РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ

(19) BG (11) 63154 B1

7(51) B 01 D 53/50
F 23 J 15/00



ОПИСАНИЕ КЪМ ПАТЕНТ
ЗА
ИЗОБРЕТЕНИЕ

ПАТЕНТНО ВЕДОМСТВО

(21) Регистров № 101099
(22) Заявено на 03.01.97
(24) Начало на действие
на патента от: 07.06.95

Приоритетни данни

(31) 257160 (32) 09.06.94 (33) US
257698 09.06.94 US

(41) Публикувана заявка в
бюлетин № 10 на 31.10.97
(45) Отпечатано на 31.05.2001
(46) Публикувано в бюлетин № 5
на 31.05.2001
(56) Информационни източници:

(62) Разделена заявка от рег. №

(73) Патентопритежател(и):
ABB ENVIRONMENTAL SYSTEMS
KNOXVELLE, TN (US)

(72) Изобретател(и):
Jonas S. Klingspor, Birmingham, AL
Even Bakke, Stanford, CT
Gerald E. Bresowar, Homewood, AL (US)

(74) Представител по индустриална
собственост:
Аспарух Михайлов Антонов, 1797 София,
жк "Младост" бл. 91, вх. 5, ап. 78

(86) № и дата на PCT заявка:
PCT/US95/07167, 07.06.95

(87) № и дата на PCT публикация:
WO95/33547, 14.12.95

# (54) МЕТОД ЗА МОКРО ГАЗООЧИСТВАНЕ С ЕДНОКРАТНО ПРЕМИНАВАНЕ В ОТВОРЕНА ВАРОВИКОВА ПРОТИВОТОКОВА СКРУБЕРНА КУЛА ЗА ПОНИЖАВАНЕ КОНЦЕНТРАЦИЯТА НА СЕРНИ ОКСИДИ В ДИМНИ ГАЗОВЕ

(57) Методът осигурява по-ефективно и по-икономично по отношение на капиталните и експлоатационни разходи очистване на отпадъчни газове след изгаряне от серни оксиди ($SO_x$)с водни варовикови суспензии. В еднопроходни отворени противотокови варовикови мокри газоочистващи кули скоростите на потока димен газ са значително увеличени, докато стойностите на отношението течност/газ и времето за престой в реакторния резервоар е намалено. Тези предимства се осигуряват и от капкоулавящ сепаратор с подобрена конструкция, ново разполагане и стъпка между дюзите и използването на хидроциклон, който сепарира и рециклира по-дребните частици варовик от получения като страничен продукт гипс. Варовикът във вид на много фини частици, например около и по-малки от 8 μ, като в повече от 99% от общото тегло се съдържат частици, по-дребни от 44 μ, се използва като скруберна суспензия, контактуваща със съдържащия $SO_x$ отпадъчен газ. Реактивната способност на скруберната суспензия, дори и при понижена стойност на pH, се поддържа чрез постоянно действащ хидроциклон за осигуряване на моларно съотношение на съдържащите калций към съдържащите сяра съставки, по-голямо от 1,3. Същевременно се запазва ниско съдържание на хлориди и на инертни твърди вещества. Хидроциклонът отстранява едрите частици калциев сулфат и осигурява рециркулационен поток от фин калциев карбонат и инертни твърди вещества, който се източва при необходимост, за да се поддържа желаното ниско съдържание на хлориди и на инертни твърди вещества.

23 претенции, 5 фигури

BG 63154 B1

# (54) МЕТОД ЗА МОКРО ГАЗООЧИСТВАНЕ С ЕДНОКРАТНО ПРЕМИНАВАНЕ В ОТВОРЕНА ВАРОВИКОВА ПРОТИВОТОКОВА СКРУБЕРНА КУЛА ЗА ПОНИЖАВАНЕ КОНЦЕНТРАЦИЯТА НА СЕРНИ ОКСИДИ В ДИМНИ ГАЗОВЕ

## Област на техниката

Изобретението се отнася до метод, който дава възможност за по-ефективно и по-икономично от гледна точка на капиталните и експлоатационните разходи отстраняване на серните оксиди ($SO_x$) от отпадъчните газове след изгаряне.

Изгарянето на съдържащи въглерод материали, съдържащи значителни количества сяра, в това число изкопаеми горива и отпадъци, е стриктно регламентирано от правителствата по целия свят. При изгарянето на тези материали свободните серни и кислородни радикали се свързват при повишени температури, като се получават различни серни оксиди, които се отнасят към група с общо обозначение $SO_x$. В много страни се прилагат мерки за намаляване количествата на изпусканите в атмосферата серни оксиди, за да се облекчат проблемите, свързани с киселинните дъждове.

Използват се множество стратегии за намаляване на изпусканите в атмосферата $SO_x$. Между тях са методите за пречистване на сярата от горивата преди изгарянето, методите за химическо свързване на сярата по време на изгарянето и методите за отстраняване на серните оксиди от отпадъчните флуиди след изгарянето. Сред методите за преработване на отпадъчни флуиди след изгаряне, за отстраняване на $SO_x$, са мокрото и сухото газоочистване. Технологията за мокро газоочистване е добре развита и ефективна, но се нуждае от едрогабаритно оборудване и разходите са високи.

Технологията за мокро газоочистване на отпадъчни флуиди след изгаряне за отстраняване на $SO_x$ предвижда възможност за контакт между газ и течност, който може да се осъществи в различни съоръжения. Сред най-известните са едно- и двупроходни оросителни противотокови кули и кули, съдържащи както секции с еднопосочно, така и с противоположно протичане на потоците.

С най-проста конструкция и действие са еднопроходните системи с отворена кула, при които се използва калциев карбонат, взаимодействащ със $SO_x$. Тези системи често са предпочитани, защото могат да работят с малък пад на налягането и имат по-ниска склонност към образуване на отлагания или запушване. В някои случаи обаче, предимствата от тяхната простота и надеждност, се губят от големите им размери. Например, поради отсъствието на корита или пълнеж, които подобряват контакта между отпадъчния поток и промиващата течност, обикновено височината на кулите е голяма и се използват много нива от оросителни дюзи, за да се осигури добър контакт.

При отворените оросителни кули възможността на промиващата течност да абсорбира $SO_x$ от газа зависи от наличността на алкалност в течността. Общоприето е, че най-ефективният в икономическо отношение източник на алкалност при системите за мокро газоочистване е калциевият карбонат. За съжаление, разтворимостта на калциевия карбонат обикновено намалява с увеличаване алкалността на промиващата течност. Кулите с пълнеж и корита подобряват абсорбирането, като задържат калциевия карбонат по-дълго в зоната на контакт газ-течност, осигурявайки по този начин механизъм за по-голямо разтваряне и, следователно за по-ефективно използване на промиващата течност. От друга страна, отворените оросителни кули, обикновено, се проектират сравнително по-високи, за да осигурят колкото е възможно по-дълго време за контакт, често с голям брой нива оросителни дюзи, за да се способства за най-ефективно въвеждане на промиващата течност в кулата.

Желателно е да се усъвършенства мокрото газоочистване в еднопроходни отворени кули с използване на калциев карбонат за преработване на съдържащи $SO_x$ отпадъчни флуиди след изгаряне, като се повиши ефективността и съответно икономичността на процеса, като същевременно се понижат изискванията към габаритните размери на кулата, подобри се използването на калциевия карбонат, поддържа се висока степен на надеждност, намали се разхода на енергия и се постигне висока производителност при значително намаляване процентното съдържание на $SO_x$.

Желателно е и да се усъвършенства мок-

рото газоочистване в еднопроходни отворени кули с използване на калциев карбонат за преработване на съдържащи $SO_x$ отпадъчни флуиди след изгаряне чрез повишаване реактивната способност на промиващата суспензия, без да се разчита на химически прибавки.

## Предшестващо състояние на техниката

Проектирането и експлоатацията на еднопроходни противотокови оросителни кули с използване на варовик е разгледано от Rader и Bakke в Incorporating Full-Scale Experience Into Advanced Limestone Wet FGD Designs, представен на IGCI Forum 91, 12 септември 1991 г., Вашингтон (бивш Industrial Gas Cleaning Institute, сега Institute of Clean Air Companies, Washington, DC). Отворените оросителни кули, т.е. такива, които нямат корита, пълнеж или други приспособления за увеличаване на контакта газ-течност, имат проста конструкция и осигуряват висока надеждност. Те са особено полезни в електростанциите с твърдо гориво, където отделянето на хлориди създава много проблеми, включително намалена реактивна способност на промиващия разтвор и силна корозия на вътрешните части на скрубера. Друг фактор, благоприятстващ използването на отворени оросителни кули, е свойствената им ниска загуба на налягане и в резултат възможността за спестяване от енергията за вентилатори.

Предлага се използване на разнообразни реагенти, но най-предпочитани са тези, които са ефективни, без високо съдържание на прибавки, които могат да се закупят на ниска цена и да се съхраняват и транспортират с минимум специални съоръжения. Калциевият карбонат, който може да се намери на пазара в много форми, включително варовик, е подходящ материал, защото той отговаря на тези критерии. Когато той се преработва правилно, от процеса се получават странични продукти, които могат лесно да се отстранят и използват като пълнеж при рекултивация или да се продадат като гипс.

При еднопроходните противотокови отворени оросителни газоочистващи кули от типа, разглеждан от Rader и Bakke, промиващата течност на основата на калциев карбонат тече в посока надолу, докато съдържащият $SO_x$ отпадъчен флуид преминава в посока нагоре. Те обобщават наложените с времето стойности за обхвата на изменение на параметрите, включително скоростта на абсорбиращия газ (от около 2 до близо 5 m/s), като отбелязват, че скоростта на абсорбиращия газ има слабо влияние върху отношението течност-газ (L/G), което е ключов фактор както за капиталните, така и за експлоатационните разходи. Височината на оросяваната зона на контакт при тези кули не е дадена, но характерните стойности са от порядъка от около 6 до около 15 m, като тя с течение на времето е наложена като важен фактор при проектирането на ефективна система, която да бъде в състояние, надеждно да отстрани поне 95 % от $SO_x$ от отпадъчните флуиди от изгаряне.

При конвенционалните кули от този тип съотношението между количествата на суспензията и газа (L/G) едва ли е единственият най-важен конструктивен параметър, както се твърди. Отношението L/G влияе върху разходите за изпомпване, стойността на резервоарите за съхранение и други експлоатационни и икономически фактори. Разходите за изпомпване на варовиковата суспензия нарастват пропорционално на височината на кулата. Би било желателно да се понижат и изискванията за стойността на отношението L/G и височината на отворените оросителни кули.

Серните оксиди $SO_x$, главно $SO_2$, се абсорбират от спускащата се надолу промиваща суспензия и се събират в реакторен резервоар, където се образуват твърд калциев сулфит и твърд калциев сулфат. Желателно е реакторът да се продухва с кислород, за да се засили образуването на сулфат. След като сулфатните кристали нараснат до един достатъчен размер, те се отделят от суспензията в реактора.

В работата на K. R. Hegemann et al., озаглавена The Bischoff Flue Gas Desulfurization Process и представена на EPA и EPRI, спонсорирани съвместно от First Combined FGD и Dry $SO_2$ Control Symposium, 25 - 28 октомври 1988 г., е представена една газоочистваща кула, съдържаща хидроциклонов контур, който разделя гипсовата суспензия от мокрия скрубер на поток от груби твърди частици и такъв от фини твърди частици, като последният се връща в скрубера. В US 5 215 672 Rodgers et al. е описан процес, който е подобен на този на

Hegemann et al. по това, че се използва хидроциклон като устройство за предварително отделяне на водата. Във втория случай след сепариране на поток от фини твърди фракции от такъв от груби такива, богат на гипс, водата като съставка на потока от сгъстените фини фракции се изхвърля заедно с поне част от отстраняваните фини фракции. Обаче, в никое от описанията на тези подходи не се посочва как използването на хидроциклон като устройство за предварително отделяне на водата може да се приложи за подобряване на ефективността на процеса като цяло, със съответстваща по-висока икономичност, като същевременно се намалят изискванията към габаритните размери на кулата, подобри се използваемостта на реагента, поддържа се висока степен на надеждност, намали се консумацията на енергия и се постигне висока производителност при значително намаляване на процентното съдържание на $SO_x$.

От предшестващото състояние на техниката също са известни и кули с пълнеж. Rader и Bakke изтъкват, че докато тези видове кули имат известни предимства от гледна точка на намаляване на експлоатационните разходи, те предполагат допълнителни рискове. Пълнежът или другите приспособления за смесване на газ и течност могат да се задръстят или да корозират, предизвиквайки нежелан байпас или падане на налягането, което да доведе до продължителни периоди на принудителен престой. Би било добре да имаме отворена кула, която да има предимствата на кулите с пълнеж, но да не се нуждае от пълнеж и да бъде по-малка от отворените кули с конвенционална конструкция.

Предишните работи не се отнасят пряко до мерките, необходими за такова усъвършенстване, чрез което в условията на еднопроходни отворени противотокови варовикови мокри скруберни кули за редуциране на $SO_x$ да се постигнат резултати, сравними с постигнатите в кули с пълнеж, но без използването на пълнежи и без проблемите, свързани с тях.

При еднопроходните противотокови отворени скруберни кули от типа, разглеждан от Rader и Bakke, една скруберна суспензия, съставена от калциев карбонат, калциев сулфат, калциев сулфит и други нереагиращи твърди вещества, тече надолу, докато съдържащият $SO_x$ отпадъчен газ се подава нагоре. $SO_x$, главно $SO_2$, се абсорбира от спускащата се скруберна суспензия и се събира в реакторен резервоар, където се образуват калциев сулфат и калциев сулфит. Желателно е реакторът да се продухва с кислород, за да засили получаването на сулфат от сулфита. След като сулфатните кристали нараснат до един достатъчен размер, те се отстраняват от реакторния резервоар и се сепарират от суспензията. Разтворимите онечиствания, напр. хлоридите, също се извличат. Тези газоочистващи кули са сравнително икономични за изграждане и експлоатация, но разходите и в двете области зависят от реактивната способност на промиващата суспензия. В действителност разходите се влияят отрицателно от високата концентрация на разтворени хлориди в скруберната суспензия, която подтиска реактивната способност на калциевия карбонат.

Известен е начин за понижаване съдържанието на хлориди в скруберната суспензия, при който се използва източващ поток. Характерно е, че източващият поток се взема от реакторния резервоар или от водата, възстановена от гипса, извличан при процеса.

Например, в US 3 995 006 Downs et al. се изтегля суспензия от абсорберен утайник, пропускат се през хидроциклонен сепаратор, за да се сепарира поток, богат на фини частици калциев сулфит от такъв, богат на сравнително по-едри частици калциев карбонат. След провеждане на второ сепариране на калциевия сулфит, се освобождава един сгъстен поток, съдържащ калциев сулфит. В повечето случаи освобождаването по този начин на голямо количество вода регулира натрупването на хлорид в системата. Освобождаването на големи количества вода обаче е нежелано както от икономическа, така и от екологична гледна точка.

В US 5 215 672 Rodgers et al. се описва процес, подобен на този на Downs et al. по това, че се използва хидроциклон за сепариране на нереагиралия калциев карбонат от калциевите соли, образувани при взаимодействието със $SO_x$, отмит от отпадъчния флуид. В този случай, след като се сепарира поток фини фракции от поток груби твърди вещества, богат на гипс, водата, като част от сгъстен поток от фини фракции, се изхвърля заедно с

поне част от отстраняваните фини фракции. Понеже източването по този начин е достатъчно за регулиране натрупването на хлорид в системата, ако се отстрани достатъчно вода, при тази схема ще се отстрани пропорционално голямо количество фини фракции. Rodgers et al. търсят начин да се освободят от фините фракции под форма на отпадъчен продукт. От описанието на настоящото изобретение обаче ще стане ясно, че чрез обръщане на тази стратегия, като се запази източването на част от водата за регулиране на хлоридите, може да се повиши реактивната способност на системата.

В една работа на Rosenberg и Koch, публикувана в 93rd Bimonthly Report of the Stack Gas Emissions Control Coordination Center Group през юли 1989 г., един хидроциклонов контур, инсталиран на установка за FGD (Flue Gas Desulfurization - десулфуриране на изгорели газове) в Холандия, подобно на този при Rodgers et al. сепарира гипсова суспензия от мокър скрубер на поток от груби твърди фракции и такъв от фини твърди фракции, като целият поток от фини твърди фракции се връща в скрубера. При този начин на работа източването не се взема от този поток и трябва да се вземе от друго място. Схемата на процеса на фиг. 2 в настоящата работа показва как потокът за източване се взема от вакуумен лентов филтър. Отстраняването на вода в тази точка на процеса би регулирало хлорида, но това в действителност става чрез отстраняване на по-големи количества вода, отколкото е необходимо, понеже така отстранената вода се разрежда с доливане на прясна вода, използвана за отмиване на гипса.

Предишните работи не се отнасят пряко до начините за подобряване на реактивната способност в условията на еднопроходни отворени противотокови варовикови мокри скруберни кули за редуциране съдържанието на $SO_x$.

## Техническа същност на изобретението

Задача на изобретението е да се предложи метод за мокро газоочистване на отпадъчни флуиди след изгаряне, по-специално от котелни пещи с твърдо гориво, за отстраняване на серните оксиди.

Задача на метода е и да се повиши скоростта на димния газ през еднопроходните отворени противотокови варовикови мокри скруберни кули, да се подобри действието им с цел намаляване времето за престой на гипсовите кристали в скрубера и да се създаде възможност за използване на хидроциклон за тяхното сепариране от по-дребните варовикови частици.

Хидроциклонът, използван съгласно метода има задачата да поддържа действието при високи стехиометрични отношения на калция и сярата, като същевременно благоприятства за по-пълното използване на калциевия карбонат.

Друга цел на метода е да се подобри ефективността на процеса в еднопроходните отворени противотокови варовикови мокри скруберни кули чрез постигане на ефективен контакт между газа и течността в скруберна зона с намалена височина, като се използва намален брой нива за оросяване.

Методът цели поддържане на висока реактивна способност на скруберната суспензия, подобряване използването на варовика и обезпечаване цялостно подобряване на ефективността на процеса.

Задачите съгласно изобретението се решават със създаването на метод за мокро газоочистване с еднократно преминаване в отворена варовикова противотокова скруберна кула за понижаване концентрацията на $SO_x$ в димни газове, включващ насочване на поток от димен газ, съдържащ $SO_x$ в посока отдолу нагоре през вертикална скруберна кула, въвеждане във вертикалната скруберна секция на споменатата кула под форма на спрей на водна суспензия с фино раздробен калциев карбонат, калциев сулфат и инертни твърди вещества, която да влезе в контакт с димния газ, в противоток на потока димен газ, събиране на суспензията в реакторен резервоар след контакта с димния газ, извеждане на суспензията от реакторния резервоар, подлагане на изведената от реакторния резервоар суспензия на обработка, в резултат на която се получават един поток за рециркулиране, богат на фини частици калциев карбонат и друг поток, богат на частици калциев сулфат, въвеждане в системата на свеж калциев карбонат като захранване в количества, достатъчни за да ком-

пенсират изведения и нерециклиран калций, както и този, който е разтворен и е реагирал със $SO_x$, абсорбирани в течната фаза в скруберната секция, при който съгласно изобретението димните газове, съдържащи $SO_x$ се въвеждат във вертикалната скруберна кула със скорост на потока по-голяма от около 4,5 m/s и по-голямата част от рециркулирания поток, богат на фино раздробен калциев карбонат се връща обратно в процеса.

Съгласно един вариант на изобретението се осигурява фино раздробеният калциев карбонат, въведен като захранване да има преобладаващ среден диаметър на частиците помалък от около 8 μ при въвеждането.

Съгласно друг вариант pH на суспензията при въвеждането ѝ в скруберната кула се поддържа в границите от около 5,0 до около 6,3. Обемната скорост на протичане през скруберната кула на потока димен газ достига до около 6 m/s при един от вариантите, по които се осъществява методът.

Съгласно изобретението кулата съдържа еднопроходен капкоотбиващ сепаратор, действащ за намаляване количеството на капчиците и за отклоняване посоката на потока димни газове и съдържа вертикално ориентиран мъглоуловител, като споменатият уловител действа за отклоняване посоката на потока димни газове поне на 30° спрямо вертикалната ос на кулата.

Изведената от реакторния резервоар суспензия съгласно друг вариант на метода се пропуска през хидроциклон, за да се получат един поток за рециркулиране, богат на фини частици калциев карбонат с преобладаващ среден диаметър около 6 μ или по-малък и молно отношение на съдържащите калций към съдържащите сяра съединения поне 1,3 и поток за изпускане, богат на сравнително по-големи частици калциев сулфат с преобладаващ среден диаметър от около 25 до около 55 μ.

Съгласно друг вариант суспензията се извежда от реакторния резервоар след средно времепребиваване не по-малко от 8 h.

При едно предпочитано изпълнение част от суспензията в рециркулационния поток се подава обратно в реакторния резервоар при моларно отношение на съдържащите калций към съдържащите сяра съставки поне 1,3 и концентрация на твърдите вещества по-малка от 10 %.

Моларното отношение на съдържащите калций към съдържащите сяра съединения в потока за рециклиране е по-голямо от около 1,4.

Потокът за рециклиране, съгласно вариант на метода съдържа по-малко от 5 % суспензирани твърди вещества.

По метода съгласно изобретението суспензията се въвежда чрез оросителни дюзи, разположени в две нива с разстояние между нивата по-малко от около 2 m и с редуваща се нагоре и надолу посока на изтичане от съседни дюзи.

Средният размер на частиците калциев карбонат в реакторния резервоар се поддържа в границите от около 2 до 6 μ и преобладаващият среден размер на частиците фино раздробен калциев карбонат при въвеждането му е по-малък от около 8 μ, като за 99 % от теглото на частиците е по-малък от 44 μ. pH на суспензията в реакторния резервоар е в границите от около 5,8 до около 6,3.

Съгласно един от вариантите на метода потокът от димни газове се въвежда във вертикалната скруберна кула със скорост по-голяма от около 4,5 m/s до около 6 m/s, връща се обратно в процеса в реакционния резервоар по-голямата част от рециркулирания поток, богат на фино раздробен калциев карбонат, като преобладаващият среден диаметър на въведените частици е по-малък от 10 μ. pH на суспензията в реакционния резервоар се поддържа в границите от около 5,0 до около 6,3. pH на суспензията при въвеждането ѝ в скруберната кула е в границите от около 5,8 до около 6,3.

По метода съгласно изобретението кулата съдържа еднопроходен капкоотбиващ сепаратор, действащ за намаляване количеството на капчиците влага и за отклоняване посоката на потока димни газове.

В кулата е разположен вертикално мъглоуловител и при което, посредством действието на споменатия капкоотбиващ сепаратор направлението на потока димни газове се отклонява поне на 30° от вертикалната ос на кулата.

В един предпочитан вариант на метода изведената от реакторния резервоар суспензия се пропуска през хидроциклон, за да се полу-

чат един поток за рециркулация, богат на частици калциев карбонат с преобладаващ среден диаметър 8 μ и по-малък и моларно отношение на съдържащите калций към съдържащите сяра съставки поне 1,3 и поток за изпускане, богат на сравнително по-големи частици калциев сулфат с преобладаващ среден диаметър от около 25 μ до около 55 μ.

Моларното съотношение на съдържащите калций към съдържащите сяра съединения е поне 1,3.

Моларното отношение на съдържащите калций към съдържащите сяра съединения в рециркулационния поток в един предпочитан вариант е около 1,4 и рециркулационният поток съдържа по-малко от 5 % суспендирани твърди вещества.

Съгласно вариант на изобретението калциевият карбонат се смила непосредствено преди да се подаде като захранване в суспензията, като се поддържат 99 % от частиците калциев карбонат да бъдат по-дребни от 44 μ, като преобладаващият среден размер на частиците калциев карбонат в реакторния резервоар се поддържа в границите от около 2 до около 6 μ и преобладаващият среден размер на частиците фино раздробен калциев карбонат при въвеждането му е по-малък от около 8 μ, като за 99 % тегл. от на частиците е по-малък от 44 μ.

Благоприятно е за всички противотокови отворени оросителни кули, кули с пълнеж или кули с корита, когато моларното отношение на съдържащите калций към съдържащите сяра съставки в твърдата фаза на скруберната суспензия е високо. Високите отношения осигуряват по-висока налична алкалност за отстраняването на $SO_x$, като по този начин подобряват абсорбционната способност на течността. Обаче, в описаните методи високо отношение не е икономично, защото ценни съставки, съдържащи калций, по-специално калциев карбонат, ще бъдат изхвърлени като отпадък при отстраняването на серните съставки чрез обезводняване на системата. Изобретението позволява да се работи със скруберна суспензия в оросителната кула, за която концентрацията на твърд калциев карбонат е много по-висока от икономически възможната при другите системи. Когато се прилагат предпочитаните условия за размера на частиците и контакта газ-течност, хидроциклонът спомага за повишаване относителната концентрация на наличния калций и алкалността в резервоара.

Методът позволява работа при стойности на pH, които също повишават реактивната способност. Предпочита се pH на суспензията в реакторния резервоар да бъде в границите от около 5,0 до около 6,3 и още по-добре в границите от около 5,8 до около 6,3.

Желателно е стойността на моларното отношение на съдържащите калций към съдържащите сяра съставки на регенерирания поток да се поддържа над 1,3, за предпочитане над около 1,4. Също се предпочита концентрацията на суспендираните твърди фази в рециркулационния поток да се поддържа по-малка от около 15 % и още по-добре по-малка от 5 %.

Предпочита се методът да включва определяне хлоридното съдържание на суспензията и изпускане на част от рециркулационния поток, когато стойността надвиши предварително определено максимално допустимо съдържание на хлорид.

Друг още по-предпочитан вариант е методът да включва определяне плътността на твърдите вещества в рециркулационния поток и изпускане на част от рециркулационния поток, когато плътността на твърдите вещества надвиши предварително определена контролна стойност. По този начин се регулира фракцията на нереагиращите твърди вещества.

Предимства на изобретението са подобрената ефективност на метода със съответна по-висока икономичност, подобреното използване на реактива, поддържането на висока надеждност, намаляване консумацията на енергия и постигане висока производителност с висока редукция на процентното съдържание на $SO_x$.

## Описание на приложените фигури

Изобретението е пояснено по-подробно на приложените фигури, от които:

фигура 1 представлява схема на предпочитано конструктивно решение на работеща по метода съгласно изобретението система, включваща еднопроходна отворена варовикова мокра скруберна кула;

фигура 2 - по-подробна схема на скруберна кула от вида, показан на фиг. 1;

фигура 3 - частичен вертикален разрез на блок от оросителни дюзи в две нива, показан на фиг. 2;

фигура 4 - план на оросителните дюзи в две нива в оросителна кула от вида, показан на фиг. 2;

фигура 5 - изглед в перспектива на капкоотбиващ сепаратор, показан в оросителните кули на фиг. 1 и 2.

## Примери за изпълнение на изобретението

Методът съгласно изобретението има предпочитано приложение при димни газове от котелни пещи за твърдо гориво и в някои отношения той е особено ефективен при производства с високо съдържание на хлориди, като пещи за изгаряне на отпадъци. Макар и предимствата му да са най-големи при тези видове производства, изобретението в никакъв случай не се ограничава до тях. Могат да се преработват отпадъчни газове след изгаряне на всички видове материали, съдържащи въглерод, включително природен газ, синтетичен газ, течни горива, битуми и остатъчни течни горива, битови и промишлени твърди или други горими отпадъци и подобни на тях.

В основата на предпочитаното конструктивно описание е решението от фиг. 1, което е производствена линия с еднопроходна отворена противотокова варовикова мокра скруберна кула за отстраняване на серни оксиди, главно $SO_2$ от отпадъчни газове след изгаряне.

Варовикът е предпочитаната форма на калциев карбонат, но при желание може да се замени с друга форма. Използваните като добавка към варовика други форми на калциев карбонат са мидени черупки, арагонит, калцит, креда, мрамор, маргел и травертин (бигор). Той може да бъде естествено добит или промишлено произведен. В това описание термините калциев карбонат и варовик се използват взаимозаменяемо.

Важно е да се отбележи, че почти всички достъпни форми на калциев карбонат в природата съдържат незначителни количества относително инертни материали, като свободен силициев диоксид, магнезиев карбонат или доломит, железни оксиди, двуалуминиев триоксид и др. По принцип, винаги е желателно за процеса на мокро газоочистване да се намерят много чисти форми на варовик, но на практика винаги присъстват някакви онечиствания, които формират нереагиращата твърда фракция в процеса на мокро газоочистване. Друг източник на нереагиращи твърди вещества в процеса е летящата пепел, която не е уловена от колектора на частици 10 и постъпва в скрубера 100.

Варовикът е фино раздробен, за предпочитане чрез смилане, както е описано подолу, за да се постигне преобладаващ среден диаметър около 10 μ или по-малък, като за 99 % е под 44 μ. Това е изключително фино смилане за мокро газоочистване в отворена кула с противотоково преминаване на варовиковата суспензия. По-типичният размер на смилане при известните досега методи е преобладаващ среден диаметър 15 μ или по-малък, като за не повече от 95 % от частиците е по-малък от 44 μ. Като още една разлика с предишните методи е установено, че при предпочитания в изобретението размер на смилане, ще се получат частици с преобладаващ среден размер по-малък от около 8 μ, като за над 99 % (напр. 99,5 %) от теглото на частиците ще е по-малък от 44 μ. Използването на смилане до предпочитания размер има няколко предимства.

Предпочитаната схема на фиг. 1 показва един отпадъчен газов поток, например от промишлена или битова котелна пещ с твърдо гориво, който постъпва в подходящо устройство 10 за отстраняване на частици, като електростатичен утаител или платнен филтър, което отстранява увлечените твърди частици до задоволителна за практиката степен. След това пречистеният димен газ се пропуска през газоход 20 в кулата за мокро газоочистване 100, където той протича нагоре, противотоково на една водна суспензия, която съдържа фино раздробен варовик и се изпуска във вертикалната скруберна секция 110 чрез оросителни дюзи, разположени на две нива. След скруберната секция 110 газът продължава през изпускателен газоход 120. Колоната е оформена да насочва потокът от димен газ нагоре през вертикалната скруберна секция. Скруберната суспензия, която пада през вертикалната скруберна секция 110, се събира в реакторен резервоар 130. Предпочита се реакторният резервоар 130 да има размери, подходящи да позволят взаимодействието на $SO_2$ с калцие-

вия карбонат до образуване на гипсови кристали, които имат преобладаващ среден диаметър поне 2, за предпочитане 5 до 10, пъти по-голям от този на частиците калциев карбонат, подадени при захранването.

Поддържането на тази разлика в размера на частиците улеснява предпочитаното решение, което изисква извличане на поток суспензия от реакторния резервоар, за предпочитане след време за престой средно около 6 h, концентриране на потока по отношение на калциевия карбонат (във вид на фини частици, за предпочитане с преобладаващ среден диаметър по-малък от около 6 μ) и отстраняване на гипса.

Вертикалната скруберна секция съдържа един блок от оросителни приспособления, разположен във вътрешността й. Блокът е оформен за въвеждане под форма на спрей на водна суспензия от фино раздробен калциев карбонат, която се спуска през кулата противотоково на преминаването на димния газ. Фигурата показва набор от оросителни дюзи, който, както е показано, включва две нива 112 и 112' от дюзи. Всяка от дюзите 114 (вж. фиг. 2) се захранва със суспензия от питател 116, 116' или 116". Характерно е наборът да включва и трето ниво, за да се даде възможност две нива да работят, ако едно е спряно за ремонт или почистване.

Предпочитаното разположение на дюзите е с разстояние между нивата от 1 до по-малко от около 2 m и с редуваща се нагоре и надолу посока на изтичане от съседни дюзи в дадено ниво. Предпочитаните конструктивни решения на изобретението намаляват разстоянието между дюзите, намаляват броя на едновременно действащите нива (за предпочитане до 2) и увеличават скоростта на протичане на газа нагоре през вертикалната скруберна секция. Предпочитаната схема на впръскване на суспензията под форма на спрей и едновременното преминаване нагоре през кулата на отпадъчен газ е показана на фиг. 3.

Предпочитаният вид на дюзата е центробежна дюза, която образува спрей с ъгъл α в граници от около 90 до около 140°, за предпочитане около 120°. Подходяща дюза е Whirljet 1130 l/min, която може да се набави от Spraying System Co., Wheaton, Illinois. Препоръчително е размерите на капчиците да бъдат в границите от около 100 до около 6000 μ, най-добре около 2000 μ Sauter среден диаметър, измерен с Malvern Particle Analyzer.

Всеки от питателите 116 е ориентиран под ъгъл спрямо питателя в съседната по-горна или по-долна решетка. Предпочитаният ъгъл е 90° когато се използват две или три решетки.

Предимство на изобретението е, че времето за престой в реакторния резервоар е намалено от обикновено използваната в промишлеността стойност от около 15 h и повече, на по-малко от 8 h и по-точно около 6 h. За това спомагат подобрената скорост на разтваряне на частиците фин калциев карбонат и сравнително високата скорост на утаяване на калциевия сулфат за образуване на гипсови частици. Реактивните свойства на суспензията са подобрени от сепарирането на калциевия сулфат от калциевия карбонат в суспензията и рециклирането на калциевия карбонат в суспензията във вид на много фини частици, които бързо се разтварят в реакторния резервоар. Намаляването на времето за престой в реакторния резервоар има положително влияние върху цялостната ефективност на процеса, както и редица предимства по отношение на облекчаване процеса, размери на оборудването и качество на получения като страничен продукт гипс.

Скоростите на димния газ, движещ се през вертикалната скруберна секция 110, са над 4,5 и за предпочитане до около 6 m/s. Това са високи скорости в условията на еднопроходни отворени мокри варовикови скруберни кули и се използват в изобретението, за предпочитане в комбинация с други новаторски подходи за подобряване на цялостната ефективност на метода. Предпочитаните скруберни кули от изобретението дават възможност за преработка на димни газове с практически ниски падове на налягането и по-ниски съответни количества на водната суспензия, т.е. по-ниски отношения L/G.

Серните оксиди в отпадъчния газ се абсорбират във водната фаза на суспензията, като образуват бисулфит и водородни йони. Някои бисулфити се окисляват до сулфати, като освобождават още повече водородни йони. Когато капчиците се наситят с водородни йони, калциевият карбонат започва да се раз-

тваря с нарастваща скорост, като по този начин се образуват калциеви йони и бикарбонат. Фино пулверизираният калциев карбонат много ефективно абсорбира водородните йони, подобрявайки така абсорбционната способност на водната фаза в зоната на оросяване на кулата. Използваните според предпочитаните конструктивни решения високи скорости и предпочитаната схема на оросяване допринасят за поддържане на капчиците от суспендирани до степен на флуидизиране, за постигане на по-добър контакт.

Фиг. 1 показва как варовикът се раздробява в мелница 170, класифицира се в циклон 172, улавя се от ръкав 174 и се дозира посредством въздушен затвор 176 в нагнетения въздушен поток в тръба 178. Като се пулверизира, непосредствено преди въвеждане в скрубера, варовикът, който се въвежда в реакторния резервоар за попълване на калциевия карбонат, може да се направи в точно определени граници за размерите на частиците, като се избегнат частици по-едри от 44 μ. В действителност това е напълно възможно и рутинно се постига чрез сухо пулверизиране на частици калциев карбонат с преобладаващ среден размер по-малък от около 8 и за 99% или по-вече, по-малък от 44 μ. Изключването на едрите частици от въвеждания в реакторния резервоар варовик е основна особеност, която дава възможност реакторният резервоар съгласно изобретението да се изработи значително по-малък от тези, които се използват понастоящем в познатите скрубери.

Въздухът в тръба 178 подпомага доставянето на кислород за окисляването на сулфита и бисулфитните йони до сулфатни йони. Препоръчва се резервоарът да се разбърква с познати приспособления, непоказани на фигурата.

От другата страна на системата, както е показано на фиг. 1, от реакторния резервоар 130 се извлича суспензия за концентриране на взаимодействащия калциев карбонат за рециклиране и за намаляване съдържанието на твърди вещества, главно чрез отстраняване на гипса. На фиг. 1 е показано как през тръба 183 се извлича суспензия от реакторния резервоар 130 и се пропуска през хидроциклон 181. Хидроциклонът е особено ефективен за работата на изобретението, защото той може бързо и резултатно да сепарира много финитe варовикови частици от по-едрите частици калциев сулфат. Частиците калциев сулфат са, за предпочитане, с преобладаващ среден диаметър от около 25 до около 55 μ. Сепарирането на подребните варовикови частици обезпечава един рециркулационен поток 184, богат на калциев карбонат и поток за изпускане 186, богат на калциев сулфат. Препоръчва се преобладаващият среден размер на частиците калциев карбонат в реакторния резервоар, и следователно в рециркулационния поток 184, да бъде в границите от около 2 до около 6 μ.

Фиг. 1 показва предпочитаната форма на изобретението, в която рециркулационният поток се концентрира по отношение на калциевия карбонат и полезната за процеса вода в хидроциклон 181. Предпочита се частиците калциев карбонат да имат преобладаващ среден диаметър в границите от 2 до около 6 μ. Частиците сулфат трябва да имат преобладаващ среден диаметър в границите от около 25 до около 55 μ.

Реакторният резервоар 130 е разположен под блока от оросителни приспособления, за да събира суспензията след периода на контакт с димния газ във вертикалната скруберна секция 110. Реакторният резервоар 130 има размери, които позволяват взаимодействието на $SO_2$ с калциевия карбонат за образуване на гипсови кристали с преобладаващ среден диаметър поне 2, а за предпочитане от 5 до 10 пъти по-голям от този на частиците калциев карбонат, подаден първоначално.

Благодарение на разликата в размерите на частиците калциев карбонат и гипс и на приспособленията, използвани за сепариране на гипса и концентриране на калциевия карбонат, както ще бъде подробно обяснено, концентрирането на твърдата фракция от калциев карбонат може да се повиши с около 20 до около 50% в сравнение със степените на концентриране, постигнати с познатите противотокови конструкции. Още едно предимство на изобретението е, че суспензията има по-високо стехиометрично отношение на съдържащите калций към съдържащите сяра съставки в сравнение с известните системи, като характерната стойност е най-малко 1,3 и за предпочитане около и над 1,4. Тази система включва поне една помпа 182 и свързан тръбопровод 183 за

извличане на суспензия от реакторния резервоар и довеждане на суспензия до хидроциклона.

Серните оксиди в отпадъчния газ се абсорбират във водната фаза на суспензията във вертикалната скруберна секция 110 и взаимодействат с наличните алкални съставки под формата на хидроксидни йони до образуването на бисулфит, който може да се окисли частично в скруберната секция 110 и почти напълно да се окисли в реакторния резервоар 130 до получаване на сулфат. Алкалността по принцип се добива от разтварянето на калциевия карбонат, като се получава бикарбонат и хидроксидни йони, което протича както в скруберната секция 110, така и в реакторния резервоар 130. Както е прието в съществуващата практика, за осигуряване на достатъчно взаимодействие, се предпочита използването на кислородна дюза, макар че известно количество кислород се получава и от самия димен газ в скруберната секция 110. Реакцията в известна степен протича в падащите капчици, но се извършва главно в реакторния резервоар 130, където се събира суспензията. Една от новите и подобрени характеристики на изобретението е, че времето за престой в реакторния резервоар се намалява от типичната производствена стойност от около 15 h до около 6 h. Намаляването на времето за престой в реакторния резервоар има редица предимства от гледна точка на облекчаване на процеса, размери на оборудването и качество на получавания като страничен продукт гипс.

Предпочитаният pH в реакторния резервоар 130 е в границите от около 5,0 до около 6,3, най-вече от около 5,8 до около 6,3. По-високият pH показва по-висока налична алкалност в течността на суспензията и съответстваща по-висока способност на течността да абсорбира $SO_2$. Предимство на изобретението е, че е възможно постигане на по-висока алкалност, понеже калциевият карбонат се доставя във вид на фини частици и се рециклира, както ще бъде обяснено по-нататък, също във вид на фини частици. В системите от предишните работи е характерно използването на нисък pH за повишаване скоростта на взаимодействие на калциевия карбонат, но това обикновено понижава абсорбцията на $SO_2$ в скруберната секция поради понижената налична алкалност. Малкият размер на частиците в настоящото изобретение предполага повишена алкална ефективност, дори и при по-висок от желания pH, като по този начин се компенсира до голяма степен влиянието на ниския pH върху газоочистващата способност на суспензията.

Към реакторния резервоар 130 и блока от оросителни приспособления, разположен във вертикалната скруберна секция 110, е присъединено устройство за подаване на оросителна суспензия, което включва поне една помпа 122 и свързващ тръбопровод 124 за извличане на суспензия от реакторния резервоар 110 и довеждането ѝ до блока от оросителни приспособления, разположен в скруберната секция.

На фиг. 1 е показано как фино раздробеният в мелница 170 варовик се класифицира в циклон 172, улавя се в ръкав 174 и се дозира през въздушен затвор 176 в поток от сгъстен въздух в тръба 178 и на свой ред се вдухва директно в скрубера 100 или в газопровода 20 непосредствено преди скрубера. Друг начин е варовикът от ръкава 174 да се смеси в резервоар и да се изпомпа в реакторния резервоар 130. Когато варовикът се пулверизира в или близо до мястото на вдухване, размерът на пулверизирания материал може стриктно да се контролира. Размерът на частиците е от особено значение за изобретението. Предпочита се преобладаващият среден размер на частиците калциев карбонат за допълване да бъде около 8 μ и по-малък, като за 99% и повече от частиците е по-малък от 44 μ, както е при захранването за компенсиране загубите на калциев карбонат от взаимодействие със $SO_x$ и за получаването на страничния продукт гипс и разтворими хлориди, което ще бъде обяснено по-нататък.

Въздухът в тръба 178 подпомага доставянето на кислород за окисляването на калциевия сулфит до калциев сулфат. Предпочита се резервоарът да се разбърква с конвенционално приспособление, което не е показано на фигурата.

Към реакторния резервоар 130 също е свързана една система за поддържане качеството на суспензията, като цяло означена със 180. За поддържане на висока реактивна способност на системата, калциевият карбонат се доставя във вид на фино раздробени частици,

kakто беше описано, и се използва хидроциклон 181 за отделяне на част от суспензията в реакторния резервоар 130, с цел както за концентриране на частиците калциев карбонат за рециклиране, така и за освобождаване на гипс. Хидроциклонът 181 сепарира суспензията от реакторния резервоар на рециркулационен поток 184, богат на дребни частици калциев карбонат и нереагиращи твърди вещества и друг, който съдържа болшинството сравнително по-едри частици калциев сулфат. Предпочитаният размер на частиците калциев карбонат и нереагиращи твърди вещества трябва да бъде с преобладаващ среден диаметър в границите от около 1 до около 8 μ, за предпочитане от около 2 до около 6 μ. Частиците калциев сулфат трябва да имат преобладаващ среден диаметър в границите от около 25 до около 55 μ. Предпочитаните средни диаметри на частиците калциев сулфат трябва да бъдат поне 2, а още по-добре от 5 до 10 пъти по-големи от тези на калциевия карбонат. Тази система включва поне една помпа 182 и свързан тръбопровод 183 за извличане на суспензия от реакторния резервоар и довеждане на суспензията в хидроциклона.

Показан е рециркулационен тръбопровод 184, който води от хидроциклона 181 към реакторния резервоар 130 и пренася от хидроциклона поток за рециклиране, богат на калциев карбонат. Важна отличителна черта на системата е източването на част от рециклирания преливен продукт, главно от рециркулационния поток 184. Изпускателен тръбопровод 185, свързан с рециркулационния тръбопровод 184, е пригоден за отстраняване на част от рециркулационния поток от рециркулационния тръбовод. Предпочита се осигуряването на уред за следене съдържанието на хлорид н суспензията в тръбопровод 183 или другаде и за контролиране количеството на изпусканата от тръбопровод 185 суспензия за регулиране съдържанието на хлорид в суспензията в приемливи граници, т.е. приблизително под 30 000 mg/l и за предпочитане под 20 000 mg/l. Повисоките съдържания на хлорид допринасят за забавяне разтварянето на калциевия карбонат и за понижаване на наличната алкалност в скруберната суспензия. Потокът 185 има най-високата концентрация на хлориди, равна на концентрацията в реакторния резервоар и следователно е най-добрият източник за пречистване на системата от хлорид.

Може също да се случи, че нереагиращите твърди вещества в реакторния резервоар 130, постъпили в системата заедно с калциевия карбонат или увлечени от газовия поток 20 и които са съставени от относително малки частици с преобладаващ среден размер в границите от около 4 до 12 μ, да имат склонност към натрупване предимно в рециркулационния поток 184, като тяхната концентрация нараства в реакторния резервоар 130. Следенето на тези нереагиращи твърди вещества в циркулационния поток може да се извърши чрез химически метод (т.е. анализ за характерна съставка, напр. кварц, желязо и др.) или чрез физически метод (т.е. анализ на разпределението на частиците, анализ на концентрацията на цялото твърдо вещество) или чрез някакъв друг подходящ метод. Характерна особеност на изобретението е настройването на източвания поток 185 така, че да се регулират или хлоридите, както е описано по-горе, или концентрацията на нереагиращи твърди вещества в реакторния резервоар, или едновременно да се регулират и двете. Предпочитаният начин за регулиране е чрез настройване скоростта на струята 185 в посока към увеличаване или намаляване, както се изисква за вместване в най-строгите ограничения както на хлоридите, така и на нереагиращите твърди вещества. Желателно е да се поддържа съдържанието на нереагиращите твърди вещества в общия случай под около 20% от теглото и за предпочитане под 15% от цялата твърда фаза в реакторния резервоар 130.

Така отстранените от реакторния резервоар твърди вещества посредством тръбопровод 185 могат да се отделят с източвания поток, да се сепарират от течността или да се обработят по някакъв друг начин и да се пригодят за изхвърляне или за други цели. Източваната течност също може да се обработи по някакъв начин, за да стане потокът удобен за изхвърляне или някакво друго приложение. Това изобретение няма намерение по никакъв начин да ограничи възможностите за разпореждане с източвания поток 185, а по-скоро да потвърди, че има редица методи за преработване на потока, сепарирането му на фракции, рециклирането на целия поток или на част от

него и т.н. Тези методи и устройства за преработване на източвания поток 185 са извън обхвата на защита на настоящото изобретение.

Има и един тръбопровод 186 за регенериране на суспензията от калциев сулфат, който води от хидроциклона и отстранява суспензията от калциев сулфат от хидроциклона, където калциевият сулфат присъства като частици с размер, по-голям от този на частиците калциев карбонат.

Фиг. 1 показва предпочитаната форма на изобретението, където рециркулационният поток 184 се подава обратно за захранване в реакторния резервоар 130. Предимство на изобретението, когато се работи по този начин, е възможността в значителна степен да се увеличи наличната алкалност в течните капчици, които контактуват със съдържащия $SO_x$ отпадъчен газ. Като се използва рециркулационен поток директно от хидроциклона, в която точка той е силно обогатен с много фини частици калциев карбонат, с висок pH и с високо стехиометрично отношение на калция към сярата, е възможно богатият на серни оксиди отпадъчен газ да се преработва за много кратко време на контакт.

За предпочитане е стехиометричното отношение на съдържащите калций към съдържащите сяра съставки в рециркулационния поток 184 да бъде в границите от около 1,2 до около 2,0, за предпочитане от около 1,3 до около 1,4. Концентрацията на суспендирани твърди вещества в рециркулационния поток обикновено е в границите от около 1 до около 10% от теглото, по-характерно от около 2 до около 6%. Сепарирането на по-голяма част калциев сулфат от варовика в хидроциклон 182, както и повишаването на споменатото стехиометрично отношение и наличната алкалност, също води до намаляване съдържанието на твърди вещества в суспензията.

Предимство на изобретението е и, че реакторният резервоар има високо стехиометрично отношение на съдържащите калций към съдържащите сяра съставки, напр. от порядъка на от около 1,1 до около 1,6, за предпочитане от около 1,2 до около 1,3. Когато това предимство се съчетае с друга характерна особеност, че калциевият карбонат присъства във вид на много дребни частици, става възможно да се постигне по-добра цялостна ефективност на процеса с икономично оразмеряване на оборудването и използване на суровините.

Предпочитаното съдържание на твърдо вещество в потока 183, който излиза от реакторния резервоар, е предимно в границите от около 10 до 20%, за предпочитане от около 13 до около 17%. Съдържанието на твърдо вещество в потока 186 е, за предпочитане, в границите от около 30 до около 55%. Потокът 186 се подава във филтър 188 или друго подходящо устройство за обезводняване на суспензията. Твърдият гипс е с високо качество и може да се използва като строителен материал. Филтратът изтича през тръбопровод 189 и може да се рециклира в реакторния резервоар 130 или някаква част от него може да се източи. Предимство на изобретението е, че няма нужда този поток да се изпуска за регулиране образуването на хлорид в системата.

Отпадъчният скруберен газ е в значителна степен освободен от увлечени капчици течност и посоката му се отклонява от капкоотбиващ сепаратор 140 (вж фиг. 2). При високите скорости, които изобретението позволява, ако не се вземат мерки може да възникнат проблеми с образуване на кора по покрива 102 на кулата и по мъглоуловителите с конвенционална конструкция. Използването на поефективен мъглоуловител вместо капкоотбиващия сепаратор 140 не е възможно, тъй като при работа с обемни скорости от 4,5 до 6 m/s практически не съществува високоефективен мъглоуловител и промишлените съоръжения, които могат да се специфицират за това място, се отцеждат зле и се наводняват, като по този начин увеличават склонността към запушване и ненадеждност. Капкоотбиващият сепаратор 140 е конструиран за специфичните цели на това изобретение.

Капкоотбиващият сепаратор 140 отстранява значително количество от увлечената влага и отклонява посоката на потока димни газове поне на 30° спрямо вертикалната ос на кулата, като също прави по-равномерен профил на разпределение на скоростта във вертикалния мъглоуловител 150. В предпочитания си вид болшинството капчици, които имат диаметър по-малък от около 1000 се елиминират или като изходната от отпадъчния газ, или като се слеят до образуване на по-големи капчици, които могат лесно да се отстранят чрез

разположена по пътя на потока мъглоуловител.

След капкоотбиващия сепаратор 140 следва вертикален мъглоуловител, показан на фигурата като 150. Посоката на масата отпадъчен газ се променя от вертикална до почти хоризонтална от капкоотбиващия сепаратор 140. Това има няколко предимства, включително намаляване на стълкновението на суспензията с покрива 102 на скруберната кула, като се предотвратява образуване на отлагания, които имат склонност с времето да нарастват до такава степен, че да се отчупват на големи парчета, често с диаметър 1 m и повече и да повреждат питателите или да пропадат в реакторния резервоар 130, като в крайна сметка причиняват запушване на оросителните дюзи в 112 и 112'. Важно е още, че това позволява високоефективно улавяне на влагата в основно хоризонтален поток от вертикален мъглоуловител 150. Високоефективният мъглоуловител за хоризонтален поток 150 има добро отцеждане, като по този начин позволява да се работи с по-високи скорости в сравнение с подобния по конструкция мъглоуловител за вертикален поток. Той също постига превъзходно отстраняване на влагата в хоризонтално насочен поток. Високата степен на улавяне на влагата е важна характерна черта на изобретението, макар че не е задължително уникална, тъй като мъглоуловители за хоризонтален поток общоприето се използват в системите FGD и други производства, където се изисква високоефективно улавяне на влагата. Предимство на изобретението е и комбинацията от капкоотбиващ сепаратор 140 и високоефективен мъглоуловител 150, която гарантира най-добро улавяне на влагата, като осигурява относително равномерен профил на скоростта в мъглоуловителя и като слива болшинството подребни капчици в по-едри в капкоотбиващия сепаратор преди окончателното отстраняване на влагата във високоефективния въглоуловител.

Фиг. 5 показва една предпочитана форма на подобрен капкоотбиващ сепаратор 140, който може ефективно да отстрани или да слее болшинството по-дребни капчици (т.е. по-малки от диаметър 100 μ) и да отклони посоката на вертикалния поток от горните повърхности на кулата. Капкоотбиващият сепаратор 140, показан на фиг. 2 е ориентиран под ъгъл γ спрямо хоризонталата в скруберната кула 100. Този ъгъл за предпочитане е в интервала от около 10° до около 45°, например около 20°.

В сепаратора 140 се използват еднопроходни сепараторни пластини 142 за събиране на капчиците при сблъскване с тях и за отклоняване на газа в посока, която е най-подходяща за по-нататъшно улавяне на влагата. Отделните пластини 142 са ориентирани под ъгъл δ спрямо долната повърхност на монтажните възли 144, 144', 144" и т.н., съставени от пластините 142. Характерната за пластина от този вид форма е паралелепипед с широчина от около 0,15 до около 0,23 m и дължина от около 0,6 до около 1,5 m. Разстоянието между отделните пластини обикновено е от около 40 до около 70% от широчината на отделните пластини. Препоръчва се ъгълът δ да бъде в границите от около 20° до около 40°, като точната стойност зависи от ъгъла γ и степента на желаната промяна в посоката на протичане на отпадъчния газов поток.

Възлите 144 са конструирани и ориентирани така, че да способстват за отлично отцеждане. Отделните възли са шевронно подредени, както е показано на фигурата. Възлите 144, за предпочитане, са ориентирани един спрямо друг под ъгъл θ, който обикновено е в границите от около 125° до около 145° и, за предпочитане, е около 140°. Конструкцията на капкоотбиващия сепаратор се носи от елементите 146, които преминават по дължината на всеки възел. Възможни са други начини за разполагане на носещите конструкции.

Конструкцията на капкоотбиващия сепаратор 140 дава възможност за директно контактно обмиване на пластините чрез питателни тръби 147 с монтирани дюзи, като оросителните дюзи 148 могат да разпръскват вода за обмиване директно върху пластините както отгоре, така и отдолу. Обикновено обмиването се осъществява чрез едновременното или последователно действие на обмиващите дюзи. Обмиващата вода е със задоволително качество и се използва в достатъчно количество, за да се намали концентрацията на наситени разтворени соли върху повърхностите на сепаратора. Използването на висококачествена вода и честото обмиване, заедно с доброто отцеждане, обезпечено от шевронното разполагане

на възлите 144, позволяват да се работи практически без образуване на отлагания.

Характерна черта на изобретението е, че не е необходимо ефективността на сепариране на първия капкоотбиващ сепаратор 140 да бъде толкова висока, колкото тази на многопроходните сепаратори, използвани в предишните работи, понеже възможността за отклоняване посоката на потока от вертикална в хоризонтална позволява да се използва високоефективен вертикално разположен мъглоуловител 150. Така че дори и ефективността на отстраняване чрез увличане да е по-ниска, отколкото би била желателна за мокри скруберни кули, капкоотбиващият сепаратор причинява много нисък пад на налягането, напр. по-малък от около 4 mm воден стълб, и има други предимства по отношение възможността за почистването, отцеждането, високите обемни скорости на газа и отклоняването посоката на газовия поток от повърхността на горната стена на кулата към високоефективния вертикален мъглоуловител 150. Предпочита се мъглоуловителят 150 да бъде от отражателен тип, например със зигзаговидни отражатели.

След това очистеният и обезводнен отпадъчен газ може да се изпусне в атмосферата, напр. чрез комин 160. В едно от алтернативмните решения обезводненият отпадъчен газ се загрява във вертикален газов топлообменник, както е описано в US 08/257, 158.

Съчетаният ефект от изобретението е създаването възможност за конструиране на еднопроходна отворена оросителна кула за мокро газоочистване, която е с тегло два пъти помалко от това на използваните понастоящем отворени оросителни кули. Тази разлика в размерите, съчетана с подобрената способност на суспензията за абсорбиране на $SO_x$, се проявява в подобряване на пълната ефективност на метода приблизително с 30% или повече в сравнение с конвенционалните системи. Пълната ефективност на метода се измерва със стойността на всички разходи, изразходвани за отстраняване на единица $SO_x$ от необработения газ. Тук са включени както капитални, така и експлоатационни разходи.

## Патентни претенции

1. Метод за мокро газоочистване с еднократно преминаване в отворена варовикова противотокова скруберна кула за понижаване концентрацията на $SO_x$ в димни газове, включващ насочване на поток от димен газ, съдържащ $SO_x$ в посока отдолу нагоре през вертикална скруберна кула, въвеждане във вертикална скруберна секция на споменатата кула под форма на спрей на водна суспензия с фино раздробен калциев карбонат, калциев сулфат и инертни твърди вещества, която да влезе в контакт с димния газ, в противоток на потока димен газ, събиране на суспензията в реакторен резервоар след контакта с димния газ, извеждане на суспензията от реакторния резервоар, подлагане на изведената от реакторния резервоар суспензия на обработка, в резултат на която се получават един поток за рециркулиране, богат на фини частици калциев карбонат и друг поток, богат на частици калциев сулфат, въвеждане в системата на свеж калциев карбонат като захранване в количества, достатъчни за да компенсират изведения и нерециркулиран калций, както и този, който е разтворен и е реагирал със $SO_x$, абсорбирани в течната фаза в скруберната секция, характеризиращ се с това, че димните газове, съдържащи $SO_x$ се въвеждат във вертикалната скруберна кула със скорост на потока по-голяма от приблизително 4,5 m/s и че по-голямата част от рециркулирания поток, богат на фино раздробен калциев карбонат, се връща обратно в процеса.

2. Метод съгласно претенция 1, характеризиращ се с това, че фино раздробеният калциев карбонат, въведен като захранване, трябва да има преобладаващ среден размер на частиците по-малък от около 8 μ при въвеждането.

3. Метод съгласно претенция 1, характеризиращ се с това, че pH на суспензията при въвеждането ѝ в скруберната кула се поддържа в границите приблизително от 5,0 до 6,3.

4. Метод съгласно претенция 1, характеризиращ се с това, че обемната скорост на протичане през скруберната кула на потока димен газ достига до около 6 m/s.

5. Метод съгласно претенция 1, характеризиращ се с това, че кулата съдържа еднопроходен капкоотбиващ сепаратор, действащ за намаляване количеството на капчиците и за отклоняване посоката на потока димни газове.

6. Метод съгласно претенция 5, характеризиращ се с това, че кулата включва след сепаратора вертикално ориентиран мъглоуловител и споменатият уловител действа за отклоняване посоката на потока димни газове поне на 30° спрямо вертикалната ос на кулата.

7. Метод съгласно претенция 1, характеризиращ се с това, че изведената от реакторния резервоар суспензия се пропуска през хидроциклон, за да се получат един поток за рециркулиране, богат на фини частици калциев карбонат с преобладаващ среден диаметър около 6 μ или по-малък и моларно отношение на съдържащите калций към съдържащите сяра съединения поне 1,3 и поток за изпускане, богат на сравнително по-големи частици калциев сулфат с преобладаващ среден диаметър приблизително от 25 до 55 μ.

8. Метод съгласно претенция 1, характеризиращ се с това, че суспензията се извежда от реакторния резервоар след средно времепребиваване не по-малко от 8 h.

9. Метод съгласно претенция 1, характеризиращ се с това, че поне част от суспензията в рециркулационния поток се подава обратно в реакторния резервоар при моларно отношение на съдържащите калций към съдържащите сяра съставки поне 1,3 и концентрация на твърдите вещества по-малка от 10%

10. Метод съгласно претенция 9, характеризиращ се с това, че моларното отношение на съдържащите калций към съдържащите сяра съединения в потока за рециклиране е поголямо от около 1,4.

11. Метод съгласно претенция 9, характеризиращ се с това, че потокът за рециклиране съдържа по-малко от 5% суспендирани твърди вещества.

12. Метод съгласно претенция 1, характеризиращ се с това, че суспензията се въвежда чрез оросителни дюзи, разположени в две нива с разстояние между нивата по-малко от около 2 m и с редуваща се нагоре и надолу посока на изтичане от съседни дюзи.

13. Метод съгласно претенция 1, характеризиращ се с това, че средният размер на частиците калциев карбонат в реакторния резервоар се поддържа в границите от около 2 до около 6 μ и преобладаващият среден размер на частиците фино раздробен калциев карбонат при въвеждането му е по-малък от около 8 μ, като за 99% от теглото на частиците е по-малък от 44 μ.

14. Метод съгласно претенция 1, характеризиращ се с това, че pH на суспензията в реакторния резервоар е в границите от около 5,8 до около 6,3.

15. Метод съгласно претенция 1, характеризиращ се с това, че потокът от димни газове се въвежда във вертикалната скруберна кула със скорост по-голяма от около 4,5 m/s до около 6 m/s, и по-голямата част от рециркулирания поток, богат на фино раздробен калциев карбонат се връща обратно в процеса в реакционния резервоар като преобладаващият среден диаметър на въведените частици е по-малък от 10 μ.

16. Метод съгласно претенция 15, характеризиращ се с това, че pH на суспензията в реакционния резервоар се поддържа в границите от около 5,0 до около 6,3.

17. Метод съгласно претенция 16, характеризиращ се с това, че pH на суспензията при въвеждането ѝ в скруберната кула е в границите от около 5,8 до около 6,3.

18. Метод съгласно претенция 15, характеризиращ се с това, че кулата съдържа еднопроходен капкоотбиващ сепаратор, действащ за намаляване количеството на капчиците влага и за отклоняване посоката на потока димни газове.

19. Метод съгласно претенция 18, характеризиращ се с това, че в кулата след сепаратора е разположен вертикално мъглоуловител, при което, посредством действието на споменатия капкоотбиващ сепаратор, направлението на потока димни газове се отклонява поне на 30° от вертикалната ос на кулата.

20. Метод съгласно претенция 15, характеризиращ се с това, че изведената от реакторния резервоар суспензия се пропуска през хидроциклон, за да се получат един поток за рециркулация, богат на частици калциев карбонат с преобладаващ среден диаметър 8 μ и по-малък и моларно отношение на съдържащите калций към съдържащите сяра съставки поне 1,3 и поток за изпускане, богат на сравнително по-големи частици калциев сулфат с преобладаващ среден диаметър от около 25 до около 55 μ.

21. Метод съгласно претенция 20, ха-

рактеризиращ се с това, че моларното съотношение на съдържащите калций към съдържащите сяра съединения е поне 1,3.

22. Метод съгласно претенция 1, характеризиращ се с това, че моларното отношение на съдържащите калций към съдържащите сяра съединения в рециркулационния поток е около 1,4 и рециркулационният поток съдържа по-малко от 5% суспендирани твърди вещества.

23. Метод съгласно претенция 15, характеризиращ се с това, че калциевият карбонат се смила непосредствено преди да се подаде като захранване в суспензията, като се поддържа 99% от частиците калциев карбонат да бъдат по-дребни от 44 μ, като преобладаващият среден размер на частиците калциев карбонат в реакторния резервоар се поддържа в границите от около 2 до около 6 μ и преобладаващият среден размер на частиците фино раздробен калциев карбонат при въвеждането му е по-малък от около 8 μ, като за 99 тегл.% от частиците е по-малък от 44 μ.

**Приложение: 5 фигури**

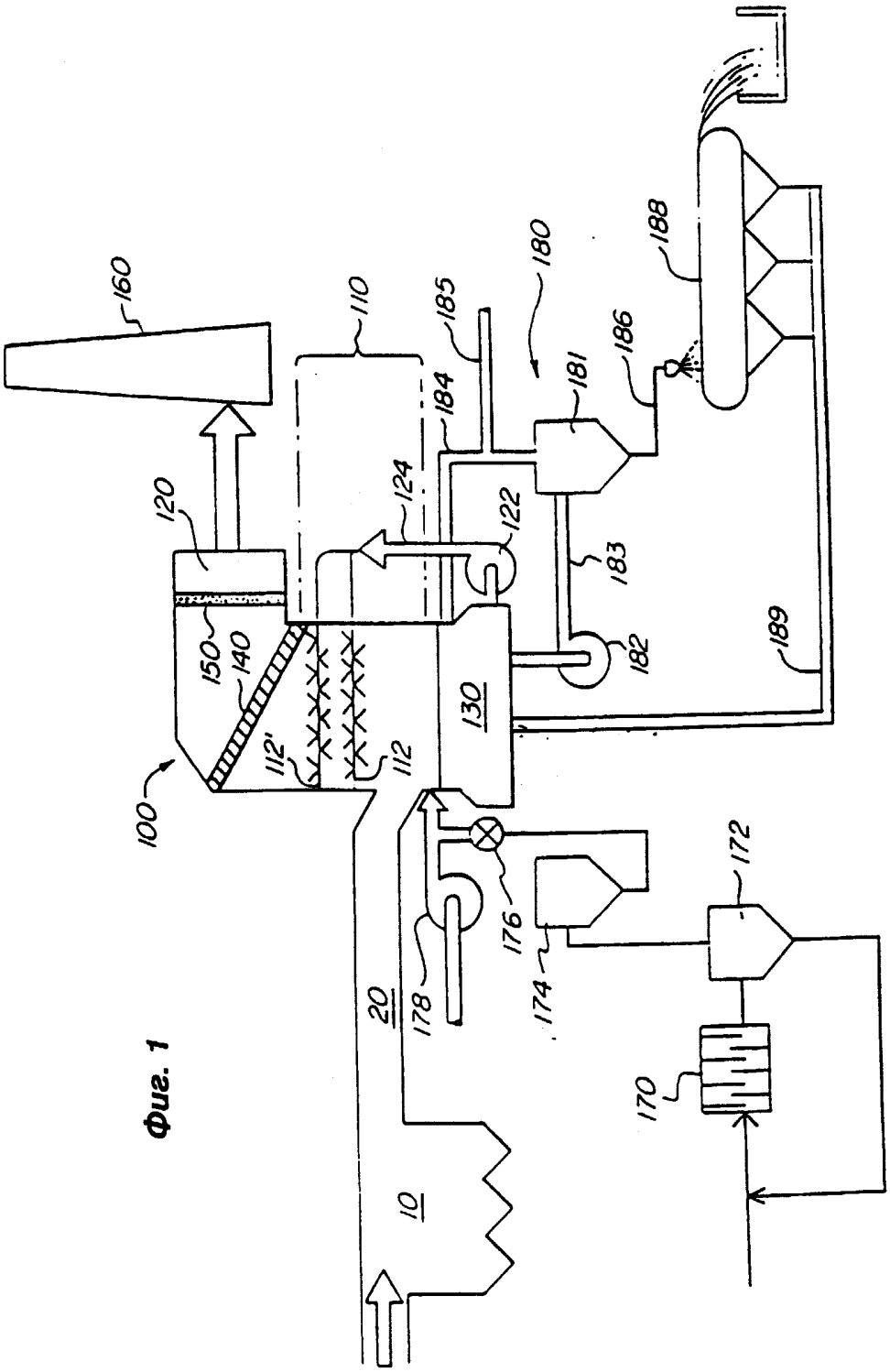
**Издание на Патентното ведомство на Република България**
**1113 София, бул. "Д-р Г. М. Димитров" 52-Б**

Експерт: Д.Великова

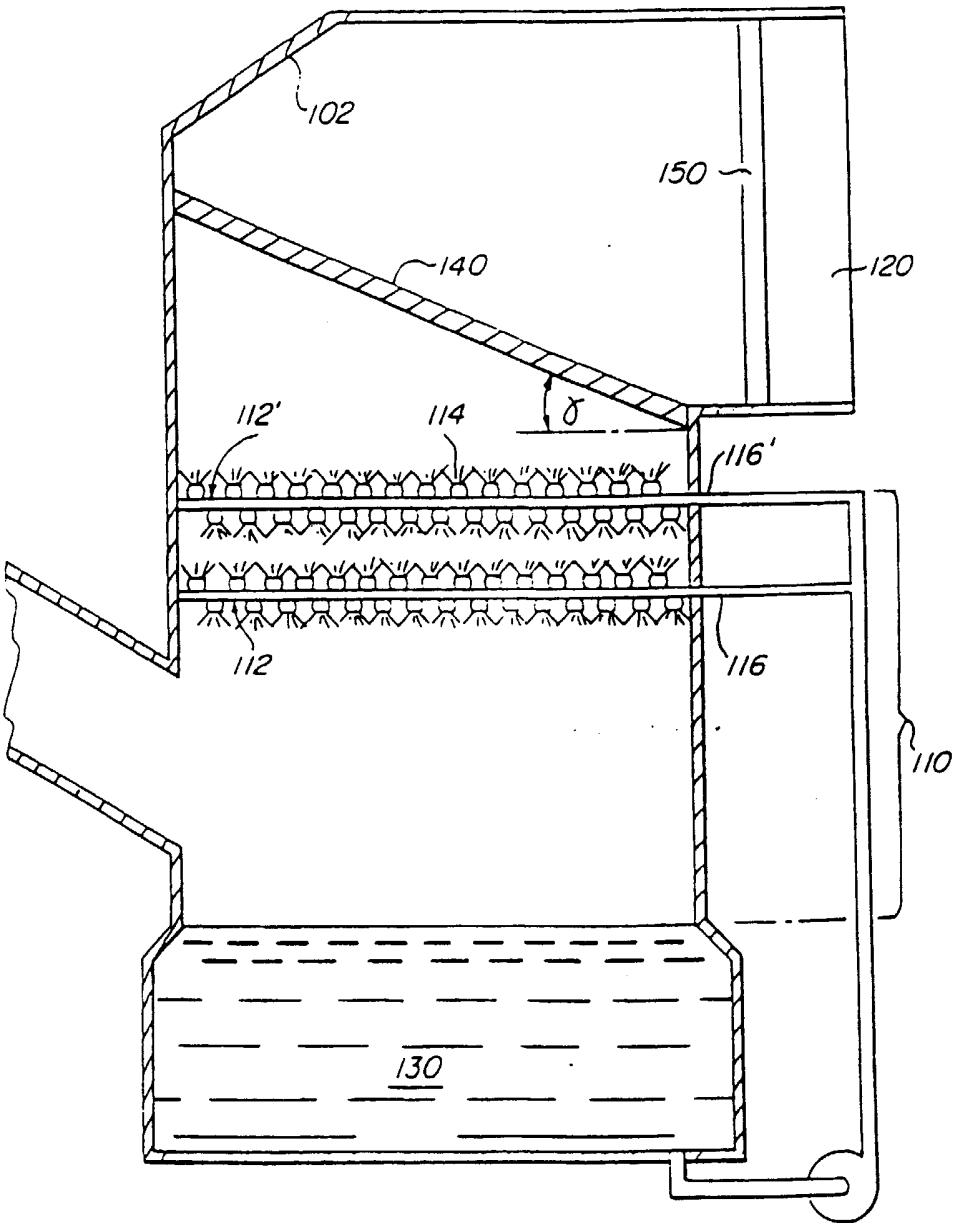
Редактор: Т.Панчева

Пор. № 40650

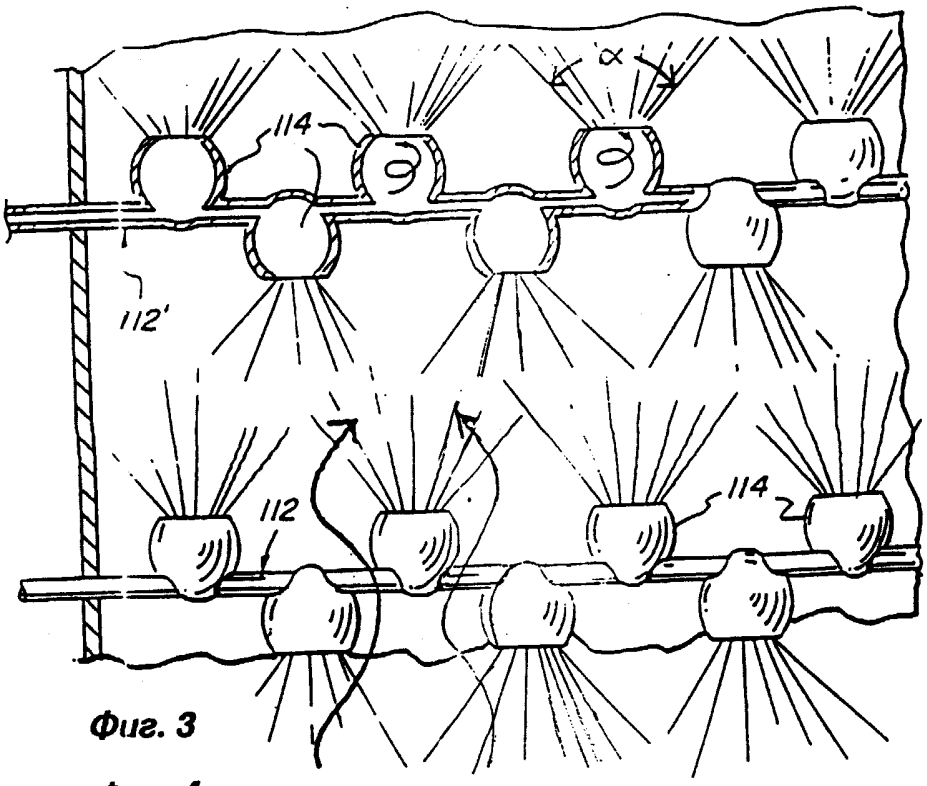
Тираж: 40 ЗС


160
110
185
180
188
184
181
186
120
124
122
183
150
140
182
189
130
112'
112
100
20
178
176
172
174
170
10

Фиг. 1

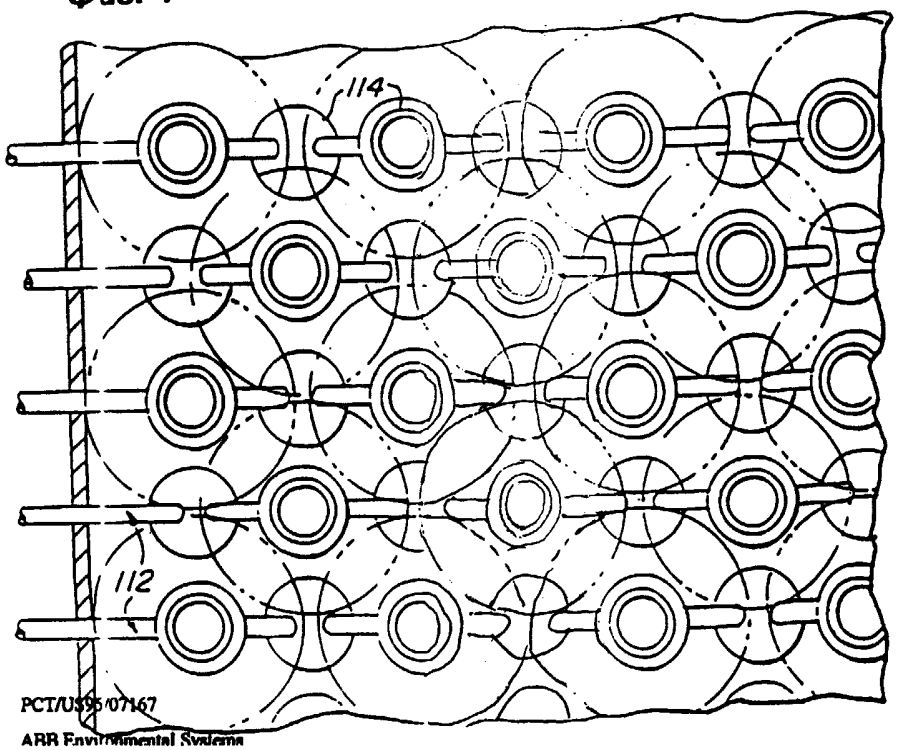



*Фиг. 2*

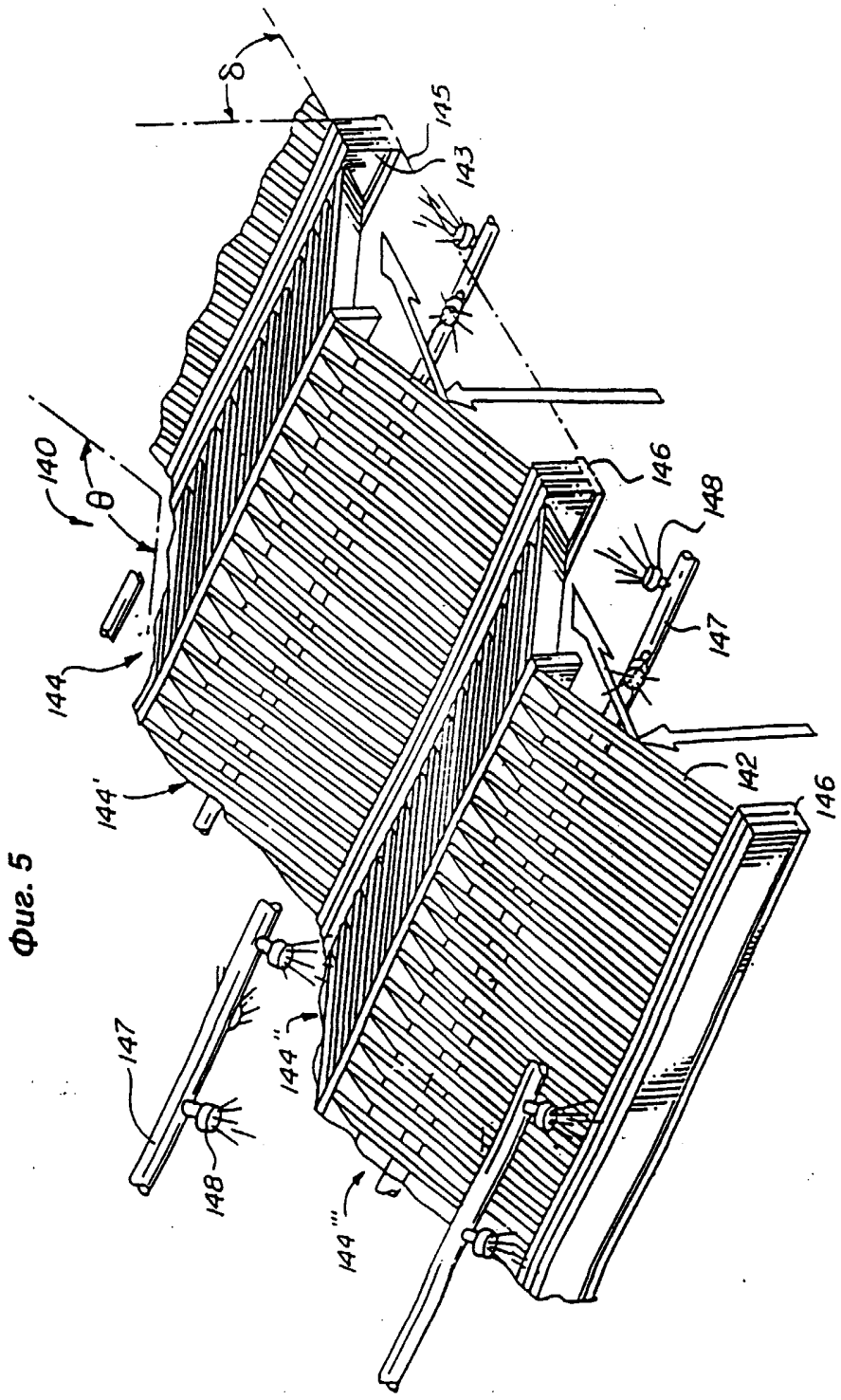



Фиг. 3

Фиг. 4




PCT/US95/07167
ABB Environmental Systems




Фиг. 5