужноземельними, перехідними металами або рідкоземельними елементами, причому особливо придатним є кобальт.

Також придатні каталізatori на основі цеоліту, заміщені міддю, кобальтом, родієм, паладієм або іридієм.

Можуть бути використані також інші каталізatori, що дозволяють здійснювати відновлення або розкладання N_2O .

Поряд із каталітичним відновленням або розкладанням N_2O можливе також термічне розкладання, наприклад, в регенеративному теплообміннику (терморекторі).

Стадія В

В переважній формі втілення винаходу газовий потік після стадій А та Б може бути поданий на стадію В для відновлення оксидів азоту крім N_2O .

При розкладанні N_2O на стадії А за певних умов можуть утворитися оксиди азоту NO_x . Ці оксиди азоту можуть бути видалені на стадії В.

Стадія В служить для відновлення оксидів азоту окрім N_2O .

Газовий потік на стадії В може бути перетворений, наприклад, шляхом селективного каталітичного відновлення (selective catalytic reduction, SCR). При цьому оксиди азоту перетворюються аміаком як відновлювальним засобом на каталізаторах. Можуть бути використані, наприклад, каталізатори DENOX. При цьому оксиди азоту перетворюються до азоту та води.

В ролі стадії В може бути використана також стадія неселективного каталітичного відновлення (поп selective catalytic reduction, NSCR). При цьому використовують вуглеводні для відновлення оксидів азоту і каталізатори, що містять благородні метали.

Способи селективного та неселективного каталітичного відновлення описані, наприклад, в Ullmann's Enciclopedia (див. вище).

В ролі каталізаторів у цьому процесі можуть бути використані будь-які придатні каталізатори. Каталізатори для неселективного відновлення можуть базуватися, наприклад, на платині, пентоксиді ванадію, оксиді заліза або на титані. При селективному каталітичному відновленні можуть бути використані, наприклад, каталізатори із вмістом благородних металів, таких як платина, реній, рутеній, паладій та/або металів залізної групи, таких як залізо, кобальт, нікель. Крім того, можуть бути використані пентоксид ванадію, оксид вольфраму або оксид молібдену. Наступним придатним каталізатором є пентоксид ванадію на оксиді алюмінію в якості носія.

При неселективному процесі відновлення можуть бути використані вуглеводні, такі як природний газ, пропан, бутан, нафта, а також водень.

Температура газового потоку на вході стадії В може становити 150-500°C, переважно 200-350°C, особливо переважно 260-300°C.

Згідно з винаходом, було встановлено, що перетворення стадій А, Б та при необхідності В можуть бути здійснені при одному тиску на стадіях. Це означає, що тиск газового потоку між окремими стадіями додатково не треба значно збільшувати або зменшувати. Тиск становить щонайменше 3 бар, переважно 3-20бар, особливо переважно 5-10бар.

Стадії А, Б та при необхідності В можуть бути розміщені в інтегрованому апараті тиску, що складається із двох або трьох реакторів, тобто у вигляді інтегрованого вузла, в якому газовому потокові на вході однієї із стадій задається початковий тиск, наприклад, шляхом стиснення, і між окремими стадіями не передбачено ніяких додаткових пристроїв, за допомогою яких тиск газового потоку можна було значно збільшити або зменшити. При проходженні газового потоку крізь стадії тиск в газі може варіюватися в залежності від використовуваної стадії. Однак, перевага надається пристрою, в якому тиск газового потоку не змінюється. Після полишення останньої стадії тиск газового потоку може бути узгоджений із атмосферним, наприклад, за допомогою турбодетандера.

Можливість здійснення усього процесу при одному рівні тиску дозволяє значно спростити конструкцію всього пристрою для видалення оксидів азоту. Завдяки цьому, здійснення способу значно спрощується.

В переважній формі здійснення способу газовий потік пропускають через стадії А, Б, В, переважно в цій послідовності, перед поданням на стадію Б змішують із повітрям та/або з газовим потоком, що полишає стадії А або В, та/або з технологічним газом, завдяки чому вміст N_2O становить не більше 20% за об'ємом.

Газовий потік на стадії Б в абсорбційній колоні в протипотоці вводять в контакт з водою або водними розчинами, наприклад, азотної кислоти, з утворенням HNO_3 і утворену HNO_3 вилучають із зумпфу колоні, потім температуру залишкового газового потоку встановлюють в діапазоні 200-700°C, переважно 450-500°C, і на стадії А вводять в контакт з каталізатором в нерухомому шарі для каталітичного розкладання N_2O ,

потім температуру залишкового газового потоку встановлюють в діапазоні 150-500°C, переважно 260-300°C, і на стадії В піддають каталітичному відновленню.

Реакційне тепло, що виділяється в окремих стадіях, може бути використане для вироблення пари або механічної привідної енергії. Наприклад, тиск газового потоку перед стадією Б може бути встановлений компресором (Комп.1) на значенні 1,5-20бар, а після стадії В за допомогою турбодетандера (Т1) переведений до навколишнього тиску, причому енергія, що вивільняється в турбодетандері (Т1), в залежності від обставин разом із іншою енергією (Д), що може вироблятися, наприклад, двигуном, підводиться до компресора (Комп.1).

Енергія, що вивільняється на окремих стадіях реакції, може бути використана також для попереднього нагрівання газового потоку.

Наприклад, газовий потік перед подачею на стадію Б може бути охолоджений в теплообміннику (ТО1) газовим потоком, що виходить із стадії Б. Так само, газовий потік перед подачею на стадію А може бути нагрітий в теплообміннику (ТО2) газовим потоком, що виходить із стадії А. До того ж, газовий потік після теплообмінника (ТО1) перед подачею на стадію Б може бути додатково охолоджений теплообмінником (ТО2) до бажаної температури. Крім того, газовий потік після теплообмінника (ТО3) перед подачею на стадію В може бути додатково охолоджений за допомогою теплообмінника (ТО4).

Поряд із способом видалення оксидів азоту із газового потоку, що їх містить, винахід стосується також пристрою для здійснення цього способу. Пристрій містить описані раніше стадії А, Б, а також переважно описані раніше стадії А, Б, В, переважно в цій послідовності. Згідно з формою здійснення винаходу, можливі також інші послідовності стадій, наприклад, А Б В, Б В А або інші.

При цьому окремі стадії з'єднані підходящими трубопроводами таким чином, що газовий потік може послідовно проходити крізь стадії.

Пристрій для видалення оксидів азоту із газового потоку, що їх містить, переважно перед першою стадією містить пристрій, за допомогою якого може бути задане бажане значення тиску газового потоку, і не містить між окремими стадіями жодних інших пристроїв для додаткового значного збільшення або зменшення тиску газового потоку.

У переважній формі здійснення пристрій містить описані раніше компресор (Комп.1) та турбодетандер (Т1), а також двигун (Д).

У наступній переважній формі здійснення пристрою він містить описані раніше теплообмінники (ТО1) та (ТО3).

У наступній переважній формі здійснення пристрою він містить описані раніше теплообмінники (ТО2) та (ТО4).

Винахід стосується також застосування описаного раніше пристрою для видалення оксидів азоту із газового потоку, що їх містить. При цьому газовий потік, що містить оксиди азоту, є переважно випускним газом при виробництві адіпінової кислоти, азотної кислоти, похідних гідроксиламіну або капролактаму, або при спалюванні азотовмісних матеріалів.

Крім того, винахід стосується застосування описаного раніше пристрою для виробництва HNO_3 .

Нижче переважний пристрій згідно з винаходом, а також переважний спосіб згідно з винаходом описані із посиланням на креслення, на якому схематично зображений пристрій згідно з винаходом.

На кресленні використані такі позиційні позначення:

K1: абсорбційна колона (стадія Б)

P1: реактор розщеплення N_2O (стадія А)

P2: реактор для каталітичного відновлення NO_x (стадія В)

ТО1 теплообмінник 1

ТО2 теплообмінник 2

ТО3 теплообмінник 3

ТО4 теплообмінник 4

Комп.1 компресор

Т1 турбодетандер

Д двигун

Цифрами позначені окремі газові потоки.

Приклад

У пристрої, збудованому згідно із доданим кресленням, технологічні та відпрацьовані гази, що містять оксиди азоту (трубопровід 1), змішують з повітрям (трубопровід 2) та із збідненими на N_2O або NO - та NO_2 -вмісними технологічними газами (трубопровід 3). Завдяки домішуванню повітря та збідненого на N_2O або вільного від нього газу або технологічного газу, температура, при якій відбувається адіабатичне розкладання N_2O в реакторі Р1, обмежується на рівні максимум 350°C . До того ж, завдяки домішуванню повітря, в абсорбційній колоні К1 підтримується окиснення NO згідно з наведеним вище рівнянням (I) і, тим самим, утворення азотної кислоти згідно з рівнянням (II). Завдяки додаванню NO - та/або NO_2 -вмісних газів, може бути значно посилене утворення азотної кислоти (HNO_3) в абсорбційній колоні К1. В переважній формі здійснення через трубопровід 3 можуть бути підведені технологічні гази від реакторів окиснення аміаку.

Далі газову суміш (газовий потік, що містить оксиди азоту) стискають компресором Комп.1. Завдяки підвищенню тиску газової суміші, значно підвищується ефективність абсорбційної колоні К1 (стадія Б), реактора розщеплення N_2O (стадія А) та реактора каталітичного відновлення NO_x (стадія В) в переважній формі здійснення винаходу. Завдяки теплу, що вивільняється при стисненні та в ході одночасного окиснення NO до NO_2 , температура газового потоку в трубопроводі 4 підвищується до $250\text{-}350^\circ\text{C}$. Газовий потік охолоджується в газо-газовому теплообміннику (ТО1) холодним газовим потоком із абсорбційної колоні, а потім в теплообміннику (охолоджувачі) (ТО2) придатним теплоносієм, таким як повітря або холодна вода, до температури $30\text{-}40^\circ\text{C}$.

Абсорбцію NO_2 та реакцію з водою з утворенням азотної кислоти проводять в абсорбційній колоні К1 (стадія Б), в якій газовий потік та абсорбційний засіб (наприклад, вода або водний розчин азотної кислоти) завдяки спеціальній конструкції подають в протипотоці, а утворену азотну кислоту відводять із зумпфу колоні.

Звільнений від основної кількості NO_2 та NO газовий потік (трубопровід 6) нагрівають в газо-газовому теплообміннику (ТО1) до температури $200\text{-}300^\circ\text{C}$ (трубопровід 7), а потім в наступному в газо-газовому теплообміннику (ТО3) до температури $450\text{-}500^\circ\text{C}$ (трубопровід 8). Видалення N_2O здійснюють в реакторі Р1 (стадія А), причому температура підвищується до 825°C (трубопровід 9). Потім газовий потік в газо-газовому теплообміннику (ТО3) і в парогенераторі (теплообмінник ТО4) охолоджують до температури $260\text{-}300^\circ\text{C}$ (трубопровід 10). Після цього газовий потік в реакторі Р2 (стадія В) шляхом каталітичного відновлення звільняють від залишкових слідів оксидів азоту. При вмісті NO_x 1000млн^{-1} у відпрацьованому газі адіабатичне підвищення температури становить близько 10°C . На закінчення газовий потік, що має температуру $265\text{-}310^\circ\text{C}$, через трубопровід 11 подають на турбодетандер Т1, в якому тиск знижують до атмосферного і з температурою близько 100°C через трубопровід 12 виводять у атмосферу.

Вироблена турбіною Т1 механічна привідна енергія може бути використана для приведення в дію компресора Комп.1 за допомогою спільного привідного вала. Нестача привідної енергії може бути поповнена за допомогою додаткового двигуна Д.

