PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

2501-97

(19)

ČESKÁ REPUBLIKA

ÚŘAD PRŮMYSLOVÉHO VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **06. 02. 96**

(32) Datum podání prioritní přihlášky: **06.02.95, 07.08.95**

(31) Číslo prioritní přihlášky: **95/9500215, 95/95202154**

(33) Země priority: **NL, EP**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **18. 02. 98 (Věstník č. 2/98)**

(86) PCT číslo: **PCT/NL96/00057**

(87) PCT číslo zveřejnění: **WO 96/24434**

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.[6]:

B 01 D 53/84
B 01 D 53/56
B 01 D 53/60

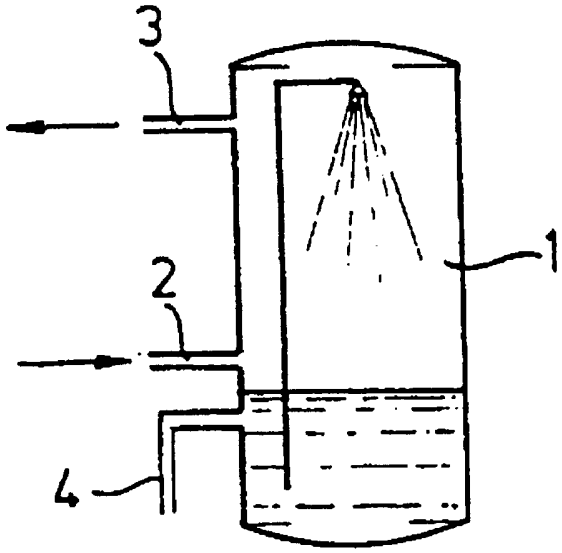
(71) Přihlášovatel:
BIOSTAR DEVELOPMEN C. V., Balk, CZ;

(72) Původce:
Buisman Cees Jan Nico, Harich, NL;
Dijkman Hendrik, Ijlst, NL;
Verbraak Petrus Leonardus, Weesp, NL;
Den Hartog Adrianus Johannes, Oegstgeest, NL;

(74) Zástupce:
PATENTSERVIS PRAHA a.s., Jivenská 1273, Praha 4, 14021;

(54) Název přihlášky vynálezu:

Způsob čištění spalin obsahujících oxidy dusíku



(57) Anotace:

Způsob spočívá v tom, že spaliny jsou čištěny cirkulující prací kapalinou obsahující chelát přechodového kovu, jako je Fe(II)-EDTA, přičemž komplex vytvořený z oxidu dusíku a chelátu přechodového kovu a/nebo spotřebovaný chelát přechodového kovu se regeneruje biologicky za přítomnosti donorů elektronů a oxid dusíku je redukován na molekulární dusík. Donorem elektronů je např. vodík či methanol, avšak může to být také siřičitan procházející z oxidu siřičitého ve spalinách. Zařízení sestává z plynového skrubru (1) první kapalinové nádrže (10) a druhé kapalinové nádrže (13), separátoru (17) pevných látek, přívodem (2) a odvodem (3) plynu a z propojovacích potrubí (6, 14, 7).

CZ 2501-97 A3

PV 2501 - 97
13.10.97

Způsob čištění spalin obsahujících oxidy dusíku

Oblast techniky

Vynález se týká způsobu čištění spalin obsahujících oxidy dusíku, při němž jsou spaliny čištěny cirkulující čistící kapalinou obsahující chelát přechodového kovu, tento chelát vytváří komplex s oxidem dusíku, oxid dusíku se redukuje na molekulární dusík a chelát se následně regeneruje.

Dosavadní stav techniky

Takový způsob se uvádí např. v Holandských patentových přihláškách 7500672, 7500673, 7515009, 7607212 a 8602001, a v Evropské patentové přihlášce 531762. K vytvoření komplexu se použije chelát přechodového kovu, obvykle Fe(II)-EDTA, a tím se účinně absorbují oxidy dusíku, z nichž NO se velmi málo rozpouští v čistící prací vodě, neobsahuje-li tato chelát přechodového kovu.

Všechny známé způsoby odstraňují současně oxidy dusíku (zejména NO a NO_2 - dále označované jako NO_x) a oxid siřičitý, molekulární dusík (N_2) a sírany nebo amid-sírany (amid-sulfáty), a četné další sloučeniny N-S, jakož i N_2O, který vznikne nakonec. Avšak zpracování síranů N_2O a sloučenin N-S je složité a vyžaduje další procesy na dalším přidruženém zařízení. N_2O odchází se spalinami. Toto je nežádoucí důsledek, protože N_2O je sloučenina známá svým škodlivým účinkem na ozonovou vrstvu a skleníkový efekt.

Jiným důležitým problémem je, že v oxidačním prostředí aktivní Fe(II) je částečně konvertován na mnohem méně aktivní Fe(III) kyslíkem nebo spalinami, nebo nepřímo siřičitanem (sulfitem) v prací kapalině. To vede k vysokým ztrátám chelátu. Mimo to spaliny obvykle obsahují příliš

13.10.97

kmálo oxidu siřičitého (sulfitu) v poměru k oxidům dusíku, nepostačujícího k úplné regeneraci komplexu Fe(II)-EDTA s vázaným NO na jeho aktivní formu. Tyto metody tudíž dosud nedoznaly použití ve velkém měřítku.

V pochodu, který již byl použit v praxi k odstraňování oxidů dusíku ze spalin, se spaliny při 300°C uvedou ve styk s amoniakem (NH_3) a katalyzátorem, a produkuje se dusík. Avšak tento způsob, zvaný selektivní katalytická redukce (SCR), je nákladný jak v důsledku vysokých investičních nákladů na vysokoteplotní instalaci, tak i v důsledku vysokých provozních nákladů souvisejících s amoniakem a katalyzátorem (asi třetinu katalyzátoru je nutno vyměnit za rok). Mimo to k optimálnímu odstranění oxidu siřičitého ze stejných spalin je zapotřebí zcela odděleného procesu.

Podstata vynálezu

Vynález se vztahuje na způsob, umožňující účinné odstranění oxidů dusíku ze spalin při značně nižších investičních i provozních nákladech, při kterém lze kombinovat odstraňování NO_X s odstraňováním oxidu siřičitého. Překvapivě bylo zjištěno, že komplex chelátu přechodového kovu a oxid dusíku je možno účinně regenerovat mikrobiologicky na molekulární dusík a regenerovaný chelát přechodového kovu. Při tomto způsobu se přechodový kov udržuje v aktivnějším nižším oxidačním stavu nebo se do nižšího oxidačního stavu vrací.

Způsob podle vynálezu popsaný v úvodu se tudíž vyznačuje tím, že chelát přechodového kovu se biologicky regeneruje za přítomnosti donoru elektronů. Kdekoliv ve vynálezu se odkazuje na chelát, míní se tím komplex chelatačního činidla a přechodového kovu.

13.10.97

Podrobný popis vynálezu

Biologická regenerace podle vynálezu tudíž zahrnuje jak komplex oxidu dusíku a chelátu přechodového kovu, tak i chelát přechodového kovu bez oxidu dusíku. V prvním případě se oxid dusíku redukuje za současného uvolňování aktivního chelátu; ve druhém případě neaktivní chelát s přechodovým kovem ve vyšším oxidačním stavu se regeneruje na aktivní chelát s kovem opět v nižším oxidačním stavu. Velkou výhodou tohoto způsobu je, že veškerý chelát spotřebovaný jinými pochody, který není k dispozici pro vázání NO_X, je navracen do své aktivní formy. V principu lze říci, že neaktivní forma chelátu by mohla být regenerována např. přídavkem chemického redukčního činidla nebo elektrochemickou redukcí, avšak v praxi je to nežádoucí vzhledem k vysokým nákladům a komplikacím v čistícím cyklu.

Jako přechodový kov tvořící po chelataci komplex s oxidem dusíku se použije železo, mangan, zinek, kobalt, nikl nebo hliník. V procesu podle vynálezu se z ekonomických a ekologických důvodů dává přednost železu (II), udržovaném v dvojmocném stavu. Chelát přechodového kovu se vytvoří chelatačním činidlem, které pro chelataci kovu má k dispozici nejméně dva elektronové páry ve formě aminoskupin, karboxylů nebo hydroxylů. Příkladem jsou polyaminy jako etylendiamin, dietylentriamin, trietylentetraamin, hexametylentetraamin a 1,4,7-triazonan a jeho N-alkylované analogy, jako jsou polyaminy jako je etylendiamin obsahující jednu až čtyři hydroxyetylskupiny a/nebo karboxymetylskupiny, např. N-(2-hydroxyetyl)etylendiamin-trioctová kyselina, a zejména etylendiamin-tetraoctová kyselina (EDTA), iminodioctová a nitrilotrioctová (NTA)

13.10.97

kyselina, a jejich soli. Koncentrace chelátu přechodového kovu může být různá podle specifických parametrů čistícího pochodu. Vhodnou koncentrací může být např. 1 až 200 mM, výhodněji 25 až 150 mM (milimolů).

Při způsobu podle vynálezu dojde k následující reakci, v níž NO je zvolen jako oxid dusíku a Fe(II)-etylendiamintetraacetát jako přílad chelátu přechodového kovu:

$$NO + EDTA\text{-}Fe \rightarrow NO\text{-}EDTA\text{-}Fe$$

$$NO\text{-}Fe\text{-}EDTA + (H_2) \rightarrow 1/2\ N_2 + Fe\text{-}EDTA + H_2O$$

Při této reakci vodíkem může být molekulární vodík. Vodík může být také přítomen jako (organický) donor elektronu, jako např. metanol, který se oxiduje za určitých okolností na oxid uhličitý, nebo etanol. Může být také ve formě jiných organických látek (COD) obsažených v proudu (odpadní) kapaliny.

Čištění spalin se provede v běžném plynovém skrubru (pračce plynu). Biologická regenerace komplexu chelátu přechodového kovu a oxidu dusíku může být uskutečněna ve skrubru samotném, nebo ve zvláštním bioreaktoru. Biomasa potřebná pro biologickou regeneraci obsahuje známe bakterie redukující nitráty.

Na Obr. 1 je diagramaticky znázorněno zařízení na odstraňovaní NO_X ze spalin, v němž k biologické regeneraci dochází ve skrubru. V tomto zařízení plyn přichází do těsného styku s prací kapalinou obsahující chelát přechodového kovu a biomasu, a to např. s pomocí trysek a vhodného výplňové materiálu. Do prací kapaliny se přidává donor elektronu, jako je např. metanol. Vzniklý dusík a případně i oxid uhličitý odcházejí s čištěným plynem.

13.10.97

Na Obr. 2 je schema varianty, kdy k biologické regeneraci dochází v odděleném bioreaktoru. V tomto zařízení prací kapalina obsahuje chelát přechodového kovu, a použitá prací kapalina se přepravuje do bioreaktoru obsahujícího biomasu, do níž se přidává donor elektronů.

Způsob podle vynálezu lze snadno kombinovat s odsiřovaním spalin, v kterémžto případě oxid siřičitý absorbovaný ze spalin splňuje funkci redukčního činidla (donor elektronů). Tím může proběhnout regenerace podle reakce:

$$NO\text{-}Fe\text{-}EDTA + SO_3^{2-} \rightarrow 1/2\ N_2 + Fe\text{-}EDTA + SO_4^{2-}$$

Síran vytvořený při tomto pochodu lze odstranit konvenčním způsobem (srážením vápnem), avšak výhodnější je odstranění biologické. Síran (někdy se zbylým siřičitanem) se tudíž redukuje anaerobicky hlavně na sirník (sulfid), a sirník vytvořený při tomto pochodu se potom oxiduje za omezených aerobických podmínek na elementární síru, která se oddělí.

Problémem konvenčního způsobu je, že reakce produkující molekulární dusík je pouze jednou z několika probíhajících reakcí, a často to není ani hlavní reakce. Vytvářejí se produkty jako amid-sulfáty a podobné sloučeniny, jakož i N_2O. Tyto produkty vedou ke kontaminaci spalin (N_2O) a odcházející prací vody (amid-sulfáty). Při způsobu podle vynálezu se tyto komponenty také přeměňují na neškodné produkty, a předejde se tak nežádoucím emisím.

Redukce NO_X lze také dosáhnout přítomností jiných redukovaných sloučenin síry, jako je sirník, kyselý sirník (hydrosulfid), síra, sirnatan (tiosulfát) a polytionáty. Tyto sloučeniny síry mohou pocházet přímo nebo nepřímo ze

13.10.97

spalin, nebo mohou být zvlášť přidávány, např. z kapalných odpadů.

Použije-li se oxid siřičitý nebo jiné sloučeniny síry jako redukční činidlo, biologickou regeneraci komplexu chelát přechodového kovu - oxid dusíku lze také uskutečnit buď ve skrubru samotném, nebo v odděleném bioreaktoru. Na Obr. 3 je znázorněno zařízení, ve kterém redukce dusíku probíhá mimo skrubr. Redox-potenciál v prací kapalině obsahující biomasu je v tomto případě výhodné udržovat vysoký, aby se zabránilo redukci síranu, což by mohlo vést k nežádoucím emisím H_2S. Výhodné je udržovat redox-potenciál nad -280 mV, ale zejména nad -200 mV (s použitím referenční elektrody Ag(AgCl). Redox-potenciál je možno regulovat přídavkem donoru elektronů.

V protikladu k systému podle Obr. 1 prací kapalina může být zpracovávána následně mimo skrubr, a to v případě redukce oxidem siřičitým za účelem odstranění vytvořeného síranu a zbylého siřičitanu. To lze provést v precipitačním tanku, v němž se vytvoří sádra (není znázorněno). Podle výhodného uspořádání síran se zpracuje mikrobiologicky postupnou redukcí na sirník v anaerobním reaktoru, a oxidace sirníku na elementární síru proběhne v aerobním reaktoru jak znázorňuje Obr. 3.

Tentýž pochod, avšak s redukcí dusíku v odděleném bioreaktoru, je možno provést systémem podle Obr. 4. V tomto případě se za skrubr postupně zařadí bezkyslíkový bioreaktor pro redukci oxidu dusíku, anaerobní reaktor pro redukci síranu, a aerobní reaktor pro oxidaci sirníku.

Redukci dusíku lze také provést v jednom z reaktorů se sírou. Toto se provede systémem podle Obr. 5. NO_X spolu se

13.10.97

síranem/siřičitanem se redukuje na dusík, resp. sirník smíšenou anaerobní biomasou. Reziduální NO_X v posledním aerobním reaktoru lze také konvertovat na molekulární dusík reakcí se sirníkem, elementární sírou a někdy i sirnatanem (tiosulfátem). Redukci NO_X na N_2 v konečném aerobní reaktoru se obvykle dává přednost, protože se může přidávat méně donoru elektronů. Pro tento účel je nutno zkrátit dobu setrvání v anaerobním reaktoru, takže se v něm nezredukuje všechen NO_X.

Jestliže praný plyn vedle oxidů dusíku obsahuje málo oxidu siřičitého, pak pro úplnou redukci oxidů dusíku vznikne v bioreaktoru málo siřičitanu. Potom je nutno přidat jiný donor elektronů (např. alkohol).

Důležitým faktorem bránícím dosud v používání Fe-chelátu je oxidace aktivní Fe(II)-formy na inaktivní Fe(III)-formu kyslíkem ze spalin nebo siřičitanem. Podle nynějšího vynálezu se veškerý vytvořený Fe(III) redukuje bakteriemi nebo v jejich přítomnosti. Biologický reaktor se použije pouze k redukci inaktivní Fe(III) na aktivní Fe(II)-formu, a činí systém nákladově výhodnější.

Biologická redukce oxidů dusíku (tj. regenerace komplexu přechodového kovu) se provádí přibližně při neutrálním pH, např. při pH mezi 5 a 9,5, a zvýšené teplotě, např. 25 až 95°C, výhodněji 35 až 70°C.

Popis obrázků

Obr. 1 představuje zařízení podle vynálezu na odstraňování oxidů dusíku v jediném skrubru-reaktoru. V tomto obrázku 1 představuje plynový skrubr s přívodem plynu 2 a odvodem plynu 3, který má prostředky (např. trysky, výplňový materiál) umožňující účinný styk kapaliny a plynu.

13.10.97

V tomto případě kapalina ve skrubru (pračce plynu) obsahuje denitrifikační biomasu.

Obr. 2 znázorňuje zařízení pro odstraňování oxidů dusíku v odděleném bioreaktoru. Skrubr 1 s přívodem 2 plynu a odvodem 3 plynu, a s kontaktními prostředky, je v tomto případě napojen na anoxický (bezkyslíkový) reaktor 5, na odváděcí potrubí 6 a zpětné potrubí 7. Donor elektronů je možno přidávat trubkou 8, a plyny, zejména dusík, mohou odcházet přes 9.

Obr. 3 znázorňuje zařízení na odstraňování oxidů dusíku a oxidů síry s denitrifikací ve skrubru. Skrubr 1 s přívodem 2 plynu a odvodem 3 plynu, s kontaktními prostředky a s přívodem 4 pro donor elektronů obsahuje v tomto případě denitrifikační biomasu, a trubkou 6 je napojen na anaerobní reaktor 10, obsahující sulfátovou a sulfitovou redukční biomasu. Donor elektronů je možno přidávat trubkou 11 a veškeré plyny mohou odcházet přes 12, a je-li třeba, mohou být dále zpracovány. Anaerobní reaktor 10 je napojen trubkou 14 na aerobní reaktor 13 obsahující biomasu oxidující sirník, a tento reaktor je opatřen přívodem 15 vzduchu a odvodem 16 plynů. Napojení reaktoru 13 pokračuje na separátor 17 s odvodem 18 pro síru. Separátor 17 je spojen potrubím 7 se skrubrem 1 za účelem vracení prací vody.

Obr. 4 představuje zařízení na odstraňování oxidů dusíku a síry při oddělené denitrifikaci. Skrubr 1 s přívodem 2 plynu a odvodem 3 plynu a s kontaktními prostředky je napojen odváděcím potrubím 6 na anoxický (bezkyslíkový) reaktor 5. Reaktor 5 má přívod 8 pro donor elektronů a odvod 9 plynů. Na denitrifikační reaktor 5 je napojen anaerobní reaktor 10, aerobní reaktor 13 a separátor

13.10.97

17 jako v Obr. 3.

Obr. 5 představuje zařízení pro odstraňování oxidů dusíku a síry s denitrifikací v anaerobním reaktoru se sírou. Skrubr 1 s přívodem 2 plynu a odvodem 3 plynu a s kontaktními prostředky je v tomto případě napojen na anaerobní reaktor 10, opatřený přívodem 11 donoru elektronů a odvodem 9 plynů (mezi jiným i dusíku). Za denitrifikačním, a síran a siřičitan redukujícím anaerobním reaktorem 10 je zařazen aerobní reaktor 13 jako v Obr. 3.

Příklady

Příklad 1

Účinnost bakterií redukujících dusičnany je zkoumána na laboratorním zařízení. Toto sestává ze skrubru a z odděleného bioreaktoru. Vedle roztoku Fe-EDTA skrubrem prochází čistý NO a dochází k úplné konverzi Fe-EDTA na NO-Fe-EDTA. Potom v bioreaktoru dojde ke konverzi komplexu NO-Fe-EDTA na Fe-EDTA a N_2 s použitím etanolu jako donoru elektronů. Objem bioreaktoru činí 5 dm^3. Po tomto zpracování se kapalina vrací do skrubru, kde Fe-EDTA opět vytvoří komplex s NO. Během experimentu se teplota udržuje na 50°C a pH na 7,0. Koncentrace Fe-EDTA se použijí až do hodnoty 40 mM (milimolů). Bakterie přemění komplex NO-Fe-EDTA na Fe-EDTA a N_2 podle následující rovnice:

$$6NO\text{-}Fe\text{-}EDTA + C_2H_5OH \rightarrow 6Fe\text{-}EDTA + 3N_2 + 2CO_2 + 3H_2O$$

Největší testovaná dávka NO-Fe-EDTA je 5,0 kg dusíu/m^3 za den, která byla úplně konvertována bakteriemi. Maximální dávka NO-Fe-EDTA zpracovatelná bakteriemi dosud nebyla zjištěna. Testy toxicity ukázaly, že bakterie nejsou blokovány komplexem Fe-EDTA až do koncentrace 40 mM. Na základě těchto experimentů se očekává, že lze použít i

13.10.97

vyšších koncentrací Fe-EDTA. Toxicita Fe-EDTA nad touto koncentrací nebyla stanovena. Během experimentů nebyla pozorována žádná degradace chelátu. Vedle regenerace komplexu NO-Fe-EDTA bakterie prokázaly svou schopnost redukovat neaktivní Fe(III)-EDTA na aktivní Fe(II)-EDTA s kyslíkem přítomným ve spalinách, a reakce NO-Fe-EDTA se siřičitanem. V odpovídajících experimentech byl skrubrem proháněn vzduch místo NO, což vedlo k úplné oxidaci Fe(II)-EDTA na Fe(III)-EDTA. Potom bylo v bioreaktoru regenerováno Fe(II)-EDTA. Při koncentraci 5 mM přitékajícího Fe(III)-EDTA a době hydraulické zádrže 1,5 hod v bioreaktoru prokázaly bakterie úplnou redukci na Fe(II)-EDTA. Vyšších koncentrací Fe(III)-EDTA nebylo použito.

Příklad 2

Spaliny protékající v množství 45.000 m^3/h a obsahující 670 mg/m^3 SO_2 (250 ppm obj.) a 1670 mg/m^3 NO_X (vyjádřeného v NO obsahujícího 5 až 20% NO_2) (1340 ppm obj.) byly zpracovány v zařízení na čištění spalin, znázorněného na Obr. 5. Skrubr měl objem 70 m^3 a průtok prací vody činil 600 m^3/h. Anaerobní reaktor měl objem 275 m^3 a aerobní reaktor 45 m^3. Cirkulační průtok bioreaktory činil 110 m^3/h. Prací voda obsahovala 3 g Fe-EDTA na litr. Účinnost odstranění SO_X činí 99%, a odstranění NO_X 75-80%.

P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. Způsob čištění spalin obsahujících oxidy dusíku, při němž se spaliny čistí (perou) cirkulující prací kapalinou obsahující chelát přechodového kovu, chelát vytvoří komplex s oxidem dusíku a následně je regenerován, a oxid dusíku se redukuje na molekulární dusík, v y z n a č e n ý t í m , že chelát přechodového kovu je biologicky regenerován za přítomnosti donoru elektronů.
2. Způsob podle Nároku 1, v y z n a č e n ý t í m , že chelátem přechodového kovu je Fe(II)-EDTA.
3. Způsob podle Nároku 1 nebo 2, v y z n a č e n ý t í m , že donorem elektronů je metanol, etanol nebo organické látky obsažené v odpadní kapalině (COD).
4. Způsob podle Nároku 1 nebo 2, v y z n a č e n ý t í m , že donorem elektronů je vodík.
5. Způsob podle kteréhokoliv z Nároků 1 až 4, v y z n a č e n ý t í m , že regenerace se provádí ve stejném zařízení, ve kterém se spaliny perou.
6. Způsob podle kteréhokoliv z Nároků 1 až 5, v y z n a č e n ý t í m , že donorem elektronů je siřičitan (sulfit).
7. Způsob podle Nároku 6, v y z n a č e n ý t í m , že siřičitan pochází z oxidu siřičitého obsaženého ve spalinách.
8. Způsob podle kteréhokoliv z Nároků 1 až 5, v y z n a č e n ý t í m , že donorem elektronů je redukující sloučenina síry jiná než siřičitan, jako je např. sirník, kyselý sirník, síra, sirnatan nebo polytionát.

13.10.97

9. Způsob podle kteréhokoliv z Nároků 6 až 8, v y z n a č e n ý t í m , že siřičitan nebo redukovaná sloučenina síry a vytvořený síran jsou biologicky redukovány na sirník, sirník je potom oxidován na elementární síru, a vytvořená síra se oddělí.

10. Způsob podle Nároku 9, v y z n a č e n ý t í m , že regenerace komplexu oxidu dusíku a chelátu přechodového kovu se provádí ve stejném zařízení, v němž se redukuje siřičitan a/nebo síran.

11. Zařízení pro čištění spalin, v y z n a č e n é t í m, že sestává z plynového skrubru (1), opatřeného tryskami a vhodným výplňovým materiálem pro dosažení účinného styku plynu a kapaliny, přívodem (2) a odvodem (3) plynu, a přívodní trubkou (4), a že dále sestává nejméně z prvé kapalinové nádrže (10) a druhé kapalinové nádrže (13), a separátoru (17) pevných látek napojeného na druhou kapalinovou nádrž, ze spojovacího potrubí (6) mezi skrubrem (1) a uvedenou první kapalinovou nádrží (10), ze spojovacího potrubí (14) mezi uvedenou první a druhou kapalinovou nádrží (10) a (13), a ze spojovacího potrubí (7) mezi uvedeným separátorem a skrubrem.

12. Zařízení pro čištění spalin, v y z n a č e n é t í m, že sestává z plynového skrubru (1), opatřeného tryskami a vhodným výplňovým materiálem pro dosažení účinného styku plynu a kapaliny, přívodem (2) a odvodem (3) plynu, a že dále sestává z nejméně jedné nádrže (5) na kapaliny s přívodní trubkou (8), ze dvou kapalinových nádrží (10) a (13) a separátoru (17) pevných látek, připojeného k uvedené nádrži (13), a ze spojovacího

13.10.97

potrubí (6) mezi skrubrem (1) a uvedenou nádrží (5), ze spojovacího potrubí (19) mezi nádržemi (5) a (10), ze spjovacího potrubí (14) mezi uvedenými nádržemi (10) a (13), a ze spojovacího potrubí (7) mezi uvedeným separátorem (17) a skrubrem (1).

PV 2501 -97
ÚJ 58039

Fig-1

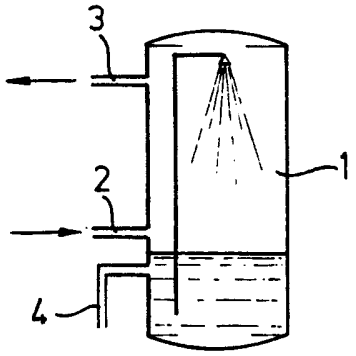


Fig-2

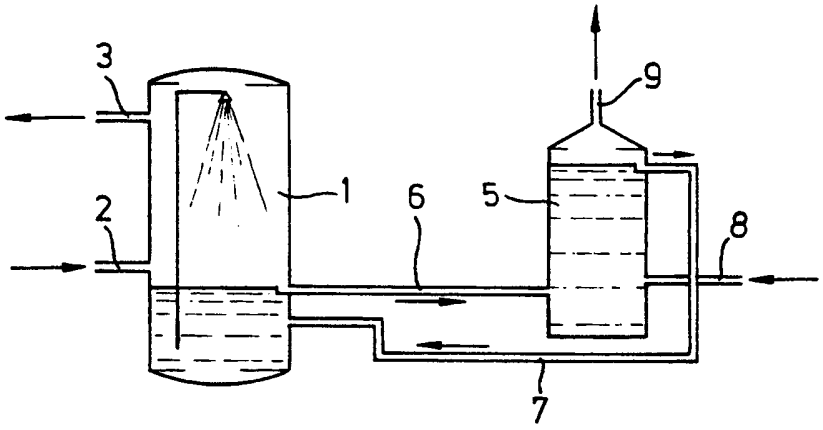


Fig-3

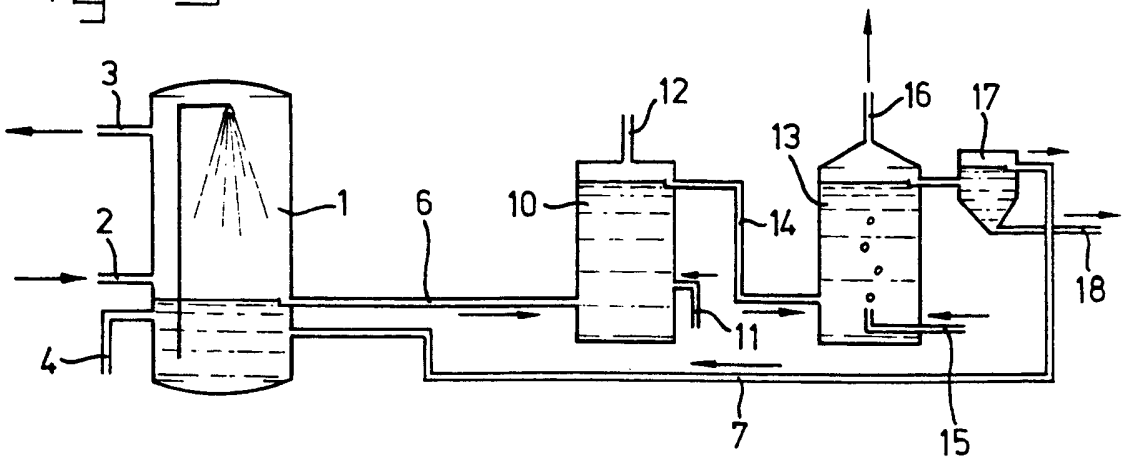


Fig-4

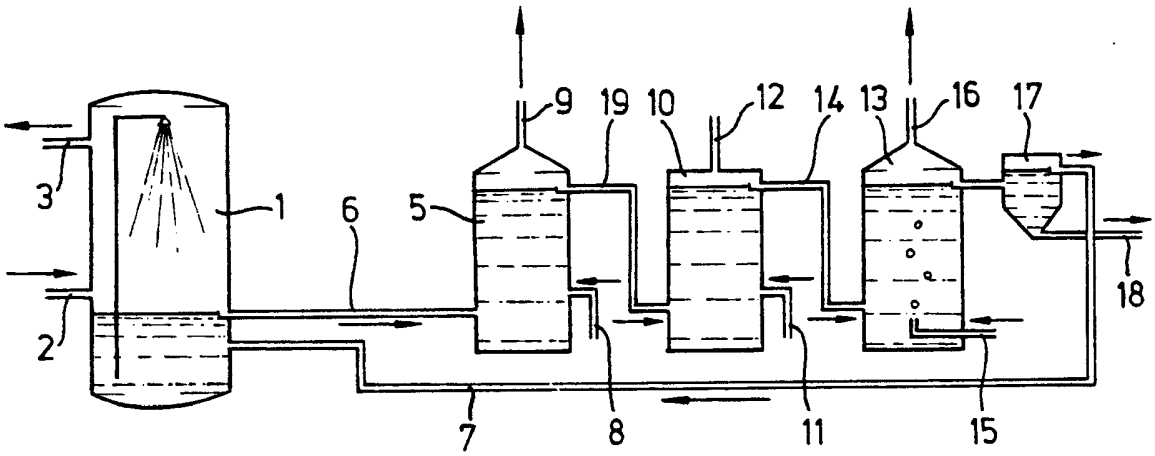
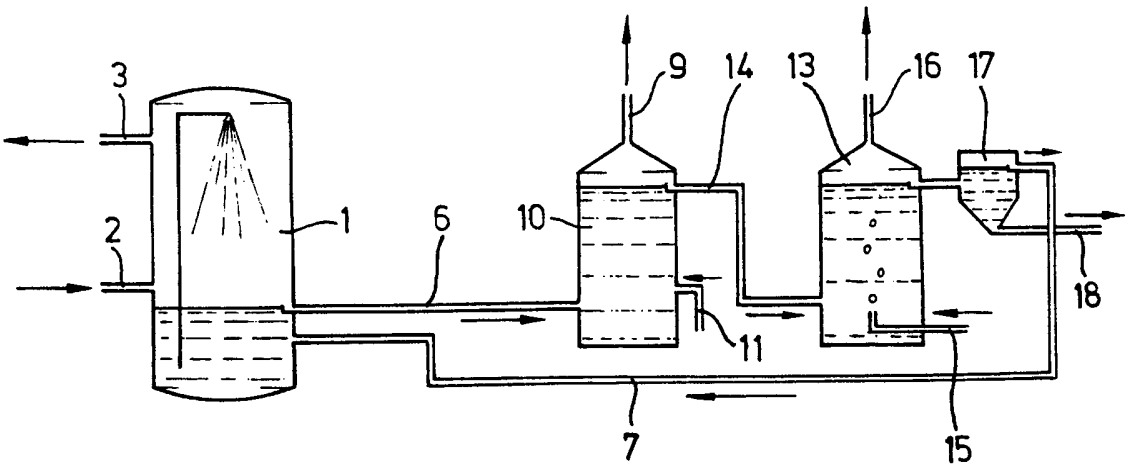

9
19
10
12
14
13
16
17
3
1
6
5
18
2
7
8
11
15

Fig-5


3
9
14
13
16
17
2
1
6
10
18
11
7
15