

PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

290 636

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: 1992 - 1243

(22) Přihlášeno: 23.04.1992

(30) Právo přednosti:

24.04.1991	JP JP	1991/093878
18.07.1991	JP JP	1991/177084
27.08.1991	JP JP	1991/215059
29.08.1991	JP	1991/217755
11.10.1991		1991/262486
11.10.1991		1991/262487
18.10.1991		1991/270631

(40) Zveřejněno: 15.05.2002

(Věstník č. 5/2002)

(47) Uděleno: 10.07.2002

(24) Oznámeno udělení ve Věstníku: 11.09.2002
(Věstník č. 9/2002)

(13) Druh dokumentu: B6

(51) Int. Cl. ⁷:

B 01 D 53/50

(73) Majitel patentu:

BABCOCK-HITACHI KABUSHIKI KAISHA, Tokyo,
JP;

(72) Původce vynálezu:

Kikkawa Hirofumi ing., Hiroshima-shi, JP;
Nishimura Yasuyuki ing., Hiroshima-shi, JP;
Kaku Hiroyuki ing., Hiroshima-shi, JP;
Yokoyama Kooichi ing., Kure-shi, JP;
Nosaka Hiroyuki ing., Kure-shi, JP;
Nakajima Fumito ing., Kure-shi, JP;
Takamoto Shigehito ing., Hiroshima-shi, JP;
Kurumaji Takaharu ing., Kure-shi, JP;
Hashimoto Taiki ing., Kure-shi, JP;
Ishizaka Hiroshi ing., Kure-shi, JP;
Nishimura Tsukasa ing., Kure-shi, JP;
Nosaka Tadashi ing., Kure-shi, JP;

(74) Zástupce:

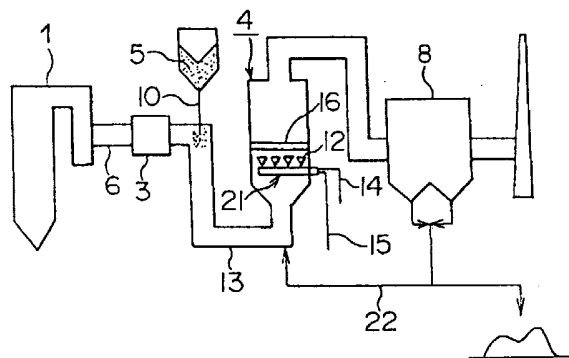
PATENTSERVIS PRAHA, Jívanská 1/1273, Praha 4,
14021;

(54) Název vynálezu:

**Způsob suchého odsiřování plyných spalin
fosilních paliv a zařízení k jeho provádění**

(57) Anotace:

Způsob spočívá v tom, že se po přidání odsiřovacího činidla do proudu plyných spalin v tomto proudu vířivým způsobem rozptyluje voda a tuhé částice zreagovaného odsiřovacího činidla spolu s popílkem se odlučují od plyných spalin. Zařízení k suchému odsiřování plyných spalin zahrnuje odsiřovací kolonu (4), v jejíž spodní části je umístěna aparatura (21), pomocí které se vířivým způsobem rozptyluje voda do proudu plyných spalin. Tato aparatura sestává z přívodu vody (14), z přívodu rozptylovacího plynu (15), rozptylovacích trysek (12) a nad nimi situovaného dispergačního prostředku (16) sloužícího k vytváření vířů vody s rozptylovacím plynem v proudu odsiřovaných plyných spalin.



CZ 290636 B6

Způsob suchého odsiřování plyných spalin fosilních paliv a zařízení k jeho provádění

Oblast techniky

5

Vynález se týká způsobu suchého odsiřování plyných spalin, které vznikají při spalování fosilních paliv, obsahujících značná množství sirných sloučenin. Takovými palivy jsou různé druhy uhlí a těžké oleje. Vynález se rovněž týká zařízení k odsiřování takto vznikajících plyných spalin (kouřových plynů) za účelem odstranění jejich škodlivosti před vypouštěním do ovzduší.

10

Dosavadní stav techniky

- 15 Fosilní paliva, jako jsou těžké oleje a uhlí, se široce používají ve spalovacích zařízeních, např. v tepelných elektrárnách. Kouřové plyny, které odcházejí z takových spalovacích zařízení, obsahují obvykle 1 až 50.10⁻² % škodlivých kyselých látek, jako jsou oxidy síry (SO_x) a kyselina chlorovodíková. Vypouštějí-li se takové škodlivé látky do atmosféry, způsobují kyselý déšť a fotochemický smog. Aby se takové škodlivé látky zneškodnily, instalují se odsiřovací zařízení.
- 20 Způsoby odsiřování se dělí na postupy mokrého a suchého typu. Reprezentativním příkladem mokrého odsiřování je metoda používající vápenec a produkující sádro. Tento způsob přichází v úvahu zejména tehdy, je-li třeba dosáhnout vysoce účinného odsiřování. Hlavním rysem metody suchého typu je naopak ta skutečnost, že při ní nevzniká žádná odpadní voda. Příklady metod odsiřování suchého typu zahrnují postup s použitím aktivního uhlí a reakční metodu využívající
- 25 sloučeniny alkalických kovů nebo jim podobné látky. Obzvláště druhá zmíněná metoda je ekonomicky výhodná, pokud se její ekonomika vztahuje na hmotnostní jednotku oxidu siřičitého.

V typickém příkladu této metody se kouřový plyn (odplyn) z kotle ochlazuje v ohřívací vzduchu a vede se do odsiřovací kolony. Odsiřovací činidlo, kterým může být hašené vápno, se rozptýluje do plamene v peci nebo do kouřovodu nebo do výstupu z teplovzdušného výměníku nebo do odsiřovací kolony. Současně se vodními tryskami, umístěnými na rozdělovacím kruhu, rozptýluje

30 přiváděná voda pomocí přiváděného vzduchu, aby se kouřové plyny ochladily a současně se zvýšila jejich vlhkost, což podporuje odsiřovací reakci.

35 Voda se může dodávat odděleně nebo s odsiřovacím činidlem ve formě břečky. Zreagované odsiřovací činidlo se zachycuje v odlučovací prachu spolu s popílkem z odcházejícího plynu. Někdy se část zachycených částic, která obsahuje nezreagované odsiřovací činidlo, dodává zpět do zařízení na přípravu odsiřovacího činidla opět rozptýluje do kouřovodu nebo do odsiřovací kolony.

40

Čím vyšší je relativní vlhkost, tím vyšší odsiřovací účinnosti se dosahuje. Důvod je v tom, že stoupá-li vlhkost uvnitř odsiřovací kolony, stoupá také obsah vody adsorbované na povrchu částí hašeného vápna rozptýlovaného do odsiřovací kolony. Oxid siřičitý ze spalin se může snadněji rozpouštět v této vodě a tvořit kyselinu siřičitou. Reakce mezi H₂SO₃ a Ca(OH)₂ je neutralizační

45 reakce, která probíhá rychle za vzniku CaSO₃ a je za těchto podmínek ustálená.

Když obsah vody v hašeném vápně je vysoký, je také množství rozpuštěného SO₂ velké, takže značná vlhkost je žádoucí. Vznikající CaSO₃ zvětšuje svůj objem, čímž se vrstva CaSO₃ pokrývající částice hašeného vápna sama rozrušuje a obnovený povrch hašeného vápna je znovu

50 vystavován působení SO₂, čímž se odsiřovací reakce urychluje.

Je proto žádoucí maximálně zvýšit relativní vlhkost. Avšak ve skutečném zařízení při vysoké relativní vlhkosti voda kondenzuje buď v nízkoteplotní části odsiřovací kolony, v následném odlučovací prachu, nebo v další části kouřovodu. Tím vyvstávají problémy, jako je vznik kapalného odpadu, tvorba usazenin a koroze materiálu působením H₂SO₃ nebo H₂SO₄.

55

Kromě toho se při vysoké relativní vlhkosti snižuje teplota ve spodní (kuželovité) části odsiřovací kolony, v důsledku čehož nastává kondenzace vodní páry na stěnách spodní části kolony nebo vlhne odsiřovací činidlo, takže práškové odsiřovací činidlo má pak sníženou fluiditu, což
 5 znesnadňuje jeho odstraňování ze spodní části odsiřovací kolony.

Proto je obvyklé řídit teplotu spodní části odsiřovací kolony tak, aby byla na výstupu z ní asi o 10 °C vyšší, než je saturační teplota. Relativní vlhkost se přitom udržuje asi na 60 %. Při takovém řízení teploty nemůže být relativní vlhkost vyšší než uvedená hodnota, a proto je
 10 odsiřovací účinnost také malá.

Aby se na druhé straně zvýšila odsiřovací výkonnost a udržela relativní vlhkost na asi 60 %, byla navržena protiopatření (průzkumu nepodrobená japonská přihláška vynálezu č. 2-152520). Po přidání vody a křemičitých látek, jako je popel a uhlí, k odsiřovacímu činidlu, jako je hašené
 15 nebo pálené vápno, se vzniklá břečka zahřeje, aby se vytvořil velký specifický povrch odsiřovacího činidla a tím i velká schopnost břečky absorbovat SO₂. Když se však odsiřovací činidlo připravuje zmíněným postupem, je nutné zahřívat materiál odsiřovacího činidla na vysoké teploty, nad 100 °C, po dlouhou dobu (deset až několik desítek hodin), jak je popsáno v citované japonské přihlášce vynálezu. Tím se zařízení pro přípravu odsiřovacího činidla stává velkým
 20 a roste také spotřeba energie pro zahřívání. Je-li teplota zahřívání nižší, nebo doba zahřívání kratší, účinnost odsiřování klesá. Rozptyluje-li se navíc do odsiřovací kolony břečka, opotřebovává se rozstřikovací tryska daleko vyšší rychlostí, než při rozptylování prášku a objevují se také problémy se sedimentací břečky v potrubí. Při použití odsiřovacího činidla s velkým specifickým povrchem vzniká současně další problém, a to s tekutostí břečky, který je nutno překonávat
 25 použitím většího množství vody. Ve srovnání s metodou, při které se odsiřovací činidlo dodává ve formě prášku, musí se břečka navíc sušit, systém se takto stává komplikovaným a cena vyráběného odsiřovacího činidla roste.

Jak je známo, odsiřovací účinnost se zvyšuje s relativní vlhkostí v odsiřovací koloně a v odlučovací prachu a popílku, odsiřovací činidlo a popílek se však usazují na vnitřním povrchu zařízení, který pak koroduje. Těmto problémům se však nevěnuje pozornost, a proto odsiřovací kolony nemohou pracovat stabilně po delší dobu a funkčnost celého systému se často narušuje. Zvýší-li se naopak teplota spalín v odsiřovací koloně (tj. sníží-li se relativní vlhkost), mohou se úsady a koroze poněkud potlačit, avšak odsiřovací účinnost se zmenší.
 35

Z publikací, které se zabývají problémy odsiřování plyných spalín, lze uvést DE vykládací spis č. 40 23 030 A1, v němž se navrhuje přivádět do pece nebo do kouřovodu odsiřovací prostředek, jímž je sůl, která se získává alespoň částečnou neutralizací vápenatého odsiřovacího prostředku kyselinou, zejména organickou, jako je kyselina octová, šťavelová nebo mravenčí. V DE patentovém spise č. 38 05 037 C2 se způsob čištění plynů obsahujících škodlivé látky provádí tak, že se horký proud plynů rozdělí na alespoň tři po sobě následující stupně nepřímou výměnou tepla, tyto stupně jsou do 200 °C, 300 až 400 °C a 900 až 1050 °C. Odsiřovací činidlo se pak rozděljuje do jednotlivých stupňů. Dokument WO 92/01509 spis (PCT/US91/03644) popisuje způsob
 40 přípravy směsi hlinitých materiálů k odstraňování SO_x z plynů. Podle tohoto dokumentu se připraví suspenze valchařské hlíny ve vodě, do níž se přidá sůl alkalického kovu nebo kovu alkalické zeminy, suspenze se vysuší a sušený materiál se používá jako odsiřovací činidlo. V japonské přihlášce vynálezu č. 63-306025 se popisuje příprava absorpční břečky k odsiřování a denitraci plynů. Při tom se rozemele křemičitý materiál a přidá se k němu vápenný materiál a voda za dalšího mletí a míchání, čímž se získá požadovaná absorpční břečka. Shora uvedené
 50 nedostatky dosavadního stavu techniky v tomto oboru jsou z převážné části odstraněny u způsobu suchého odsiřování plyných spalín fosilních paliv a u zařízení k provádění způsobu podle tohoto vynálezu.

Podstata vynálezu

5 Předmětem vynálezu je způsob suchého odsiřování plyných spalin fosilních paliv, při němž se do plyných spalin přidává odsiřovací činidlo a tuhé částice zreagovaného odsiřovacího činidla a popílku se odlučují od odsiřovaných plyných spalin.

10 Podstata suchého odsiřování plyných spalin způsobem podle tohoto vynálezu je v tom, že se po přidání odsiřovacího činidla do proudu plyných spalin rozptyluje voda a tuhé částice zreagovaného odsiřovacího činidla se spolu s popínkem odlučují od plyných spalin.

Voda se do plyných spalin rozptyluje s výhodou pomocí rozptylovacího plynu, kterým je vzduch nebo vodní pára.

15 Je výhodné ochlazovat plyné spaliny před odsiřováním výměnou tepla na teplotu pod 200 °C a v tomto teplotním pásmu přidávat odsiřovací činidlo.

Voda se do proudu plyných spalin rozptyluje obvykle v množství 0,02 až 0,05 litru na Nm³ plyných spalin.

20 Je zvlášť výhodné rozptylovat vodu do proudu plyných spalin pod úhlem 40 až 180° vzhledem k proudu plyných spalin. Voda se rozptyluje do proudu plyných spalin za vzniku gradientu vlhkosti v rovině kolmé ke směru proudu plyných spalin, přičemž gradient vlhkosti klesá od středu proudu plyných spalin směrem k obvodu proudu plyných spalin.

25 Odloučené tuhé částice zreagovaného (z převážné části) odsiřovacího činidla spolu s popínkem se mohou po odloučení od proudu plyných spalin přivádět do proudu plyných spalin v teplotním pásmu 500 až 900 °C k doreagování odsiřovacího činidla.

30 K odloučeným tuhým částicím zreagovaného odsiřovacího činidla a popílku lze podle vynálezu přidávat vodu a vzniklou břečku přivádět do proudu plyných spalin v teplotním pásmu 500 až 900 °C.

35 Při dalším provedení způsobu podle vynálezu se vzniklá břečka suší a vzniklý prášek se rozprašuje do proudu plyných spalin v teplotním pásmu 500 až 900 °C.

40 Předmětem tohoto vynálezu je také zařízení k suchému odsiřování plyných spalin fosilních paliv, které je sestaveno z odsiřovací kolony, do jejíž spodní části ústí kouřovod vedoucí z pece na spalování fosilních paliv, ze zásobníku odsiřovacího činidla a z odlučovače zreagovaného odsiřovacího činidla a popílku, spojeného s odsiřovací kolonou kouřovodem.

45 Podstata tohoto zařízení je v tom, že ve spodní části odsiřovací kolony je umístěna aparatura pro vířivý rozptyl vody do proudu plyných spalin, která je složena z přívodu vody, přívodu rozptylovacího plynu, rozptylovacích trysek a nad nimi situovaného dispergačního prostředku k vytváření vírů vody s rozptylovacím plynem v proudu odsiřovaných plyných spalin.

Při jednom výhodném provedení zařízení podle vynálezu je mezi kouřovodem vedoucím z pece na spalování fosilních paliv a kouřovodem ústícím do spodní části odsiřovací kolony zařazen výměník tepla, a vývod ze zásobníku odsiřovacího činidla je veden do kouřovodu.

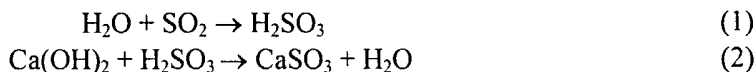
50 Rozptylovací trysky jsou s výhodou umístěny ve vzdálenosti 1 až 5 m od vstupu plyných spalin do odsiřovací kolony.

55 Další provedení zařízení podle tohoto vynálezu je charakteristické tím, že aparatura k vířivému rozptylu vody je složena ze dvou skupin rozptylovacích trysek, jež jsou umístěny v opačných částech odsiřovací kolony.

Je výhodné, je-li zařízení dále vybaveno přívodem části horkých plyných spalin nebo ohřátého vzduchu, napojeným na ústí kouřovodu do odsiřovací kolony.

- 5 Dispergační prostředek má tvar desky, talíře nebo válce. Způsobem suchého odsiřování plyných spalin podle vynálezu a zařízením k jeho provádění podle vynálezu se dosahuje vysokého stupně odsiřování a předchází se tvorbě úsad na stěnách zařízení, čímž se zabráňuje jeho korozi.

- 10 Uvažuje-li se hašené vápno $\text{Ca}(\text{OH})_2$ jakožto příklad odsiřovacího činidla, lze odsiřovací reakci s plyným SO_2 vyjádřit takto:



- 15 Podle reakce (1) se SO_2 absorbuje vodou a vzniklá kyselina siřičitá, která pak podle reakce (2) reaguje s hašeným vápnem na siřičitan vápenatý. Vytvářejí-li se v odsiřovací koloně oblasti s vysokou vlhkostí, zvětšuje se na částicích hašeného vápna obsah vody, což podporuje průběh reakce (1). Odsiřovací účinnost je potom v takovýchto pásmech s vysokou vlhkostí větší. Vlhkost v ostatních oblastech, než v oblastech s vysokou vlhkostí, je nízká, ale všechna dodaná voda se
20 na výstupu z odsiřovací kolony vypaří, a proto vlhkost vzrůstá, takže se dosahuje určené odsiřovací účinnosti, která je vysoká.

- V konvenčních technologiích se na povrchu odsiřovacího činidla, které zreagovalo s SO_2 ve spalinách při teplotách do 200 °C, vytváří slupka siřičitanu vápenatého nebo síranu vápenatého,
25 takže styk odsiřovacího činidla s SO_2 je špatný a žádné další odsiřování neprobíhá. Rozptyluje-li se však odsiřovací činidlo znovu do spalin, jejichž teplota je 500 až 900 °C, probíhá dehydratační reakce, která rozruší slupku siřičitanu vápenatého, takže se obnoví dobrý styk odsiřovacího činidla s SO_2 a rychlost a tím i účinnost odsiřování se zvyšuje. Část siřičitanu vápenatého se přitom zoxiduje na síran vápenatý, čímž se usnadní jeho ukládání na skládce.

- 30 Při rozptylování vody v odsiřovací koloně vlhne odsiřovací činidlo rozptylované do spalin. Část odsiřovacího činidla se nepřenáší až do odlučovače prachu, ale usazuje se ve spodní části odsiřovací kolony. Vlhnutím se zmenšuje tekutost (sypkost) odsiřovacího činidla. Je-li teplota ve spodní části odsiřovací kolony snížena, voda v plynu kondenzuje na povrchu odsiřovacího činidla
35 a na stěnách spodní části odsiřovací kolony, takže se tekutost odsiřovacího činidla dále zmenšuje. Tím se narušuje hladké odstraňování odsiřovacího činidla ze spodní části odsiřovací kolony.

- Spodní část odsiřovací kolony se vybavuje rozdělovačem pro vhánění části horkých spalin nebo ohřátého vzduchu nahoru podél stěny spodní části odsiřovací kolony. Tím se odstraňuje vlhkost
40 usazeného odsiřovacího činidla a současně se teplota této části udržuje na teplotě o 5 °C vyšší, než je saturační teplota spalin, čímž se brání kondenzaci vody na povrchu vnitřních stěn spodní části kolony.

- Uvedenými opatřeními lze zvýšit tekutost usazujícího se odsiřovacího činidla a zajistit jeho
45 hladký odvod ze spodní části kolony. K tomuto účelu se ve spodní části odsiřovací kolony měří teplota a podle ní se řídí množství přiváděných spalin nebo ohřátého vzduchu do spodní části kolony.

- Aby se plyné spaliny v odsiřovací koloně ochladily, rozptyluje se v ní voda. Když vodní
50 kapičky přijdou do styku se spalinami, odpařují se teplem spalin. Tak se voda, před tím, než opustí odsiřovací kolonu, přemění na páru. Při přeměně na vodní páru není teplota vodních kapek stejná jako teplota plyných spalin, ale snižuje se latentním vypařovacím teplem vody, obvykle se dosahuje adiabatické saturační teploty.

Pro řízení množství vody rozptylované v odsiřovací koloně je proto vhodné měřit teplotu těchto kapiček, aby se zabránilo kondenzaci vody ve spalínách a přitom se zvýšila účinnost odsiřování.

5 Velikost vodních kapiček je však v odsiřovací koloně pouze několik desítek μm a bylo by obtížné měřit jejich teplotu běžnou měřicí technikou. Vloží-li se např. tyčinkový teploměr do kolony, lze měřit pouze teplotu plynu, protože vodní kapičky jsou unášeny plynem.

10 Proto se podrobně proměřovaly teploty v různých částech odsiřovací kolony a byla zjištěna část kolony, v níž je teplota stejná, jakou mají kapičky vody. Je to část, na kterou rozstříkované kapičky přímo narážejí. Měřením této teploty v této části kolony se řídí teplota spalin na výstupu z odsiřovací kolony za současného zabraňování kondenzace vody, která podporuje tvorbu úsad. Tak lze dosahovat vysoké odsiřovací účinnosti.

15 V konvenčních technologiích se ke sloučeninám kovů žíravých zemin, jako je hašené či nehašené vápno, přidávají křemičité látky, např. popel z uhlí, načež se tato směs tepelně zpracovává v přítomnosti vody. Reaktivita mezi sloučeninami kovů žíravých zemin a křemičitou látkou je slabá, takže zahřívání na teplotu aspoň $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ musí probíhat po delší dobu (deset až několik desítek hodin). Protože připravené odsiřovací činidlo je ve formě břečky, je kromě toho zapotřebí mnoho energie na její vysušení a na přeměnu na prášek. Když se odsiřovací činidlo rozstříkuje 20 tryskou ve formě břečky, tryska se silně opotřebovává a částice břečky sedimentují v přívodní trubce. Přidá-li se však do uvedené břečky křemičitan sodný, potom při míchání břečka vyzraje a dispergovatelnost sloučeniny žíravé zeminy a křemičité látky ve vodě se stabilizuje, takže se zlepší i jejich vzájemná reaktivita. Proto lze odsiřovací činidlo s vysokou schopností absorbovat SO_2 připravovat tímto vyzrávacím procesem za nižší teploty a v kratším čase. Zahřívá-li se 25 břečka, zvýší se současně i dispergovatelnost (disperzibilita) částic sloučeniny žíravé zeminy a křemičité látky ve vodě. Takto připravená břečka se rozptyluje do kouřovodu a má velkou odsiřovací schopnost.

30 Ze sloučeniny žíravé zeminy se získá oxid, který se smíchá s křemičitou látkou (popelem z uhlí, křemičitanem sodným apod.) a vodou. Hydratační teplo vzniklé přidáním vody vyvolá reakci mezi odsiřovacím činidlem a křemičitou látkou a způsobí i vypaření přebytku vody. Touto metodou lze ekonomičtěji připravovat odsiřovací činidlo s vysokou odsiřovací schopností.

35 Přitom se křemičitan sodný přidává ve formě vodního roztoku ke oxidu kovu žíravé zeminy, takže se uvolňuje značné množství hydratačního tepla, a proto není nutné další tepelné zařízení k odpařování přebytečné vody.

40 Spaliny odcházející z kotle a obsahující škodlivé kyselé látky jako je SO_2 , se vedou do výměníku tepla, v němž ohřívají odsířené spaliny vystupující z odsiřovací kolony, čímž se snižuje jejich teplota. Spaliny s takto sníženou teplotou vstupují do odsiřovací kolony a SO_2 v nich obsažený se odstraňuje odsiřovacím činidlem obsahujícím jemné částice alespoň jedné sloučeniny vybrané ze skupiny sloučenin alkalických kovů a kovů alkalických zemin. Aby se zvýšila odsiřovací účinnost, snižuje se současně teplota spalin přiváděných do odsiřovací kolony již odsířenými 45 spalinami, které odcházejí z odsiřovací kolony. Spaliny vystupující z odsiřovací kolony se tudíž před jejich vstupem do odlučovače prachu ve zmíněném výměníku tepla ohřívají. Teplotu spalin na výstupu z odsiřovací kolony lze takto upravit na hodnotu těsně nad adiabatickou saturační teplotou a odsiřovací účinnost může pak být velmi vysoká.

50 Při postupech podle tohoto vynálezu je možno z důvodů popsaných dále dosáhnout vyšší odsiřovací účinnosti ve srovnání s běžnými metodami, odsiřovací zařízení může být menší a zároveň může být menší množství použitého odsiřovacího činidla.

[1] Odsiřovací účinnost je zvýšena v důsledku místně vytvářených oblastí s vysokou vlhkostí.

[2] Nezreagované odsiřovací činidlo je zachyceno odlučovačem prachu a opět je rozprašováno do spalin o teplotě 500 až 900 °C. Výsledkem toho je dehydratační reakce $(\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaO} + \text{H}_2\text{O})$ a destrukce slupky siřičitanu či síranu vápenatého, takže styk odsiřovacího činidla a SO_2 se zlepší, což zvýší odsiřovací účinnost.

[3] Část spalin nebo ohřátý vzduch jsou uváděny do spodní části odsiřovací kolony. Takto je možné zabránit kondenzaci ve spodní části odsiřovací kolony a úsadám odsiřovacího činidla na stěnách dokonce i když je relativní vlhkost uvnitř odsiřovací kolony vysoká. Také vlhkost usazeného odsiřovacího činidla je snížena a tím je zlepšena jeho fluidita. V důsledku toho není uzavřena nebo blokována spodní část odsiřovací kolony a proto usazené odsiřovací činidlo může být hladce odpuštěno z odsiřovací kolony a odsiřovací účinnost může být udržována na vysoké úrovni.

[4] Teplota v místě, na které přímo dopadají rozstříkované kapičky je měřena a množství přiváděné rozstříkované vody je řízeno podle této teploty. Tak je udržována teplota na výstupu z odsiřovací kolony na úrovni nad kondenzační teplotou vody. Tím je bráněno kondenzaci vody a tvorbě úsad v důsledku této kondenzace. Proto je možno udržovat vysokou relativní vlhkost uvnitř odsiřovací kolony. Tím je zvýšena odsiřovací účinnost, odsiřovací kolona může pracovat stabilně po dlouhou dobu a zařízení může být konstruováno kompaktním způsobem.

[5] Křemičitá látka je smíchána alespoň s jedním z oxidů alkalických kovů nebo kovů žiravých zemin a do této směsi je přidána voda. Tyto dvě látky spolu reagují a reakčním teplem uvolněným při hydrataci oxidu se odstraní přebytek vody. Tak se připraví odsiřovací činidlo o vysokém specifickém povrchu. Proto může být dosaženo vysoké odsiřovací účinnosti.

[6] K odsiřovacímu činidlu obsahujícímu částice obsahující vápník se přidává křemičitan sodný, což způsobuje zvýšení dispergovatelnosti částic pevných látek obsahujících vápník nebo křemičitých látek ve vodě. V důsledku toho je také zvýšena jejich vzájemná reaktivita a odsiřovací činidlo, které má vyšší odsiřovací účinnost, může být připraveno hospodárněji (při nižší teplotě a v kratším čase). Vysoké odsiřovací účinnosti může být dosaženo dokonce i když poměr Ca/S je nízký a když střední doba zdržení částic při míchání břečky je vysoká.

[7] Dispergovatelnost křemičitanu sodného, látky obsahující vápník a látky obsahující křemík ve vodě je dále zvýšena zahřátím. Dispergovatelnost látek obsahujících vápník a látek obsahujících křemík je navíc zvyšována tím, že břečka je intenzivně míchána v mísicím zařízení s vysokým střihem nebo mokrým mletím břečky.

40 Přehled obrázků na výkresech

Obr. 1 Schéma odsiřovacího zařízení podle příkladů 1 a 4.

45 Obr. 2A a 2B Podmínky pro rozptylování vody v odsiřovací koloně znázorněné na obr. 1.

Obr. 3 Uspořádání trysek na rozptylování vody v odsiřovací koloně podle příkladů 2 a 3.

Obr. 4 Řez tryskou na rozptylování vody s plynovou trubicí pro vytváření vírů, podle obr. 3.

50 Obr. 5A a 5B Podmínky, za kterých se vytvářejí víry při rozstříku vody do spalin tryskou znázorněnou na obr. 4.

55 Obr. 6 Dispergační desky umístěné nad vodními tryskami znázorněnými na obr. 4.

- Obr. 7 Diagram závislosti odsiřovací účinnosti na rozstřikovacím úhlu vodní trysky z obr. 5.
- Obr. 8 Diagram závislosti odsiřovací účinnosti na středním průměru vodních kapiček rozstřikovaných tryskou podle obr. 5.
- 5 Obr. 9 Diagram závislosti odsiřovací účinnosti na povrchové rychlosti při použití trysek podle obr. 5.
- Obr. 10 Diagram závislosti odsiřovací účinnosti spalin na úhlu upevněné trysek podle obr. 5.
- 10 Obr. 11 Podmínky rozstřikování vody v odsiřovací koloně podle příkladu 5.
- Obr. 12 Diagram výsledků testů podle příkladů 1 až 5.
- 15 Obr. 13 Schéma odsiřovacího zařízení podle příkladu 6.
- Obr. 14 Diagram závislosti odsiřovací účinnosti na diabatické saturační teplotě.
- Obr. 15 Schéma odsiřovacího zařízení podle příkladu 7.
- 20 Obr. 16 Schéma odsiřovacího zařízení podle příkladu 8.
- Obr. 17 Diagram závislosti odsiřovací účinnosti na teplotě spalin v kouřovodu podle příkladu 9.
- 25 Obr. 18A a 18B Schéma chování částic odsiřovacího činidla podle příkladu 10.
- Obr. 19 Vztah mezi odsiřovací účinností a množstvím přiváděného odsiřovacího činidla (poměr Ca/S) podle příkladu 10.
- 30 Obr. 20 Schéma odsiřovacího zařízení podle příkladu 13.
- Obr. 21 Schéma odsiřovacího zařízení podle příkladu 14.
- Obr. 22 Schéma modifikovaného odsiřovacího zařízení podle příkladu 14.
- 35 Obr. 23 Schéma odsiřovacího zařízení podle příkladu 15.
- Obr. 24 Detail části odsiřovací kolony z obr. 23 s aparaturou pro rozptýl vody.
- 40 Obr. 25 Blokové schéma zařízení na přípravu odsiřovacího činidla podle příkladu 17.
- Obr. 26 Diagram závislosti odsiřovací účinnosti na poměru Ca/S podle příkladu 18.
- Obr. 27 Diagram závislosti odsiřovací účinnosti na množství přidaného křemičitanu sodného podle příkladu 19.
- 45 Obr. 28 Diagram závislosti odsiřovací účinnosti na množství přidaného hydroxidu sodného podle příkladu 20.
- 50 Obr. 29 Blokové schéma zařízení na přípravu odsiřovacího činidla podle příkladu 21.
- Obr. 30 Diagram vztahu mezi odsiřovací účinností a teplotou uvnitř hydratační aparatury podle příkladu 21.
- 55 Obr. 31 Blokové schéma zařízení na přípravu odsiřovacího činidla podle příkladu 24.

- Obr. 32 Diagram závislosti odsiřovací účinnosti na poměru Ca/S podle příkladu 25 a podle srovnávacího příkladu.
- 5 Obr. 33 Diagram závislosti odsiřovací účinnosti na množství přidaného křemičitanu podle příkladu 26.
- Obr. 34 Diagram závislosti specifického povrchu na množství přidaného křemičitanu sodného podle příkladu 26.
- 10 Obr. 35 Diagram závislosti odsiřovací účinnosti na teplotě páleného vápna podle příkladu 27.
- Obr. 36 Schéma odsiřovacího zařízení podle příkladu 30.
- 15 Obr. 37 Diagram závislosti odsiřovací účinnosti na poměru Ca/S podle příkladu 31 a podle srovnávacího příkladu.
- Obr. 38 Diagram závislosti odsiřovací účinnosti na střední době zdržení části v zařízení podle příkladu 32 a podle srovnávacího příkladu.
- 20 Obr. 39 Diagram závislosti odsiřovací účinnosti na množství přidaného křemičitanu sodného podle příkladu 36.
- Obr. 40 Diagram závislosti odsiřovací účinnosti na stříhové rychlosti míchání břecčky v zařízení na přípravu odsiřovacího činidla podle příkladu 33.
- 25 Obr. 41 Schéma odsiřovacího zařízení podle příkladu 35.
- Obr. 42 Diagram závislosti odsiřovací účinnosti na viskozitě křemičitanu sodného podle příkladu 35.
- 30 Obr. 43 Schéma odsiřovacího zařízení podle příkladu 36.
- Obr. 44 Schéma odsiřovacího zařízení podle příkladu 37.
- 35 Obr. 45 Diagram závislosti odsiřovací účinnosti na teplotě.

V následujících příkladech jsou způsob a zařízení podle tohoto vynálezu podrobněji popsány.

40

Příklady provedení vynálezu

Příklad 1

45

Odsiřují se spaliny vystupující z kotle spalujícího uhlí a jako odsiřovací činidlo se používá hašené vápno.

Podle obr. 1 se spaliny z kotle 1 ochlazují ve vzdušném výměníku tepla 3 a uvádějí do odsiřovací kolony 4 kouřovodem 6. Odsiřovací činidlo (hašené vápno) se dodává do kouřovodu 13 ze zásobníku 5 příváděcí trubkou 10. Rozdělovací aparatura 21 je opatřena tryskami 12 na rozptýl vody a je umístěna uvnitř odsiřovací kolony 4. Voda se přivádí potrubím 14 a rozstřikuje tryskami 12. Stejnými tryskami se také rozptýluje vzduch nebo pára přiváděná potrubím 15. Trysky 12 jsou dvoutekutinové pro atomizaci vody vzduchem. Kapičky vody rozptýlované tryskami 12 přicházejí do styku se spalinami vystupujícími z kotle o teplotě asi 150 °C, takže se

55

vypařují. Bezprostředně nad každou rozptylovací tryskou 12 je umístěn dispergační válec 16. Podle obr. 2A proud dispergovaných kapiček je dispergačním válcem 16 přerušován a vířivě stoupá vzhůru. Válce způsobují vysokou turbulenci. Vodní kapičky se intenzivně promíchávají se spaliny nad dispergačním válcem 16, a současně se vytváří velké množství vírů 17 (Kármánovy víry) s vysokou vlhkostí.

Kapičky vody se v těchto vírech odpařují: V důsledku tvorby vírů se jejich vnitřek nemíchá se spaliny vně vírů, vnitřek vírů má tudíž vysokou vlhkost. Vír obsahuje SO_2 ze spalín a odsiřovací činidlo, které se promíchává nad dispergačním válcem 16 a reagují spolu za podmínek vysoké vlhkosti, čímž se dosahuje vysokého stupně (účinnosti) odsíření. V oblastech bez vírů je vlhkost nízká. Víry se rozpadají při pohybu směrem k výstupu z odsiřovací kolony 4. Když se všechny kapičky vypaří, vlhkost vzroste na průměrnou koncentraci vody a může se tedy dosáhnout takové odsiřovací účinnosti reakce, která odpovídá této vlhkosti. Oblasti vysoké vodní koncentrace, tj. oblasti s víry o vysoké vlhkosti, se totiž vytvářejí pouze místě uvnitř odsiřovací kolony 4, čímž se zvyšuje reaktivita uvnitř vírů a tím se zvyšuje odsiřovací účinnost na výstupu z odsiřovací kolony 4.

Tato metoda kontrastuje s konvenční metodou, při níž se zajišťuje dobré míchání kapiček vody a spalín, aby se zvýšila rychlost vypařování, čímž se dosahuje rychle rovnoměrného rozložení koncentrace vody. Při postupu podle vynálezu se však dosahuje vyšší odsiřovací účinnosti.

Odsiřovací test se na tomto zařízení prováděl za následujících podmínek. Uhlí A se spaluje v kotli a koncentrace SO_2 ve spalínách je 0,2 %. Odsiřovacím činidlem je hašené vápno, které se přivádí v dvojnásobném molárním množství vzhledem k množství SO_2 obsaženého ve spalínách (dále se uvádí jako „poměr Ca/S“). Voda se rozptyluje tryskami 12 tak, aby výstupní teplota spalín z odsiřovací kolony byla 70 °C. Poměr kapalina/plyn (průtok dodávané vody/průtok spalín obsahujících oxidy síry kouřovodem) je 0,04 litru/m³ spalín a průměrná velikost kapiček vody je 30 μm, přičemž trysky 12 jsou umístěny 1,5 m od vstupu spalín do odsiřovací kolony 4. Úhel A rozptylu vody tryskou je 50° a povrchová rychlost plynu v odsiřovací koloně 4 je 2 m/s. Na obr. 2B je úhel A rozptylu vody tryskou 12 znázorněn ve svislém řezu trysky.

Na výstupu z kotle 1 a na výstupu z odlučovače prachu 8, měří se koncentrace SO_2 , která je na těchto dvou místech 0,2 a 0,04 %. Ze spalín se tudíž odstraní 80 % SO_2 . Stupeň využití Ca v částicích odsiřovacího činidla, zachycovaných ve spodní části odlučovače prachu, je 40 %.

Příklad 2

Podle obr. 3 až 5B je aparatura (rozdělovač) 21 umístěna uvnitř odsiřovací kolony tak, že trysky na rozptylování vody směřují proti toku plynu. Jak je zřejmé z detailu na obr. 4, je ústí vodní trubky 14 umístěno uprostřed rozptylovací trysky 12 a ústí trubky 15 přivádějící atomizující plyn obklopuje ústí vodní trubky 14. Proto je voda dodávaná vodním potrubím 14 atomizována plynem přiváděným trubkou 15 a rozptylována z trysky 12. Nadto trubka na plyn 18, která odděluje víry, obklopuje rozstřikovací vodní trysku 12 a proto víry obsahující jemné vodní částice rozstřikované z ústí trysky 12 mohou být snadno odděleny od trysky 12.

Protože atomizovaná voda je vystříknuta ve směru opačném, než je směr toku spalín, stabilní víry 17 se vytvářejí v blízkosti vodní rozprašovací trysky 12, jak je znázorněno na obr. 5A a 5B. Protože stabilní víry 17 obsahují rozstřikované vodní kapičky a protože se separují od trysky 12, vytváří se proud vírů 17 s vysokou vlhkostí. Na obr. 5A je voda vystřikována v úhlu trysky 180° vzhledem k toku spalín a na obr. 5B je voda vystřikována pod úhlem trysky 135° vzhledem k toku spalín.

Úhlem trysky se rozumí úhel mezi trajektorií částice vycházející z trysky ve směru její osy a směrem toku spalín v odsiřovací koloně. Stabilní vír 17 je vytvářen na stejném místě

a prakticky se nepromíchává s okolím. Proto je vpouštěn do trubky pro oddělování víru 18 plyn, který odděluje víry 17 od vodní trysky 12. Právě oddělené víry 17 jsou unášeny spaliny nahoru a tedy čerstvé víry 17, které mají vysokou vlhkost jsou vytvářeny opakovaně. Ačkoliv plyn oddělující víry může proudit plynule, dosáhne se většího efektu přerušováním proudu tohoto plynu. Voda je nastříkována do vírů 17 s vysokou vlhkostí, a to proti toku spalin. Proto jsou vystříknuté kapičky vody ihned zpomalovány a potom unášeny spaliny.

V důsledku tvorby vírů 17 jsou odsiřovací činidlo a spaliny obsahující SO_2 dobře promíchávány a vstupují do vírů 17. Protože v těchto vírech 17 jsou přítomné kapičky vody, které se vypařují, může být snadno dosažena relativní vlhkost blízká 100 %. Víry 17, oddělované z blízkosti trysky 12 jsou omezeně promíchávány s okolními spaliny, tečou se spaliny a udržují si vysokou vlhkost. Proto vnitřek těchto vírů vykazuje vysokou odsiřovací účinnost.

Víry s vysokou vlhkostí 17 se na výstupu odsiřovací kolony 4 míchají s okolními spaliny, vodní koncentrace se zvyšuje na stejnou hladinu a proto je dosaženo vysoké celkové odsiřovací účinnosti.

Protože průměr odsiřovací kolony 4 je relativně veliký ve srovnání s průměrem kouřovodu 13, rychlost proudu ve spojovací rozšiřující se části se zpomaluje a vytváří se oblast zpětného toku. Proto vstupují částice odsiřovacího činidla proudící kouřovodem 13 do oblasti zpětného toku a tak se stávají stagnantní, tj. vznášejí se a vytvářejí oblast, ve které je vysoká koncentrace odsiřovacího činidla. Tato oblast se rozprostírá od vstupu kouřovodu 13 do vzdálenosti obecně rovné průměru odsiřovací kolony. V důsledku rozstřikování vody v této oblasti je odsiřovací činidlo o vysoké koncentraci uváděno do styku s víry o vysoké relativní vlhkosti a proto je možné dosáhnout vyšší odsiřovací účinnosti.

Odsiřovací test tohoto zařízení byl proveden za stejných podmínek jako v příkladu 1.

Koncentrace SO_2 se měřila v plynu, z kterého byla odstraněna vodní pára na výstupu kotle 1, a na výstupu ze zařízení na sběr prachu 8. Byly zjištěny koncentrace 0,2 a 0,04 %. 80 % SO_2 ve spalínách se tedy odstranilo tímto postupem. Využití Ca v částicích odsiřovacího činidla, získaného ze spodní části odlučovače prachu 8 je 40 %.

35 Srovnávací příklad

Odsiřovací test konvenčního odsiřovacího zařízení pro uhlí A byl proveden za stejných podmínek jako v příkladu 1. Odsiřovací zařízení, použité ve srovnávacím příkladu, se lišilo od zařízení použitého v příkladu 1 tím, že trysky na rozstřikování vody vodního rozdělovače uvnitř odsiřovací kolony jsou uzpůsobené nastříkovat vodu navzájem rovnoběžně, ve stejném směru jak proudí spaliny.

Koncentrace SO_2 na výstupu z odlučovače prachu byla současně $8 \cdot 10^{-2}$ % a bylo dosaženo odsiřovací účinnosti 60 %. Využití Ca v částicích odsiřovacího činidla, získaných ze spodní části odlučovače prachu, je 30 %.

Příklad 3

V tomto příkladu je použito odsiřovací zařízení podobné zařízení popsanému v příkladu 2. Tak jako v příkladu 2 je voda rozstřikována uvnitř odsiřovací kolony ve směru protínajícím tok spalin. Odsiřovací test pro uhlí A je proveden stejným způsobem jako v příkladu 1. Jak je znázorněno na obr. 6, tento příklad se liší od příkladu 2 v tom, že dispergační deska 16 je umístěna bezprostředně nad každou vodní tryskou, aby se bezpečně vytvářely víry 17. Atomizované kapičky vody jsou vystaveny působení dispergační desky 16, musí ji obtékat a potom tečou

společně s proudem spalin. Tyto vodní kapičky se intenzivně promíchávají se spalinami na dispergační desce 16 a současně se vytváří vysoký počet vírů 17.

5 Jako výsledek tohoto procesu, udržuje si vnitřní část víru 17 vysokou vlhkost a reakce mezi SO_2 a odsiřovacím činidlem je podporována. Při odsiřovacím testu byla koncentrace SO_2 na výstupu z odlučovače prachu $3 \cdot 10^{-2} \%$ a využití Ca v částicích odsiřovacího činidla získaných ze spodní části odlučovače prachu byla 42,5 %.

10 Jak již bylo zmíněno, jsou-li voda a atomizující plyn nastříkovány do spalin v opačném směru než tečou spaliny, jsou vytvářeny oblasti s vysokou vlhkostí. Proto byly na zařízení podle příkladu 2 provedeny odsiřovací testy pro různé směry nástřiku a test pro srovnání, ve kterém byla voda vstřikována rovnoběžně s proudem spalin. Použité parametry následují:

15 Rozstřikovací úhel A (viz obr. 2B) vodní rozstřikovací trysky byl 10, 20, 30, 50, 70, 120, 140, 160 a 180° , střední průměr kapek vody byl 10, 20, 30, 50, 70, 100, 140, 170 a 200 μm a střední postupná rychlost plynu byla 0,5; 1,0; 3,0; 5,0; 7,0; 10,0 a 15 m/s.

20 Výsledky těchto testů jsou znázorněny na obr. 7, 8 a 9. Bylo nalezeno, že nastříkávání vody proti směru spalin způsobuje vyšší odsiřovací účinnost ve srovnání s nastříkáváním souproutým.

Rozstřikovací úhel vodní trysky A: 20 až 90° . Středí průměr rozstřikovaných kapek: 20 až 140 μm . Postupná rychlost spalin v odsiřovací koloně: 1 až 10 m/s.

25 Příklad 4

Aby se našel vhodný úhel upevnění vodní rozstřikovací trysky 12 vzhledem k toku spalin, jak je znázorněno na obr. 5B, byl proveden odsiřovací test s různými úhly upevnění. Odsiřovací test byl proveden s uhlím a za stejných podmínek jako v příkladu 2.

30 Výsledky tohoto testu jsou znázorněny na obr. 10. Je-li tekutina obsahující vodu nastříkována pod úhlem mezi 40 a 180° , je dosaženo vyšší odsiřovací účinnosti než při souproutém toku.

35 Koncentrace SO_2 na výstupu odlučovače prachu byla $4 \cdot 10^{-2} \%$ a dosažená odsiřovací účinnost je 80 %. Využití Ca v částicích odsiřovacího činidla získaných ze spodní části odlučovače prachu je 40 %.

40 Není vhodné, je-li poměr kapalina/plyn nižší než 0,02 l vody na 1 m^3 spalin, protože v takovém případě se teplota spalin stává vysokou a odsiřovací účinnost klesá. Na druhé straně, je-li poměr kapalina/plyn vyšší než 0,05 l vody na 1 m^3 spalin, teplota spalin se přibližuje adiabatické saturační teplotě a vodní obsah často dosáhne rosného bodu, což rovněž není vhodné. Poměr kapalina/plyn by se měl pohybovat v rozmezí 0,02 až 0,05 l vody na 1 m^3 spalin.

45 Umístění trysek na rozstříkávání vody 12 bude popsáno např. pro konstrukci odsiřovací kolony znázorněné na obr. 3. Je-li rozstříkovaná voda nastříknuta až na stěnu odsiřovací kolony, nebo na jinou konstrukci uvnitř odsiřovací kolony 4, navlhčí ji a umožní zachycení prachových částic a tvorbu úsad na vlhké části. Aby se tomu zabránilo, musí vlhkost v rovině kolmé k toku spalin klesat od středové části kolony k její stěně. Také teplota na výstupu kolony musí být udržována vyšší, než je saturační teplota. Aby toto bylo zajištěno, je tryska 12 umístěna v rovině kolmé k toku plynu uvnitř odsiřovací kolony, což je rovina rovnoběžná s tokem plynu, a tím je zajištěno, že stěnová část kolony má tak nízkou vlhkost, jak je jen možné. Dále je požadováno, aby efektivní vzdálenost stěny odsiřovací kolony od trysek, uvažovaná ve směru toku plynu, měla dostatečnou velikost. Jsou-li vodní trysky 12 upevněny vysoko, celková výška odsiřovací kolony roste, což je neekonomické.

55

Proto by vodní rozstřikovací trysky měly být přednostně umístovány tak, aby poměr L/D (vzdálenost od vstupu/průměr odsiřovací kolony) nebyl vyšší než 1 (u zařízení, která má zpracovací kapacitu několik desítek tisíc m³ za hodinu, by trysky měly být umístěny do 5 m od vstupu odsiřovací kolony ve směru toku kapalin.

5

Příklad 5

V příkladu znázorněném na obr. 11 jsou skupiny vodních trysek 12 umístěny proti sobě, takže v této odsiřovací koloně 4 jsou proudy vody vystřikovány proti sobě. Stabilní víry jsou vytvářeny na výstupech vodních trysek 12 ve směru po proudu spalin. Nárazem proudů z trysek na sebe, stoupá tlak v této nárazové části, takže tryskající proudy se fluktuují nahoru dolů, doprava a doleva. Kvůli těmto fluktuacím se stabilní víry 17 oddělují od blízkosti trysek 12, pohybují se nahoru, takže víry 17 se vytvářejí opakovaně. Tím je vytvářen efekt uzavírání kapiček do vírů 17 a celková odsiřovací účinnost na výstupu z odsiřovací kolony je zvýšena jako v předchozích příkladech.

Odsiřovací test tohoto zařízení byl proveden s použitím uhlí A za stejných podmínek jako v příkladu 1.

20

Koncentrace SO₂ na výstupu z odlučovače prachu je 4.10⁻² % a odsíření je 80 %. Využití Ca v odsiřovacím činidle získaném ze spodní části odlučovače prachu je 40 %.

Obr. 12 ukazuje výsledky testů popsaných v předchozích příkladech. Je zřejmé, že odsiřovací účinnost dosažená s tímto vynálezem je vyšší než u běžných metod.

25

Abychom shrnuli, reakce mezi SO₂ a odsiřovacím činidlem je podporována vytvářením vírů uvnitř proudu spalin v odsiřovací koloně. V těchto vírech jsou vytvářeny oblasti o vyšší relativní vlhkosti, která při přimíchávání odsiřovacího činidla podporuje odsiřovací reakci. Tím se dosahuje vysoké odsiřovací účinnosti.

30

Aby bylo možno účinně řídit množství dodávané vody a proud tekutiny pro dispergování vody, je třeba odsiřovací kolonu nebo její výstup vybavit alespoň jedním z čidel na měření teploty, vlhkosti, či koncentrace vody. Potom se množství vody a množství tekutiny pro její dispergování řídí podle údajů těchto čidel.

35

Příklad 6

Na obr. 13 je znázorněna aplikace tohoto vynálezu na průmyslový kotel. Spaliny obsahující SO_x z uhlí nebo z těžkého oleje odcházející z kotle 1 jsou chlazeny na 150 °C ve vzduchovém ohříváči 3. Při spalování uhlí je vodní obsah ve spalinách asi 7 až 10 %, při spalování těžkého oleje 12 až 13 %. Spaliny jsou nastřikovány do tepelného výměníku 30, kde dochází k výměně tepla mezi plynem odcházejícím z odsiřovací kolony a vstupujícími spalinami a v důsledku toho i k dalšímu snížení teploty spalin. Spaliny vstupující do odsiřovací kolony 4, odsiřovací činidlo, kterým je hašené vápno nebo podobně, a voda, jsou nastřikovány do odsiřovací kolony, takže SO_x ze spalin je odstraňován. Přitom odsiřovací účinnost silně závisí na teplotě uvnitř odsiřovací kolony 4, tj. na rozdílu mezi teplotou uvnitř kolony a adiabatickou saturační teplotou. Zařízení se v tomto příkladě vyznačuje tím, že odsířené spaliny odcházející z odsiřovací kolony jsou před tím, než vstoupí do odlučovače prachu, zahřívány ve výměníku 30 teplem spalin vstupujících do odsiřovací kolony. V tomto zařízení může být teplota výstupu z odsiřovací kolony snížena na hodnotu těsně nad adiabatickou saturační teplotou tak, aby výše zmíněný rozdíl byl veliký a tak bylo dosaženo vysoké odsiřovací účinnosti.

50

Vztah mezi odsiřovací účinností a rozdílem mezi skutečnou adiabatickou saturační teplotou byl vyšetřován pro různé reakční teploty plynu při použití zařízení umožňujícího přesné řízení vlhkosti. Výsledky těchto pokusů jsou znázorněny na obr. 14. Odsiřovací účinnost silně závisí na tomto teplotním rozdílu a je jasné, že je-li teplota odsiřovací kolony blízká adiabatické saturační teplotě, odsiřovací účinnost je vysoká.

Horký vzduch o průtoku $200 \text{ m}^3/\text{h}$, který obsahuje 10 % vodní páry, je produkován v peci na spalování těžkého oleje, a plynný SO_2 je přimícháván do tohoto horkého vzduchu z tlakové láhve s SO_2 . Tak vznikají simulované spaliny, odpovídající spaliny odcházejícím z kotle, ve kterých je koncentrace 0,2 % SO_2 . Teplota simulovaných spalin je udržována chladičem na přibližně 150°C , která odpovídá teplotě skutečných spalin na výstupu ohřívače vzduchu 3 (viz obr. 13).

Když jsou simulované spaliny za výše uvedených podmínek nastříkovány do regeneračního výměníku tepla (přehříváč typu Jungstorn), jejich teplota na výstupu klesne na 90°C . Potom jsou simulované spaliny nastříkovány do odsiřovací kolony. Hašené vápno je dodáváno v takovém množství, aby molární poměr hašeného vápna k plynnému SO_2 byl 2. Na základě informace o teplotě ve střední části odsiřovací kolony, je řízena dodávka vody, aby tato teplota byla o 5°C vyšší, než adiabatická saturační teplota. V tomto případě byla adiabatická saturační teplota 59°C .

Koncentrace SO_2 na výstupu z odsiřovací kolony je 3,5 až $3,6 \cdot 10^{-2}$ % a odsiřovací účinnost je okolo 83 %.

Na druhé straně teplota spalin odcházejících z výměníku tepla je okolo 90°C a je asi o 30°C vyšší než adiabatická saturační teplota. Bezprostředně po zkoušce byl odlučovač prachu rozebrán a podroben vizuální prohlídce. Žádná kondenzace nebyla nalezena.

Srovnávací zkouška

Ve výše uvedeném zařízení byla provedena srovnávací zkouška. V tomto případě nebyl použit výměník tepla a místo toho byly spaliny přímo přivedeny do odlučovače prachu. Při sledování teploty byla voda kontinuálně přidávána tak, aby teplota plynu na výstupu odsiřovací kolony byla o 10°C vyšší, než adiabatická saturační teplota (v tomto případě 64°C), což by ve skutečném zařízení zabránilo korozi způsobené orosováním uvnitř odlučovače prachu.

Koncentrace SO_2 na výstupu odsiřovacího zařízení je $8,5 \cdot 10^{-2}$ % a odsiřovací účinnost je 58 %, což není mnoho.

Příklad 7

V tomto příkladě, který je znázorněn na obr. 15, je vápno 5, sloužící jako odsiřovací činidlo, přidáváno do kotle 1, aby způsobilo vysokoteplotní odsíření a voda 9 je nastříkována do odsiřovací kolony umístěné za kouřovodem 13, aby způsobila nízkoteplotní odsíření. Tepelný výměník je přitom umístěn mezi ohřívač vzduchu 3 a odsiřovací kolonu 4. Tento výměník ochlazuje spaliny přicházející do odsiřovací kolony a ohřívá odcházející plyn. Také v tomto příkladě může být reakční teplota uvnitř odsiřovací kolony 4 snížena a může být dosaženo podobného efektu jako příkladu 6.

V příkladech 6 a 7 je možno zabránit kondenzaci uvnitř odlučovače prachu 8 i když teplota v odsiřovací koloně je snížena těsně k adiabatické saturační teplotě. Je to zajištěno výměnou tepla mezi spaliny vstupujícími do odsiřovací kolony 4 a spaliny odcházejícími z odsiřovací kolony 4. Tedy i při použití jednotky, ve které odsiřovací kolona tvoří celek s odlučovačem prachu, nebude činnost odsiřovací kolony narušována korozí odlučovače prachu 8. Navíc vzhledem k tomu, že odsiřovací účinnost závisí na relativní vlhkosti, vodní obsah požadovaný pro

dosažení téže vlhkosti může být snížen snížením teploty na vstupu do odsiřovací kolony a odsiřovací účinnost může být zvýšena.

5 Příklad 8

Odsiřovací účinnost je vyhodnocována na zařízení znázorněném na obr. 16. Zařízení opouští část částic (zachycených v odlučovači prachu 8 a proto nazývaných „zachycené částice“) obsahujících nezreagované a zreagované odsiřovací činidlo, a popel a zbytek je vedením 22 znovu nastříkván do kouřovodu 6, ve kterém je teplota spalin 600 až 900 °C, a pak znovu reaguje s kyselými škodlivinami, jako je SO₂, ve spalinách.

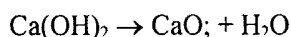
Při použití tohoto zařízení byl proveden odsiřovací test při spalování uhlí B (obsah síry v tomto uhlí je 0,8 %). Jako odsiřovací činidlo bylo použito hašené vápno a poměr Ca/S byl 1,5. Množství vody nastříkované odpovídalo 3 % spalin a voda mohla být nastříkována buď dvoutekutinovými tryskami společně se vzduchem, nebo jednotekutinovými tryskami. Teplota na výstupu odsiřovací kolony 4 byla 70 °C. Polovina částic (podle váhy) zachycená v odlučovači prachu 8 byla odpouštěna a zbytek byl znovu nastříkván z vedení 22 do kouřovodu 6, kde teplota spalin dosahovala 600 °C.

Po odstranění vody z odplynů na výstupu z kotle 1 a na výstupu z odlučovače prachu 8 byly naměřeny koncentrace 6,4.10⁻² % a 6,10⁻³ % SO₂. Odsiřovací účinnost tedy byla 91 %.

25 Příklad 9

Odsiřovací účinnost byla měřena při použití stejného zařízení a za stejných podmínek jako v příkladu 8. Bylo však změněno místo, do kterého jsou nastříkovány zachycené částice. Byla vyšetřována závislost odsiřovací účinnosti na teplotě spalin v kouřovodu 6. Výsledky jsou znázorněny na obr. 17. Odsiřovací účinnost závisí na teplotě spalin v kouřovodu 6 a ukazuje se, že preferovaným teplotním rozsahem je 500 až 900 °C. Podobná vyšetření byla učiněna i s jinými typy uhlí a odsiřovacími činidly a bylo rovněž nalezeno, že je výhodné pracovat v oblasti teplot 500 až 900 °C.

Je-li teplota dostatečně vysoká, probíhá totiž při použití hašeného vápna jako odsiřovacího činidla dehydratační reakce vyjádřená následující rovnicí:



V tomto případě dojde vypařením vody k destrukci slupky siřičitanu a síranu vápenatého, pokrývajících povrch odsiřovacího činidla, a póry částic odsiřovacího činidla zvýší svůj objem. V důsledku toho účinnost styku odsiřovacího činidla s SO₂ ve spalinách vzroste (viz obr. 18A). Když teplota spalin je nízká, nelze dosáhnout vysoké odsiřovací účinnosti (viz obr. 18 B).

Na druhé straně při teplotách nad 900 °C reaguje oxid uhličitý CO₂ s odsiřovacím činidlem za vzniku CaCO₃, což má za následek snížení množství odsiřovacího činidla, které může reagovat s SO₂, a při vysoké teplotě částice odsiřovacího činidla sintrují, což zabraňuje zvýšení objemu pórů. Proto při běžném způsobu, kdy zachycené částice jsou rozmíchány do břečky a nastříknuty do kotle při teplotě plynu 1000 až 1200 °C, nemůže být vysoká odsiřovací účinnost dosažena.

Příklad 10

Odsiřovací účinnost byla měřena při použití stejného zařízení a za stejných podmínek jako v příkladu 8. Množství použitého odsiřovacího činidla vyjádřené v molárním poměru Ca/S však

bylo měněno od 1 do 3. Výsledky jsou znázorněny na obr. 19. Odsiřovací účinnost je asi 80 % při použití poměru $\text{Ca/S} = 1$.

5 Příklad 11

Odsiřovací účinnost byla měřena při použití stejného zařízení a za stejných podmínek jako v příkladu 8, byly však použity jiné druhy uhlí, jmenovitě pět druhů C až G. V Tabulce 1 je uveden obsah síry těchto druhů uhlí, koncentrace SO_2 ve spalínách na výstupu z kotle 1 a na výstupu z odlučovače prachu 8 a poměr síranu vápenatého (dále nazývaný „oxidační poměr“) ve zreagovaném odsiřovacím činidle (síran a siřičitan vápenatý), které je vypouštěno z odlučovače prachu 8. U všech druhů uhlí bylo dosaženo vysoké odsiřovací účinnosti.

15 Tabulka 1

Druh uhlí	C	D	E	F	G
Obsah síry (%)	0,3	0,5	0,5	2,0	3,1
SO_2 na výstupu z kotle (%)	$2,3 \cdot 10^{-2}$	$4,0 \cdot 10^{-2}$	$4,2 \cdot 10^{-2}$	$1,68 \cdot 10^{-1}$	$2,55 \cdot 10^{-1}$
SO_2 na výstupu z odlučovače prachu (%)	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$3,5 \cdot 10^{-3}$	$4,0 \cdot 10^{-3}$	$1,55 \cdot 10^{-2}$	$2,3 \cdot 10^{-2}$
Oxidační poměr (%)	92	90	85	88	85

20 Příklad 12

Při použití stejného zařízení jako v příkladu 8 a za stejných podmínek jako v příkladu 8, byla měřena odsiřovací účinnost. Byla však použita jiná odsiřovací činidla CaO , CaCO_3 , NaOH , a $\text{Mg}(\text{OH})_2$ a byla testována jejich odsiřovací schopnost. Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 2.

25

Tabulka 2

Odsiřovací činidlo	CaO	CaCO_3	NaOH	$\text{Mg}(\text{OH})_2$
Koncentrace SO_2 na výstupu z odlučovače prachu (%)	$5,0 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$4,0 \cdot 10^{-3}$	$5,0 \cdot 10^{-3}$

30 Srovnávací příklad 2

Ve stejném zařízení jako ve srovnávacím příkladu 1 jsou měřeny oxidační a odsiřovací účinnost při použití šesti různých druhů uhlí B až G za stejných podmínek jako v příkladech 8 a 11. Přitom byla přidávána voda v množství 3 hmotn. % spalin rozprašováním do kouřovodu 6 a 50 hmotn. % částic zachycených v odlučovači bylo opět vpraveno do odsiřovací kolony 4 vedením 22. Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 3. Nalezené oxidační i odsiřovací účinnosti jsou horší než oxidační a odsiřovací účinnosti dosažené v příkladech, ve kterých byly použity postupy podle tohoto vynálezu.

Tabulka 3

Druh uhlí	B	C	D	E	F	G
Obsah síry (%)	0,8	0,3	0,5	0,5	2,0	3,1
SO ₂ na výstupu z kotle (%)	$6,4 \cdot 10^{-2}$	$2,3 \cdot 10^{-2}$	$4,0 \cdot 10^{-2}$	$4,2 \cdot 10^{-2}$	$1,68 \cdot 10^{-1}$	$2,55 \cdot 10^{-1}$
SO ₂ na výstupu z odlučovače prachu (%)	$3,3 \cdot 10^{-2}$	$1,7 \cdot 10^{-2}$	$1,9 \cdot 10^{-2}$	$2,2 \cdot 10^{-2}$	$8,6 \cdot 10^{-2}$	$1,35 \cdot 10^{-1}$
Oxidační poměr (%)	25	21	15	22	13	22

5 Srovnávací příklad 3

Ve stejném zařízení jako ve srovnávacím příkladu 1 byla měřena odsiřovací účinnost pro uhlí B za stejných podmínek jako v pokusu podle příkladu 10. Výsledky jsou znázorněny na obr. 19. Při srovnání s odsiřovací účinností dosaženou způsobem podle tohoto vynálezu, byla odsiřovací účinnost v tomto pokusu nižší za všech podmínek a je patrná tendence naznačující, že rozdíl mezi výsledky je výraznější při použití menšího množství odsiřovacího činidla.

15 Srovnávací příklad 4

Ve stejném zařízení jako v srovnávacím příkladu 1 byla měřena odsiřovací účinnost pro uhlí B za stejných podmínek jako v pokusu podle příkladu 12 při použití odsiřovacích činidel CaO, CaCO₃, NaOH, a Mg(OH)₂. Výsledky těchto pokusů jsou uvedeny v Tabulce 4. Při srovnání s odsiřovací metodou podle tohoto vynálezu, odsiřovací účinnost v tomto srovnávacím příkladu byla vždy nízká a koncentrace SO₂ na výstupu z odlučovače 8 je vysoká.

Tabulka 4

Odsiřovací činidlo	CaO	CaCO ₃	NaOH	Mg(OH) ₂
Koncentrace SO ₂ na výstupu z odlučovače (%)	$2,95 \cdot 10^{-2}$	$4,1 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$3,55 \cdot 10^{-2}$

25

Příklad 13

Na rozdíl od zařízení znázorněného na obr. 16, kde zachycené částice ve formě suchého prášku jsou rozprašovány do kouřovodu 6 při teplotě 600 °C, mohou být zachycené částice smíchány s vodou, aby vytvořily břečku, která je pak rozprášena do kouřovodu 6. Jak je znázorněno na obr. 20, jedna část zachycených částic je nastřikovávána z odlučovače do zařízení 37 na přípravu odsiřovacího činidla a je smíchávána s vodou dodávanou potrubím 28, aby vytvořila břečku. Tato břečka je potom dodávána do kouřovodu 6 čerpadlem 29. Tato metoda rozprašování břečky do kouřovodu 6 je výhodná v tom, že slupka reakčního produktu na povrchu částice odsiřovacího činidla je snadno odstranitelná a že částice odsiřovacího činidla je snadno odstranitelná a že částice odsiřovacího činidla nesnadno reagují s CO₂ ve spalínách. V důsledku toho může být dosažena vysoká odsiřovací účinnost.

Odsiřovací činidlo přiváděné trubkou 10 lze recyklovat. Po přidání vody k zachyceným částicím, jsou tyto částice opět usušeny, slupka produktu odsiřovací reakce je rozrušena; a částice jsou znovu nastřikovány do kouřovodu 6. Při použití tohoto způsobu částice neaglomerují vzhledem ke zničení slupky produktů odsiřovací reakce při sušení. Tím jsou zlepšeny rozprašovací vlastnosti odsiřovacího činidla.

45

Příklad 14

V tomto příkladu znázorněném na obr. 21 jsou spaliny z kotle 1 ochlazeny předehřívatelem vzduchu 3. Odsiřovací činidlo přicházející trubicou 10 je rozprašováno z trysky 11. Odsiřovací činidlo proudí kouřovodem 13 do odsiřovací kolony 4. Uvnitř odsiřovací kolony 4 je rozstříkována voda tryskami 12, aby ochladila spaliny a tak podpořila reakci mezi odsiřovacím činidlem a oxidy síry ve spalinách. Zreagované odsiřovací činidlo je zachyceno v odlučovači prachu 8 a odvedeno z procesu. Spaliny jsou vypouštěny komínem 7.

Jak již bylo popsáno je ve výše zmíněném odsiřovacím způsobu navlhčený prášek, vykazující špatnou fluiditu, ukládán ve spodní části odsiřovací kolony 4. Aby bylo možné hladce odvádět tento navlhčený prášek, je nutné udržovat teplotu spodního zásobníku o 5 °C výše, než je saturační teplota spalin. Proto část spalin je odvedena vedením 23 a nastříkována do spodní části odsiřovací kolony 4 při použití výpomocného dmyhadla 24. V tomto případě je kruhový rozdělovač 26 umístěn v dolní části tohoto zásobníku a spaliny jsou vyfukovány nahoru podél kužele zásobníku z kruhového rozdělovače 26. Současně je řízeno množství spalin přiváděných rozdělovačem 26 na základě údajů teplotního čidla 27, umístěného v dolní části této kolony. Vyjádřeno jinak, aby teplota spodní části zásobníku byla udržována o 5 °C nad saturační teplotou spalin, je množství nastříkovaných spalin řízeno výpomocným dmyhadlem 24 v závislosti na teplotě této části zásobníku, detekované čidlem 27. Odsiřovací činidlo, uložené ve spodní části odsiřovací kolony, je odváděno vypouštěcím vedením 25.

Po 100 hodinách kontinuálního provozu může být prášek snadno odstraněn ze spodního zásobníku. Po skončení pokusu byl vnitřek odsiřovací kolony prohlédnout a nebyly nalezeny žádné tuhé látky jako odsiřovací činidlo.

Na obr. 22 je znázorněn příklad, ve kterém je použit aerační systém pro dodávku spalin do spodní části zásobníku odsiřovací kolony 4.

30

Příklad 15

V příkladech znázorněných na obr. 23 a 24 proudí spaliny z kotle 1 kouřovodem 6 a jsou chlazeny v předehřívací vzduchu 3 a nastříkovány do odsiřovací kolony 4 kouřovodem 13. Odsiřovací činidlo, kterým je hašené vápno, je rozstříkováno z trysky 11 do kouřovodu 13 zaváděcí trubicou pro odsiřovací činidlo 10. Odsiřovací činidlo je unášeno do odsiřovací kolony 4 kouřovodem 13. V odsiřovací koloně je rozstříkována voda z trysek 12 rozdělovače 21, čímž se snižuje teplota spalin.

Současně je termočlánkem 57 měřena teplota v místě 55, na které přímo dopadají vodní rozprašované kapičky. Signál z termočlánku 57 je veden do detektoru 58 a do zařízení na elektronické zpracování dat, ve kterém je vypočítáváno množství rozprašované vody. Toto množství je ovládáno řídicím ventilem 60, takže teplota na výstupu z odsiřovací kolony 4 může být vyšší než tato detekovaná teplota.

45

Spaliny vypouštěné z odsiřovací kolony 4 jsou nastříkovány do odlučovače prachu 8. Uvnitř odsiřovací kolony 4 reaguje odsiřovací činidlo se škodlivými kyselými plyny jako je SO₂ a zreagované odsiřovací činidlo s popelem je zachycováno odlučovačem prachu 8 a odstraňováno. Spaliny jsou vypouštěny komínem 7.

50

Odsiřovací test se provádí na tomto zařízení. Spaluje se uhlí A (koncentrace SO₂ ve spalinách je 0,2 %). Jako odsiřovací činidlo se použije hašené vápno v molárním poměru Ca/S = 2. Teplota na výstupu z odsiřovací kolony 4 se řídí tak, aby byla o 10 °C vyšší, než teplota na místě 55 detekovaná termočlánkem 57, a aby množství vody rozstříkované tryskami 2 bylo řízeno signálem z tohoto termočlánku.

55

Po odstranění vody z plynů na výstupu z kotle 1 a na výstupu z odlučovacího zařízení 8 byly odpovídající koncentrace SO_2 0,2 a 0,04 %. 80 % SO_2 ve spalínách bylo tedy odstraněno.

- 5 Po 100 hodinách kontinuálního provozu byl vnitřek odsiřovací kolony 4 prohlédnout a nebyly nalezeny žádné tuhé látky jako odsiřovací činidlo.

Příklad 16

10

Odsiřovací účinnost byla měřena na stejném zařízení a za stejných podmínek jako v příkladu 15. Teplota plynu na výstupu z odsiřovací kolony byla však řízena tak, aby byla o 5 °C vyšší než teplota na místě 55, která je detekována termočlánkem 57 a aby přitom množství vody rozstříkované tryskami 12 bylo nastavováno podle signálu z termočlánku 57.

15

Po odstranění vody z plynů na výstupu z kotle 1 a na výstupu z odlučovacího zařízení 8, byly odpovídající koncentrace SO_2 0,2 a 0,02 %. 90 % SO_2 ve spalínách bylo tedy odstraněno.

- 20 Jako v příkladu 15 byl po 100 hodinách kontinuálního provozu prohlédnout vnitřek odsiřovací kolony 4 a nebyly nalezeny žádné tuhé látky jako odsiřovací činidlo.

Srovnávací příklad 5

- 25 Bylo použito stejné zařízení jako ve srovnávacím příkladu 1 a odsiřovací zkouška byla provedena pro uhlí A za stejných podmínek jako v příkladu 15.

- 30 Jako v příkladu 15 byl po 100 hodinách kontinuálního provozu vnitřek odsiřovací kolony 4 a vnitřek odlučovacího zařízení na prach prohlédnuty a byly nalezeny 2 kg tuhých látek takových jako odsiřovací činidlo (asi 1 % množství odsiřovacího činidla použitého při pokusu). Mimoto byla pozorována koroze povrchu trubky s tryskami v odsiřovací koloně.

Srovnávací příklad 6

35

Při použití téhož konvenčního zařízení jako ve srovnávacím příkladu 1 byla provedena odsiřovací zkouška pro uhlí A za stejných podmínek jako v příkladu 16.

- 40 Jako v příkladu 16 byly po 100 hodinách kontinuálního provozu vnitřek odsiřovací kolony 4 a vnitřek odlučovacího zařízení na prach prohlédnuty a bylo nalezeno 10 kg tuhých látek takových jako odsiřovací činidlo (asi 5 % množství odsiřovacího činidla použitého při pokusu). Mimoto byla pozorována koroze povrchu trubky s tryskami v odsiřovací koloně.

- 45 Termočlánek 57 může být umístěn kdekoliv, pokud na něj přímo dopadají kapičky rozstříkované vody a v uspořádání podle popisovaného vynálezu může být termočlánek umístěn nad tryskami.

- 50 Aby se zabránilo úsadám odsiřovacího činidla na vnitřních stěnách odsiřovací kolony při použití konvenční metody je nutné, aby teplota na výstupu z odsiřovací kolony byla asi o 10 až 20 °C vyšší, než saturační teplota. Uspořádání podle tohoto vynálezu však umožňuje stabilní operaci i tehdy, je-li teplota pouze o 5 °C vyšší, než adiabatická saturační teplota. Tak může být dosaženo vysoké odsiřovací účinnosti.

Příklad 17

Na obr. 25 je znázorněn příklad zařízení na přípravu odsiřovacího činidla. Vápenec je zahříván v peci, aby vytvořil pálené vápno. Pak je v mixéru smícháno pálené vápno s uhelným popelem. Tato směs páleného vápna a uhelného popela je dodávána z mixéru do hydratačního zařízení; kde pálené vápno a uhelný popel spolu reagují a vytvářejí odsiřovací činidlo o vysokém specifickém povrchu.

Aby vytvořil pálené vápno, je vápenec při přípravě odsiřovacího činidla v zařízení znázorněném na obr. 25 zbavován CO_2 v peci. Může být použit jakýkoliv typ pece, pokud v ní může dojít k rozkladu vápence. Pokud částice odsiřovacího činidla získávaného z hydratačního zařízení aglomerují, je možné použít práškovací zařízení, aby opět došlo k jejich dispergaci.

Odsiřovací účinnost zařízení; ve kterém bylo odsiřovací činidlo připravované tímto způsobem dodáváno rozprašováním do spalín v kouřovodu 13 (obr. 1), byla testována pro uhlí A. Množství vápence odpovídalo molárnímu poměru $\text{Ca/S} = 2$. Popel z uhlí byl dodáván v množství, které odpovídalo 60 % páleného vápna (pálené vápno : popel = 5:3). Množství vody odpovídalo trojnásobnému molárnímu množství páleného vápna. Střední doba zdržení částic v hydratačním zařízení byla 1 hodina. Ostatní podmínky byly stejné jako v příkladu 1.

Koncentrace SO_2 se měřila v plynu, ze kterého byla odstraněna vodní pára. Na výstupu kotle 1 byla tato koncentrace 0,2 % a na výstupu z odlučovače prachu 8, 0,02 %. Tímto postupem bylo tedy odstraněno 90 % SO_2 obsaženého ve spalínách.

Příklad 18

Odsiřovací účinnost byla testována za použití stejného zařízení a za stejných podmínek jako v příkladu 17. Přitom však bylo měněno množství použitého páleného vápna, to jest poměr Ca/S . Poměr páleného vápna k popelu z uhlí byl stejný jako v příkladu 17. Výsledky jsou znázorněny na obr. 26. Čím vyšší je poměr Ca/S , tím vyšší je odsiřovací účinnost. S poměrem $\text{Ca/S} = 1$ se dosahuje odsiřovací účinnosti vyšší než 75 %.

Příklad 19

Odsiřovací účinnost byla testována za použití stejného zařízení a za stejných podmínek jako v příkladu 17. Do vody, která se nastříkuje do hydratačního zařízení, ve kterém se připravuje odsiřovací činidlo byl však přidán křemičitan sodný. Na obr. 27 je znázorněna závislost odsiřovací účinnosti na přidaném množství křemičitanu sodného (v hmotnostních procentech vztažených k pálenému vápnu). Hodnotě 0 % přidaného křemičitanu sodného odpovídá přidání vody v molárním poměru 3,5 k množství páleného vápna. Zvýšení odsiřovací účinnosti je patrné již při přidaných množstvích odpovídajících hodnotě 0,01 %. Při přidání 10 až 20 % je odsiřovací účinnost maximální. Z hlediska hospodárného odsiřování bylo nalezeno při testech s jinými typy uhlí, že množství křemičitanu sodného, vztažené k množství páleného vápna, by mělo být v rozmezí 5 až 20 % hmotn.

Příklad 20

Při použití stejného zařízení jako v příkladu 17, odsiřovací účinnost je testována za podmínek stejných jako v příkladu 17. Do vody, která se nastříkuje do hydratačního zařízení, ve kterém se připravuje odsiřovací činidlo byl však přidán hydroxid sodný. Na obr. 27 je znázorněna závislost odsiřovací účinnosti na přidaném množství hydroxidu sodného (v hmotnostních procentech vztažených k pálenému vápnu). Zvýšení odsiřovací účinnosti je patrné již při přidaném množství

odpovídajícím hodnotě 0,01 %. Při přidání 10 až 20 % je odsiřovací účinnost maximální. Z hlediska hospodárného odsiřování bylo nalezeno při testech s jinými typy uhlí, že množství hydroxidu sodného vztažené k množství páleného vápna by mělo být v rozmezí 5 až 20 % hmotn.

5

Příklad 21

V příkladu 17 není řízena teplota hydratačního procesu při přípravě odsiřovacího činidla. Zavedením kontroly teploty může být kvalita odsiřovacího činidla zvýšena. Obr. 29 ukazuje takový příklad: Hydratační zařízení je vybaveno parním topením a vodním chlazením. Odsiřovací test je proveden za stejných podmínek jako v příkladu 17, ale je používáno odsiřovací činidlo připravené podle tohoto příkladu. Závislost odsiřovací účinnosti na teplotě uvnitř zařízení na přípravu odsiřovacího činidla je znázorněna na obr. 30. Je výhodné, aby teplota uvnitř zařízení na přípravu odsiřovacího činidla byla v rozmezí 80 až 130 °C. Odsiřovací účinnost je snížena, je-li teplota mimo tento rozsah.

15

V témže zařízení jako v příkladu 17 byl proveden odsiřovací test za podmínek stejných jako v příkladu 1, přitom bylo použito pět druhů uhlí s různým obsahem síry. Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 5.

20

Tabulka 5

Druh uhlí	H	I	J	K	L
Obsah síry (%)	0,3	0,3	0,8	1,0	3,0
Odsiřovací účinnost (%)	94	94	90	92	88

25

Příklad 23

Ve stejném zařízení jako v příkladu 1 a za stejných podmínek jako v tomto příkladu byl prováděn odsiřovací test s použitím uhličitanu hořečnatého (MgCO_3) a uhličitanu hořečnatovápennatého ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$). Výsledky jsou uvedeny v Tab. 6.

30

Tabulka 6

Odsiřovací činidlo	MgCO_3	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$
Odsiřovací účinnost (%)	86	89

35

Příklad 24

Na obr. 31 je znázorněn příklad zařízení na přípravu odsiřovacího činidla. Vápenec je zahříván v ohřívací peci, aby vytvořil pálené vápno. Pálené vápno je dodáváno do mísiče: V mísiči je přidán vodní roztok křemičitanu sodného k pálenému vápnu a pálené vápno reaguje s křemičitanem sodným ve vodném roztoku křemičitanu sodného. Směs je dále míchána po určitou dobu, aby vzniklo odsiřovací činidlo, které má vysoký specifický povrch.

40

V zařízení na přípravu odsiřovacího činidla, které je znázorněno na obr. 31, je vápenec zbaven oxidu uhličitého v peci. Může být použit jakýkoliv typ pece, pokud může zbavit vápenec oxidu uhličitého. Může být použit libovolný mísič, pokud je vhodný k míšení prášků.

Takto připravené odsiřovací činidlo je nastříkáváno do spalin v kouřovodu 13 kotle 1, viz obr. 1. S tímto odsiřovacím činidlem byla testována odsiřovací účinnost s použitím uhlí M (obsah

50

síry 1,9 %, obsah popele 12,4 %), které bylo spalováno v zařízení znázorněném na obr. 1. Hašené vápno je dodáváno do pece v množství, odpovídajícím molárnímu poměru $\text{Ca/S} = 1,5$. Křemičitan sodný (vodní sklo) je přidáváno do mísiče v množství, které odpovídá 5 % hmotn., vztaženým k pálenému vápnu. Množství vody dodané v roztoku křemičitanu sodného je 2,5 krát (molárně) vyšší než množství páleného vápna. V odsiřovací zařízení 4 je rozstříkáváno množství odpovídající 3 % hmotn. spalin. Tato voda je přiváděna potrubím 14. 50 % částic zachycených v odlučovači prachu 8 je vráceno do odsiřovací kolony 4 trubkou 22 a zbytek je vypouštěn. Nezreagované odsiřovací činidlo obsažené v částicích zachycených odlučovačem 8 se nezapočítává do hodnoty Ca/S .

Po odstranění vody z plynů na výstupu z kotle 1 a na výstupu z odlučovacího zařízení 8 byly odpovídající koncentrace SO_2 0,154 % a 0,018 %. Bylo tedy ze spalin odstraněno 88 % SO_2 .

Příklad 25

Odsiřovací účinnost byla měřena na stejném zařízení a za stejných podmínek jako v příkladu 24 s tou výjimkou, že bylo měněno množství používaného páleného vápna, tj. byl měněn poměr Ca/S . Výsledky jsou znázorněny na obr. 32. Odsiřovací účinnost je obecně vyšší než účinnost naměřená ve srovnávacích příkladech popsaných později. Čím vyšší je Ca/S , tím vyšší je odsiřovací účinnost. Odsiřovací účinnost vyšší než 70 % byla dosažena dokonce při poměru $\text{Ca/S} = 1,0$.

Příklad 26

Odsiřovací účinnost byla měřena na stejném zařízení a za stejných podmínek jako v příkladu 24 s tou výjimkou, že bylo měněno množství křemičitanu sodného, používaného při přípravě odsiřovacího činidla. Na obr. 23 je znázorněna závislost odsiřovací účinnosti na množství použitého křemičitanu sodného. Hodnotě 0 % přidaného křemičitanu sodného odpovídá přidání vody v molárním množství 2,5 k množství páleného vápna. Zvýšení odsiřovací účinnosti je patrné již při přidaných množstvích odpovídajících hodnotě 0,01 %. Při 10 až 20 % je odsiřovací účinnost maximální. Je-li množství křemičitanu sodného vyšší než 50 %, pak je odsiřovací účinnost stejná nebo nižší než při použití činidla připraveného bez křemičitanu. Z hlediska hospodárního odsiřování bylo nalezeno při testech s jinými typy uhlí, že množství křemičitanu sodného by mělo být v rozmezí 1 až 20 % hmotn.

Ačkoliv důvod pro snížení odsiřovací účinnosti při použití vyššího množství křemičitanu sodného není zcela jasný, lze předpokládat, že za přebytku křemičitanu sodného se uzavírají již vytvořené póry. Na obr. 34 je znázorněna závislost specifického povrchu měřeného metodou N_2BET na množství křemičitanu sodného. Ukazuje se, že původně vytvořený specifický povrch se snižuje.

Příklad 27

Odsiřovací činnost byla měřena na stejném zařízení a za stejných podmínek jako v příkladu 24 s tou výjimkou, že vápenec byl nejprve zbaven oxidu uhličitého a potom ochlazen a teplota páleného vápna k dodání do mísiče se měnila po přidání vodního roztoku křemičitanu vápenatého k pálenému vápnu. Obr. 35 ukazuje závislost odsiřovací účinnosti na teplotě páleného vápna při přidávání vodného roztoku křemičitanu vápenatého. Je-li teplota páleného vápna nižší než 100 °C, odsiřovací účinnost má tendenci se poněkud snižovat. Je výhodné, aby přidávaný roztok křemičitanu sodného měl teplotu alespoň 100 °C.

Příklad 28

Odsiřovací účinnost byla měřena na stejném zařízení a za stejných podmínek jako v příkladu 24 při použití pěti druhů uhlí, které měly různý obsah síry. Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 7.

Tabulka 7

Druh uhlí	H	I	J	K	L
Obsah síry (%)	0,3	0,3	0,8	1,0	3,0
Odsiřovací účinnost (%)	90	91	87	90	84

Příklad 29

Odsiřovací účinnost byla měřena na stejném zařízení a za stejných podmínek jako v příkladu 24 s tím, že byl použit uhličitan hořečnatý (MgCO_3) a uhličitan hořečnato-vápenatý ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$). Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 8.

Tabulka 8

Odsiřovací činidlo	MgCO_3	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$
Odsiřovací účinnost (%)	82	85

Srovnávací příklad 7

Ve stejném zařízení jako v srovnávacím příkladu 1 a za stejných podmínek jako v postupu popsaném v příkladu 24 byla měřena odsiřovací účinnost pro uhlí M. Dosažená odsiřovací účinnost pro různé poměry Ca/S je znázorněna na obr. 32. Nalezená odsiřovací účinnost je ve srovnání s účinnostmi zaznamenanou při postupech podle tohoto vynálezu nižší.

Srovnávací příklad 8

Podle stejného postupu jako ve srovnávacím příkladu 7 (avšak při poměru $\text{Ca/S} = 1,5$) byla měřena odsiřovací účinnost v pokusech s pěti druhy uhlí, jak je uvedeno v příkladu 28. Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 9. Ve srovnání s postupy podle tohoto vynálezu jsou odsiřovací účinnosti pro všechny druhy uhlí nižší.

Tabulka 9

Druh uhlí	H	I	J	K	L
Obsah síry (%)	0,3	0,3	0,8	1,0	3,0
Odsiřovací účinnost (%)	32	39	36	30	30

Srovnávací příklad 9

Ve stejném zařízení jako ve srovnávacím příkladu 1 a za stejných podmínek, jako v pokusu podle příkladu 28 byla měřena odsiřovací účinnost pro uhlí M. Výsledky jsou znázorněny v Tabulce 10.

Ze srovnání s odsiřovací účinností postupů podle tohoto vynálezu vyplývá, že nalezená odsiřovací účinnost je nižší.

5 Tabulka 10

Odsiřovací činidlo	MgCO ₃	CaCO ₃ .MgCO ₃
Odsiřovací účinnost	30	32

Na rozdíl od výše uvedených příkladů 17 až 19, kde zahříváním vápence se získává pálené vápno, je rovněž možné použít pálené vápno získané zahřátím vápna hašeného. Mimoto může být
10 použit jakýkoliv vhodný jílovitý materiál, pokud při jeho zahřívání nebo podobně vznikne oxid kovů žiravých zemin.

Příklad 30

15 Při postupu podle tohoto příkladu bylo použito odsiřovací činidlo vzniklé zahříváním břechky získané smíšením popelu z uhlí a hašeného vápna. Tato břечka je potom rozprašována do spaliny v kouřovodu a spaliny vzniklé spalováním uhlí v kotli jsou odsiřovány.

20 Jak je znázorněno na obr. 36 jsou spaliny z kotle 1 chlazeny v ohříváči vzduchu 3 a nastříkovány do odsiřovací kolony 4. Hašené vápno, popel z uhlí, částice odsiřovacího činidla získané v odlučovacím zařízení 8, voda a křemičitan sodný jsou nastříkovány do zařízení na přípravu odsiřovacího činidla 37 a promíchávány v mísiči. Může být použit libovolný mísič, který je schopen směs zpracovat. Tato směs je odsiřovací břечka, která má vysoký specifický povrch a je
25 nastříkována do kouřovodu 13 nebo do odsiřovací kolony 4, aby reagovala se škodlivými kyselými látkami jako je SO₂. Současně může být do kouřovodu 13 nebo do odsiřovací kolony 4 nastříkována voda, aby ochladila spaliny a zvýšila jejich vlhkost. Odsiřovací činidlo, které částečně zreagovalo, je zachyceno společně s popelem ve spalínách v odlučovací prachu 8 a část je dodávána do zařízení 37 na výrobu odsiřovacího činidla. Zbývající odsiřovací činidlo a popel
30 z uhlí jsou vypouštěny. Uvnitř zařízení na přípravu odsiřovacího činidla jsou hašené vápno, popel z uhlí, voda a křemičitan sodný. S použitím tohoto zařízení byla měřena odsiřovací účinnost při spalování uhlí M. Bylo použito takového množství hašeného vápna, aby poměr Ca/S byl 1,5. Křemičitan sodný (vodní sklo) byl dodán v množství 5 % hmotn., vztaženo k množství tuhých částic v zařízení na přípravu odsiřovacího činidla 37. Voda byla v odsiřovací koloně rozstří-
35 kovávána v množství, které odpovídalo 3 % hmotn. spalin. Připravené odsiřovací činidlo bylo dodáváno do kouřovodu 13 vedením 22. V zařízení na přípravu odsiřovacího činidla je břечka upravena vodou tak, aby obsahovala 30 % hmotn. činidla a je zahřáta na 100 °C. Střední doba zdržení částice v tomto zařízení je 2 hodiny. Dosahovaná stříhová rychlost v zařízení 37 na přípravu odsiřovacího činidla je 10 s⁻¹. 50 % částic zachycených v odlučovací částici 8 je vráceno
40 do zařízení 37 na přípravu odsiřovacího činidla; zbytek je vypouštěn. Nezareagované odsiřovací činidlo obsažené v částicích zachycených odlučovačem prachu 8 se nezapočítává do hodnoty poměru Ca/S.

Koncentrace SO₂ se měřila ve vzorcích plynu, z kterých byla odstraněna vodní pára, a to na
45 výstupu z kotle 1, 0,154 %, a na výstupu z odlučovače prachu 8, 0,015 %. Tímto postupem se tedy odstranilo 90 % SO₂ obsaženého ve spalínách. Specifický povrch odsiřovacího činidla před odsiřovací reakcí je 65 m²/g. Ze skutečnosti, že specifický povrch hašeného vápna i popela z uhlí je více než 10 m²/g je možno usuzovat, že popsany postup zrání odsiřovacího činidla zvyšuje jeho specifický povrch.

50

Příklad 31

Odsiřovací účinnost byla měřena ve stejném zařízení jako v příkladu 30 a za stejných podmínek jako v pokusu podle příkladu 31. Bylo však měněno množství použitého hašeného vápna (a tím i poměr Ca/S). Výsledky jsou vyjádřeny křivkou a na obr. 37. Čím vyšší je poměr Ca/S tím vyšší je dosažené odsíření. Odsiřovací účinnosti alespoň 75 % bylo dosaženo dokonce i s poměrem Ca/S = 1. Obr. 37 ukazuje odsiřovací účinnost, která byla dosažena, když v zařízení na přípravu odsiřovacího činidla byly smíchány pouze popel z uhlí a voda (bez použití křemičitanu sodného – viz křivka b).

Odsiřovací účinnost byla měřena ve stejném zařízení jako v příkladu 30 a za stejných podmínek jako v pokusu podle příkladu 30. Byla však měněna střední doba zdržení změnou zádrže v zařízení na přípravu odsiřovacího činidla 37. Závislost odsiřovací účinnosti na střední době zdržení je znázorněna na obr. 38 křivkou a. Dostatečně vysoká odsiřovací účinnost může být dosažena i když střední doba zdržení je krátká. Obr. 38 ukazuje také hodnoty odsiřovací účinnosti v případě, že odsiřovací činidlo je připraveno z popele z uhlí a z vody, které se smíchají bez přídavku křemičitanu sodného (b).

Příklad 32

Odsiřovací účinnost byla měřena ve stejném zařízení jako v příkladu 30 a za stejných podmínek jako v pokusu podle příkladu 30. Bylo však měněno množství přidávaného křemičitanu sodného (v poměru k tuhým částicím). Výsledky jsou znázorněny na obr. 39. Zvýšení odsiřovací účinnosti je patrné již při přídavcích odpovídajících 0,1 % množství tuhých částic. V případě uhlí M se při vyšším přídavku než 10 % hmotn. odsiřovací účinnost již nezvyšuje. Z ekonomického hlediska je tedy vhodné přidávat 0,1 až 10 % hmotn. Podobná šetření byla provedena v pokusech s druhým uhlím, které se lišily obsahem síry. Bylo zjištěno, že výhodné množství přidávaného křemičitanu sodného je 0,1 až 30 % hmotn., vztaženo k celkové hmotnosti tuhých částic.

Příklad 33

Odsiřovací účinnost byla měřena ve stejném zařízení, jako v příkladu 30 a za stejných podmínek jako v pokusu podle příkladu 30. Byla však měněna rychlost otáčení míchadla mísiče v zařízení 37 na přípravu odsiřovacího činidla a zjišťovány závislosti odsiřovací účinnosti na stříhové rychlosti. Výsledky jsou uvedeny na obr. 40. Při vysoké stříhové rychlosti je dispergace břečky dobrá a proto se odsiřovací účinnost zvyšuje. Z hlediska odsiřovací účinnosti by mělo být zajištěno dobré míchání při stříhových rychlostech alespoň 10 s^{-1} .

Příklad 34

Odsiřovací účinnost byla měřena ve stejném zařízení jako v příkladu 30 a za stejných podmínek jako v pokusu podle příkladu 30 při použití pěti typů uhlí, které mají různý obsah síry. Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 11.

Tabulka 11

Druh uhlí	H	I	J	K	L
Druh uhlí	0,3	0,3	0,8	1,0	3,0
Odsiřovací účinnost (%)	94	95	93	92	88

Příklad 35

Při použití zařízení znázorněného na obr. 41 byla měřena odsiřovací účinnost v pokusech s uhlím M. V tomto příkladu je přidáván křemičitan sodný míchán s vodou v zásobníku 38, kde se upravuje viskozita, a potom je tato směs dodávána do zařízení 37 na přípravu odsiřovacího činidla. Viskozita vodného roztoku křemičitanu sodného je silně závislá na jeho koncentraci. Je-li vodný roztok o vysoké viskozitě dodáván do zařízení 37 na přípravu odsiřovacího činidla, křemičitan sodný nemůže být snadno v břečce rozpuštěn. Proto se koncentrace křemičitanu lokálně zvýší, a v důsledku toho částice hašeného nebo páleného vápna aglomerují a tedy odsiřovací činidlo s vysokým specifickým povrchem nemůže být připraveno. Aby se tomuto zabránilo, křemičitan sodný je rozředěn vodou v zásobníku 38 tak, aby viskozita roztoku nebyla vyšší než 10 Pa.s. Bylo nalezeno, že výše popsany problém lze řešit přidáváním takto upraveného roztoku křemičitanu sodného do zařízení 37 na přípravu odsiřovacího činidla.

Obr. 42 ukazuje závislosti odsiřovací účinnosti na viskozitě roztoku křemičitanu sodného (upravené změnou ředícího poměru v zásobníku 38 na úpravu viskozity. Odsiřovací podmínky jsou stejné jako v příkladu 30). Když viskozita převyšuje 10 Pa.s, specifický povrch odsiřovacího činidla postupně roste. Proto by viskozita roztoku křemičitanu sodného neměla být vyšší než 10 Pa.s.

Příklad 36

Odsiřovací účinnost byla měřena na zařízení znázorněném na obr. 43 při použití uhlí M. V tomto příkladu je na vstupu do zařízení 37 na přípravu odsiřovacího činidla použit mlýn 39 na mokré mletí a v přítomnosti popelu z uhlí je zpracováváno hašené vápno, voda a křemičitan sodný. Rozemletá břečka je dodávána z mlýnu 39 do zařízení 37 na přípravu odsiřovacího činidla a při mletí je zahřívána, přičemž se připravuje odsiřovací činidlo o vysokém specifickém povrchu. Rozemílání hašeného vápna a popele z uhlí zvyšuje jejich reaktivitu, takže může být připraveno odsiřovací činidlo o vysoké schopnosti absorpce SO₂. Za stejných podmínek jako v příkladu 30, je měřena odsiřovací účinnost při pokusech s uhlím M. V Tabulce 12 jsou uvedeny údaje o odsiřovací účinnosti při přidavku křemičitanu sodného a bez přidavku této látky, a v případě, že se jedná o přidavek mletého nebo nemletého křemičitanu sodného.

Tabulka 12

	žádný křemičitan sodný	5 % křemičitanu sodného
bez mletí	35	90
s mletím	58	96

Zahřívací plášť mlýna 39 způsobuje, že zrání může probíhat současně s mletím v mlýnu 39 a zařízení 37 na přípravu odsiřovacího činidla může odpadnout.

Přestože v předcházejících případech je odsiřovací činidlo rozstříkováno ve formě břečky do kouřovodu 13 nebo do odsiřovací kolony 4, je možné břečku odcházející ze zařízení 37 na přípravu odsiřovacího činidla vysušit na prášek a ten následně rozprašovat do kouřovodu nebo do odsiřovací kolony 4.

Příklad 37

V tomto příkladu znázorněném na obr. 44 jsou hašené vápno, popel z uhlí, voda a křemičitan sodný smíchány v mísiči 33, namísto toho, aby se zahřívala břečka odsiřovacího činidla v zařízení 37 na přípravu odsiřovacího činidla způsobem popsáním v příkladech 30 až 37. Takto

získaná břecha se nastříkuje do topeniště kotle 1 nebo do kouřovodu 13. Takto může být dosaženo stejného zracího efektu, ale v kratším čase. V mísiči 33 se provádí pouze promíchání práškovitých substancí a tento mísič může být menší než zařízení 37 na přípravu odsiřovacího činidla, např. se může jednat o potrubní mísič. Obr. 45 znázorňuje závislost odsiřovací účinnosti na teplotě v případě, že odsiřovací činidlo připravené za stejných podmínek jako v příkladu 30 (až na zahřívání), je rozptylováno do kotle nebo do kouřovodu 13. Z hlediska odsiřovací účinnosti by tato teplota měla být v rozsahu 300 až 1000 °C. Při teplotách vyšších než 1000 °C sintrují částice odsiřovacího činidla a při teplotách pod 300 °C neproběhne reakce mezi hašeným vápnem a popelem z uhlí. Jsou-li pracovní podmínky mimo tento rozsah, je možno očekávat, že odsiřovací účinnost bude z těchto důvodů snížena.

Srovnávací příklad 10

Podle stejného postupu jako ve srovnávacím příkladu 1 (avšak při poměru Ca/S = 1,5) byla v pokusech s pěti druhy uhlí, uvedenými v příkladu 34; měřena odsiřovací účinnost. Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 13. Ze srovnání s příklady podle tohoto vynálezu je odsiřovací účinnost ve srovnávacích příkladech ve všech případech nižší.

Tabulka 13

Druh uhlí	H	I	J	K	L
Obsah síry (%)	0,3	0,3	0,8	1,0	3,0
Odsiřovací účinnost (%)	40	47	44	39	32

Ve výše uvedených příkladech 30 až 37 bylo použito hašené vápno jako sloučenina kovu žíravých zemin a popel z uhlí jako křemičitá látka, mohou však jako sloučeniny kovu žíravých zemin být použity vápenec, siřičitan vápenatý a jako křemičité látky síran vápenatý a popel z uhlí; křemičitý písek, bentonit či kaolin. Rovněž je možno použít dvě nebo více látek v kombinaci. Přestože bylo dále použito vodní sklo (JIS No.1), je možné použít i jiný druh křemičitanu sodného.

Přestože ve výše uvedených příkladech 1 až 37 byly jako odsiřovací činidla použity hašené vápno, pálené vápno, uhličitan hořečnatý nebo uhličitan hořečnato-vápenatý je možné použít oxid, hydroxid či uhličitan alkalického kovu nebo kovu žíravých zemin jako jsou hydroxid sodný nebo uhličitan sodný.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob suchého odsiřování plynných spalin fosilních paliv, při němž se do plynných spalin přidává odsiřovací činidlo a tuhé částice zreagovaného odsiřovacího činidla a popílků se odlučují od odsiřovaných plynných spalin, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že po přidání odsiřovacího činidla do proudu plynných spalin se v tomto proudu vířivým způsobem rozptyluje voda a tuhé částice zreagovaného odsiřovacího činidla se spolu s popílkem odlučují od plynných spalin.

2. Způsob suchého odsiřování plynných spalin podle nároku 1, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že se voda do plynných spalin rozptyluje pomocí rozptylovacího plynu, kterým je vzduch nebo vodní pára.

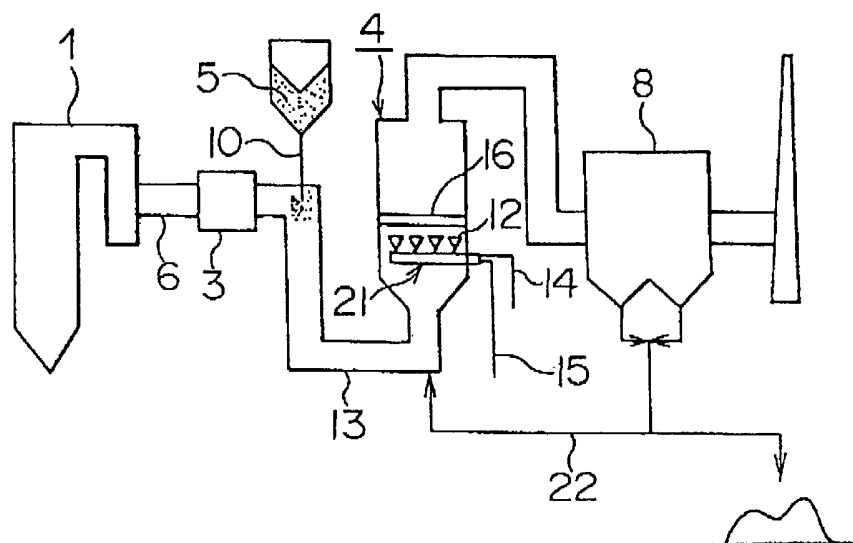
3. Způsob suchého odsiřování plyných spalin podle nároků 1 a 2, **vyznačující se tím**, že se plyné spaliny před odsiřováním ochlazují výměnou tepla na teplotu nižší než 200 °C.
- 5 4. Způsob suchého odsiřování plyných spalin podle nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že se odsiřovací činidlo přidává do proudu plyných spalin při teplotách do 200 °C.
- 10 5. Způsob suchého odsiřování plyných spalin podle nároků 1 až 4, **vyznačující se tím**, že se voda rozptyluje do proudu plyných spalin v množství 0,02 až 0,05 litru na 1 m³ plyných spalin.
- 15 6. Způsob suchého odsiřování plyných spalin podle nároků 1 až 5, **vyznačující se tím**, že se voda rozptyluje do proudu plyných spalin pod úhlem 40 až 180° vzhledem k proudu plyných spalin.
- 20 7. Způsob suchého odsiřování plyných spalin podle nároků 1 až 6, **vyznačující se tím**, že se voda rozptyluje do proudu plyných spalin za vzniku gradientu vlhkosti v rovině kolmé ke směru proudu plyných spalin, přičemž gradient vlhkosti klesá od středu proudu plyných spalin směrem k obvodu proudu plyných spalin.
- 25 8. Způsob suchého odsiřování plyných spalin podle nároků 1 až 7, **vyznačující se tím**, že se do proudu plyných spalin po přidání odsiřovacího činidla přivádí před rozstříkem vody část plyných spalin nebo ohřátý vzduch, obojí o teplotě alespoň o 5 °C vyšší, než je teplota plyných spalin.
- 30 9. Způsob suchého odsiřování plyných spalin podle nároků 1 až 8, **vyznačující se tím**, že se odloučené tuhé částice zreagovaného odsiřovacího činidla spolu s popílkem po odloučení od proudu plyných spalin přivádějí do proudu plyných spalin v teplotním pásmu 500 až 900 °C k doreagování odsiřovacího činidla.
- 35 10. Způsob suchého odsiřování plyných spalin podle nároků 1 až 9, **vyznačující se tím**, že se k odloučeným tuhým částicím zreagovaného odsiřovacího činidla a popílku přidává voda a vzniklá břečka se přivádí do proudu plyných spalin v teplotním pásmu 500 až 900 °C.
- 40 11. Způsob suchého odsiřování plyných spalin podle nároků 1 až 10, **vyznačující se tím**, že se vzniklá břečka suší a vzniklý prášek se rozprašuje do proudu plyných spalin v teplotním pásmu 500 až 900 °C.
- 45 12. Zařízení k suchému odsiřování plyných spalin fosilních paliv, sestávající z odsiřovací kolony, do jejíž spodní části ústí kouřovod vedoucí z pece na spalování fosilních paliv, ze zásobníku odsiřovacího činidla a z odlučovače zreagovaného odsiřovacího činidla a popílku spojeného s odsiřovací kolonou kouřovodem, **vyznačující se tím**, že ve spodní části odsiřovací kolony (4) je umístěna aparatura (21), pomocí které se vířivě rozptyluje voda do proudu plyných spalin, složená z přívodu vody (14), přívodu rozptylovacího plynu (15), rozptylovaných trysek (12) a nad nimi situovaného dispergačního prostředku (16) k vytváření vírů vody s rozptylovacím plynem v proudu odsiřovaných plyných spalin.
- 50 13. Zařízení k suchému odsiřování plyných spalin podle nároku 12, **vyznačující se tím**, že mezi kouřovodem (6), vedoucím z pece (1) na spalování fosilních paliv a kouřovodem (13) ústícím do spodní části odsiřovací kolony (4) je zařazen výměník tepla (3), a vývod (10) ze zásobníku (5) odsiřovacího činidla je veden do kouřovodu (13).
- 55 14. Zařízení k suchému odsiřování plyných spalin podle nároků 12 a 13, **vyznačující se tím**, že úhel os rozptylovacích trysek (12) vzhledem ke směru proudu plyných spalin je 40 až 180°.

15. Zařízení k suchému odsiřování plyných spalin podle nároků 12 až 14, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že rozptylovací trysky (12) jsou umístěny ve vzdálenosti 1 až 5 m od vstupu plyných spalin do odsiřovací kolony (4).
- 5
16. Zařízení k suchému odsiřování plyných spalin podle nároků 12 až 15, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že aparatura (21) k vířivému rozptýlu vody je složena ze dvou skupin rozptylovacích trysek (12), jež jsou upevněny v opačných částech odsiřovací kolony (4).
- 10
17. Zařízení k suchému odsiřování plyných spalin podle nároků 12 až 16, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že je vybaveno přívodem (22) části horkých plyných spalin nebo ohřátého vzduchu, napojeným na ústí kouřovodu (13) do odsiřovací kolony (4).

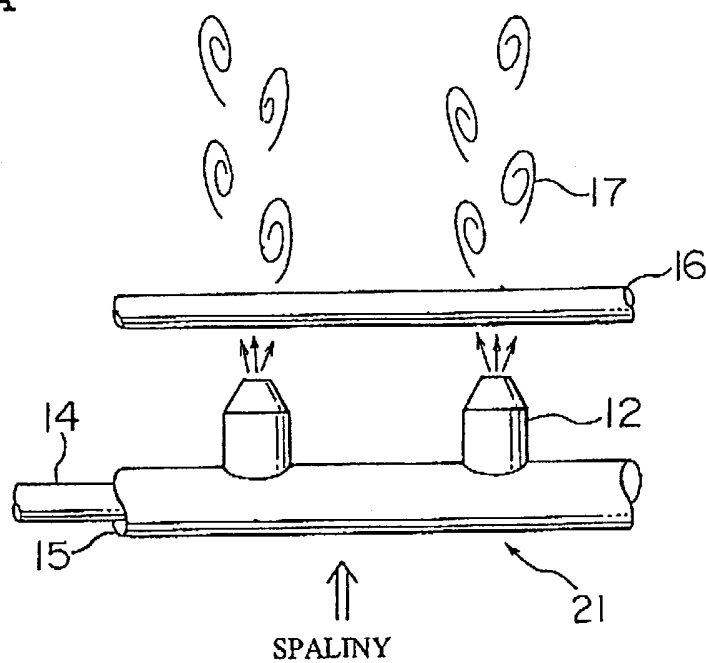
15

24 výkresů

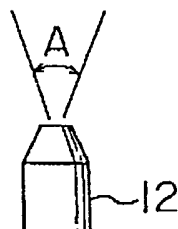
obr. 1



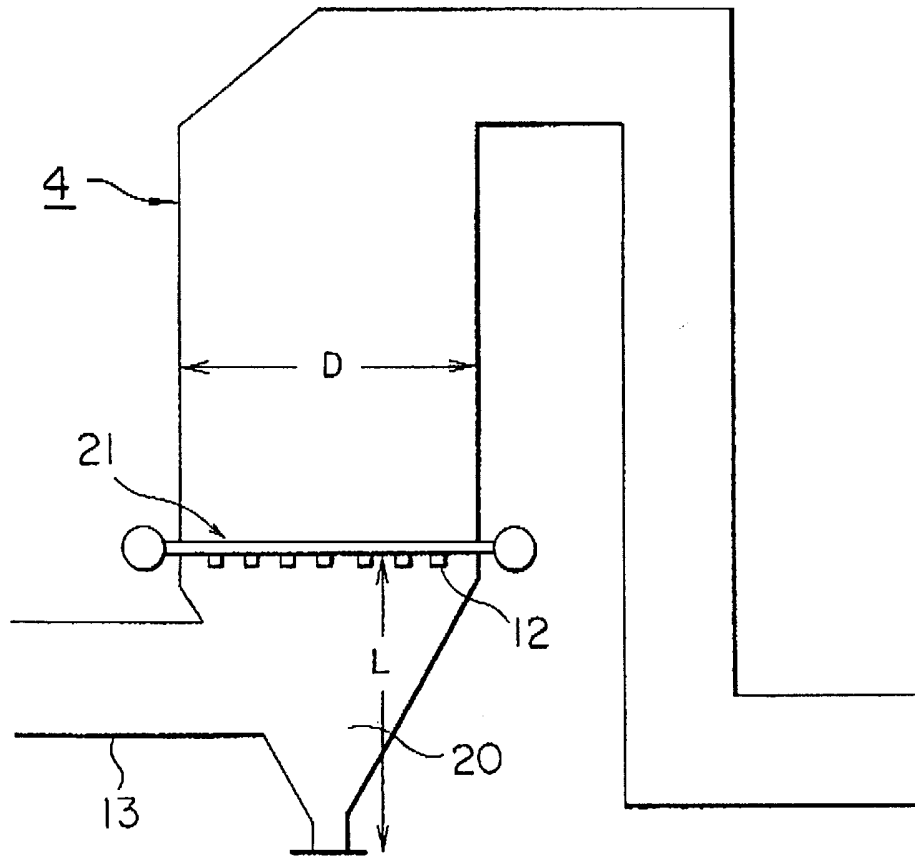
obr. 2A



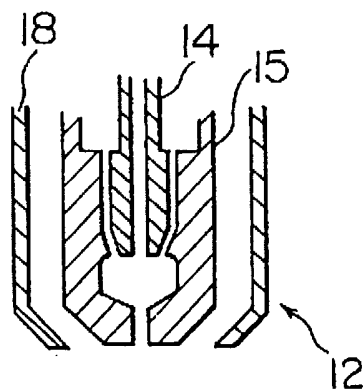
obr. 2B



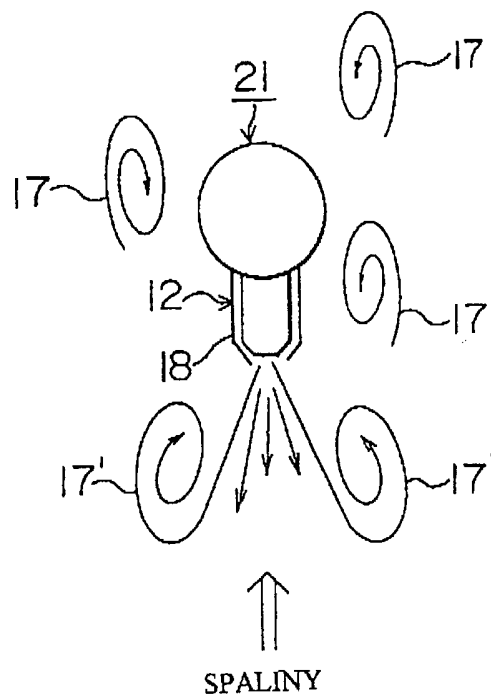
obr. 3



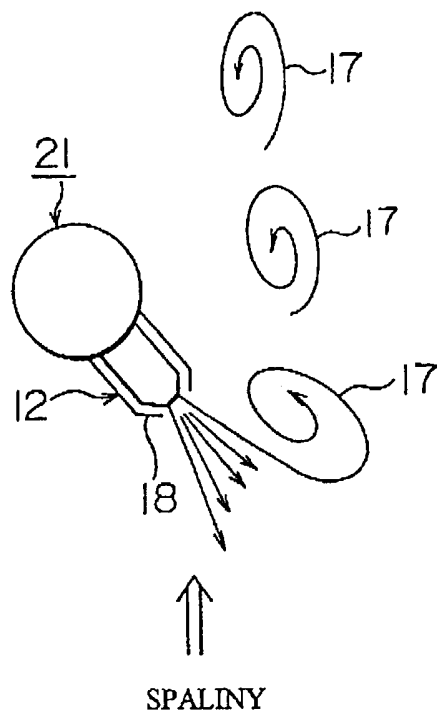
obr. 4



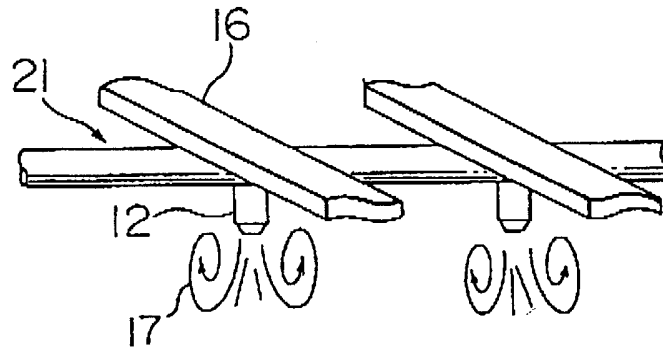
obr. 5A



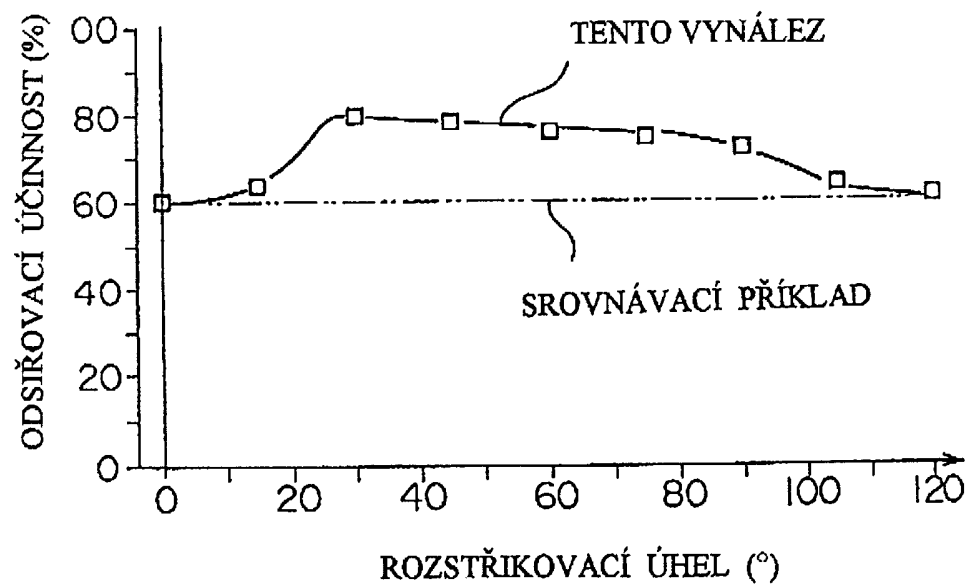
obr. 5B



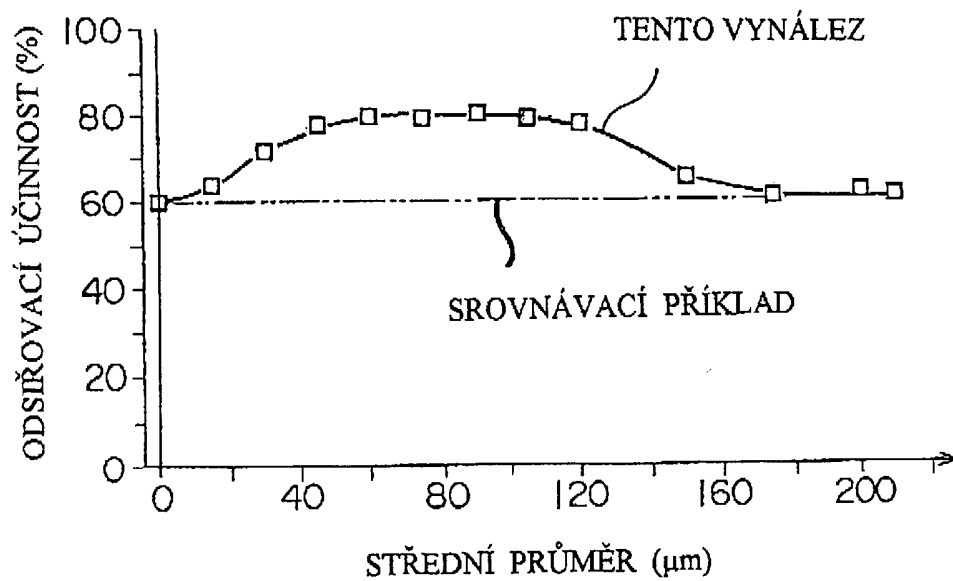
obr. 6



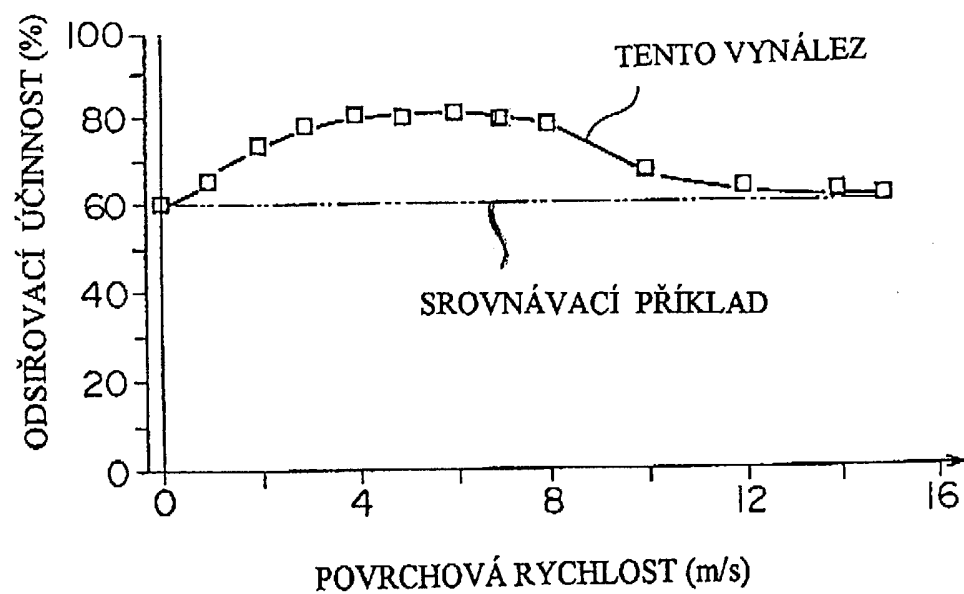
obr. 7



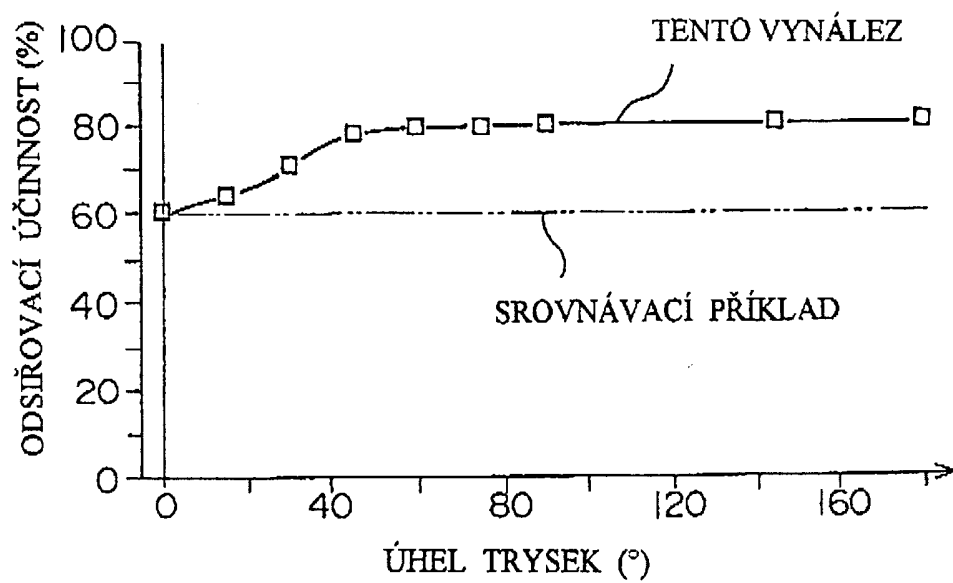
obr. 8



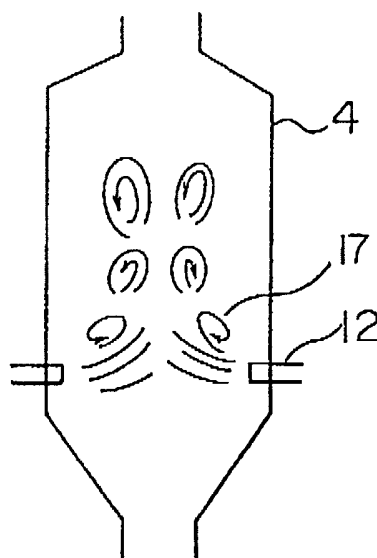
obr. 9



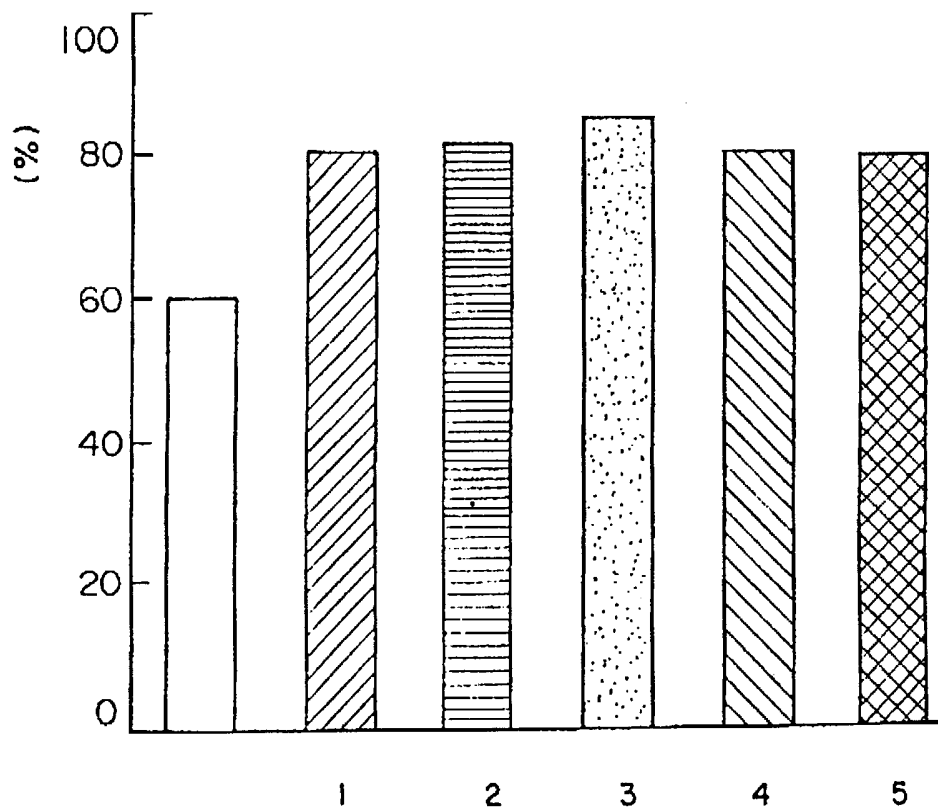
obr. 10



obr. 11



obr. 12



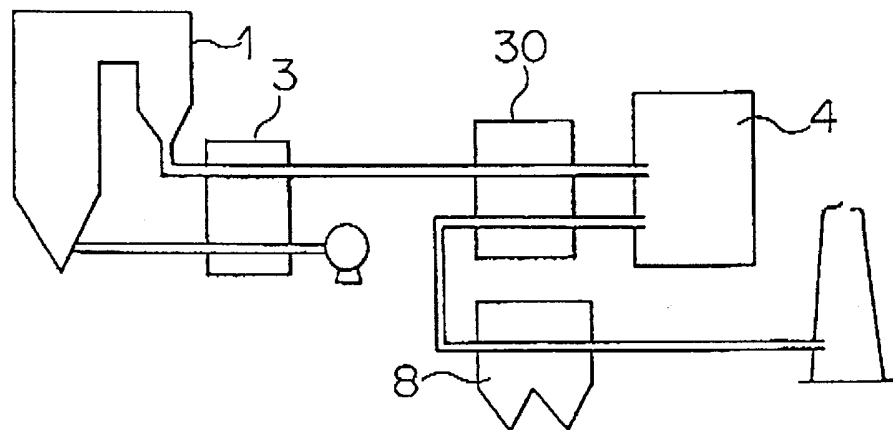
: 2000 ppm

Ca / S : 2

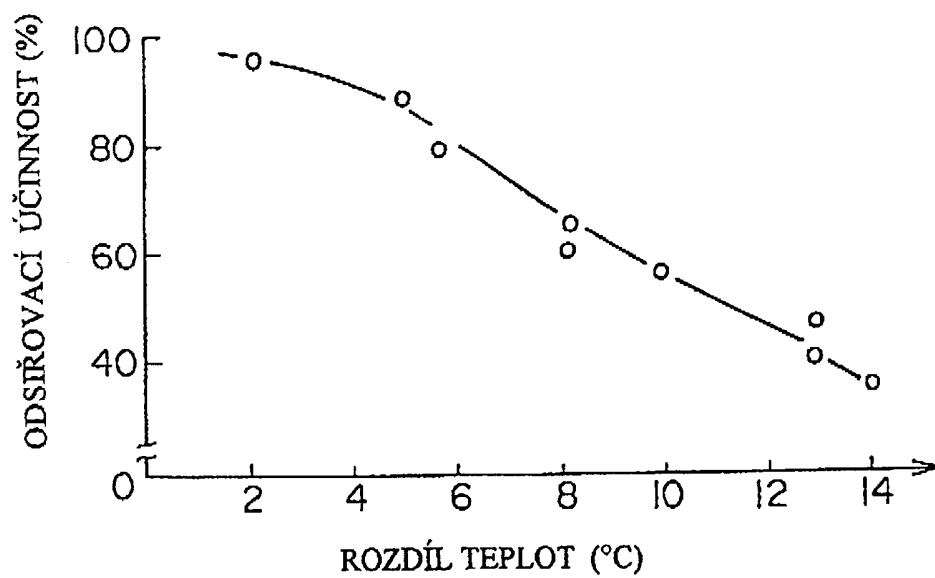
: 65°C

: 63%

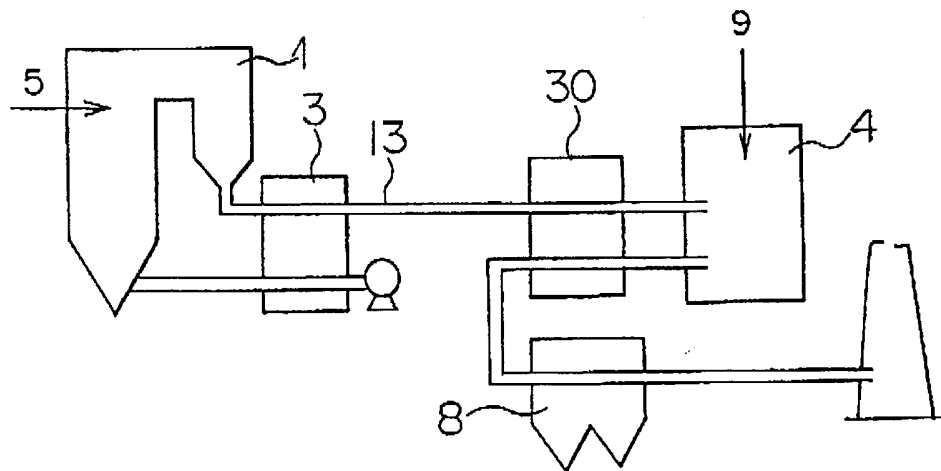
obr. 13



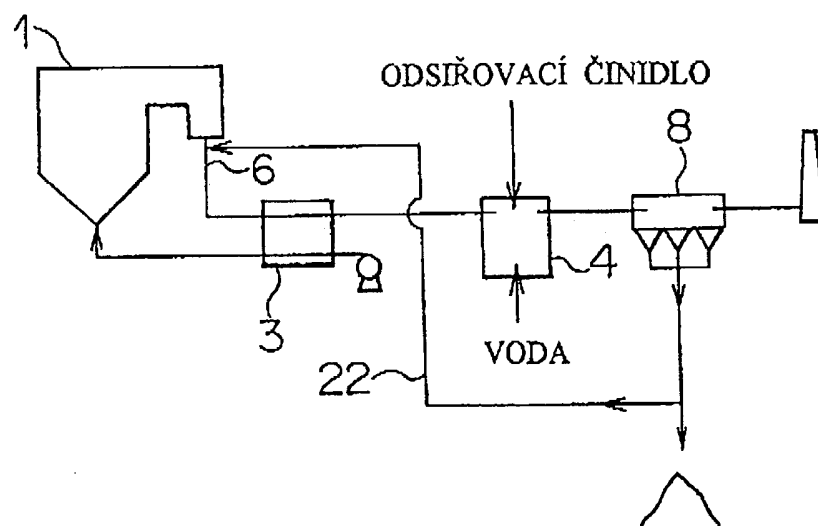
obr. 14



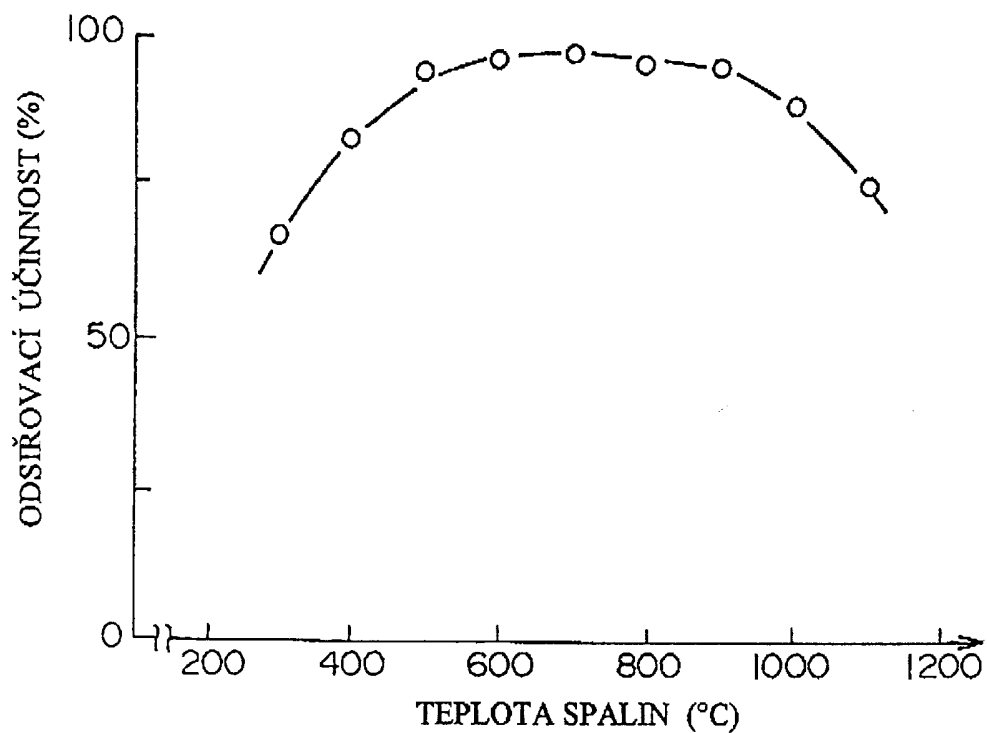
obr. 15



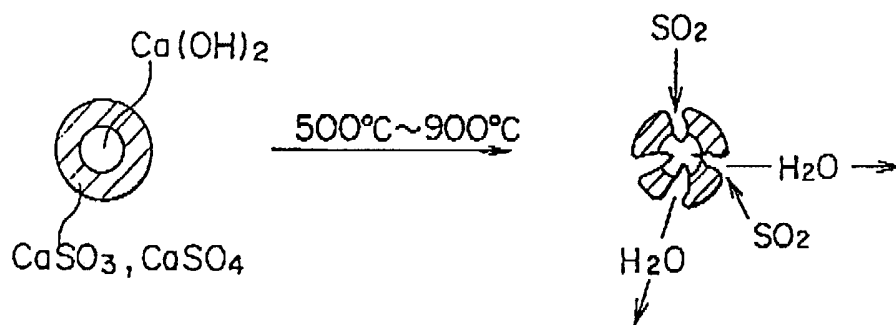
obr. 16



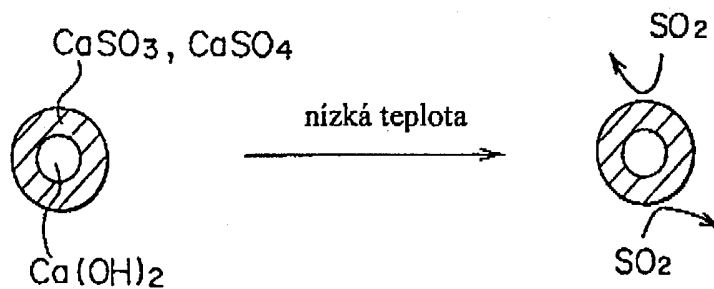
obr. 17



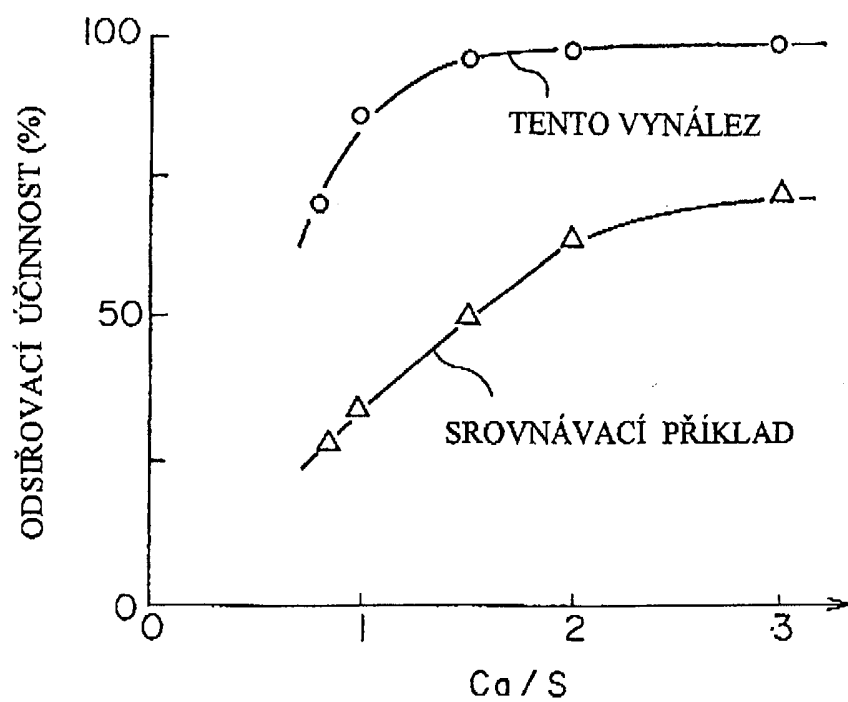
obr. 18A



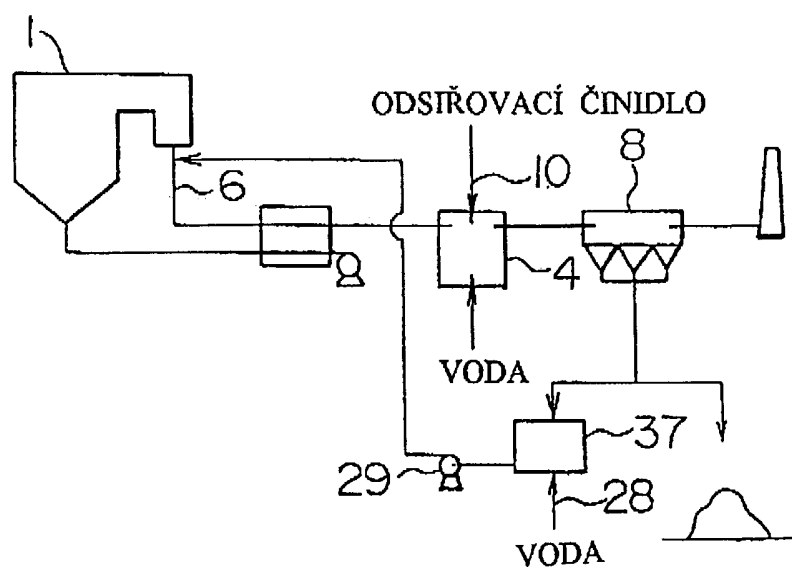
obr. 18B



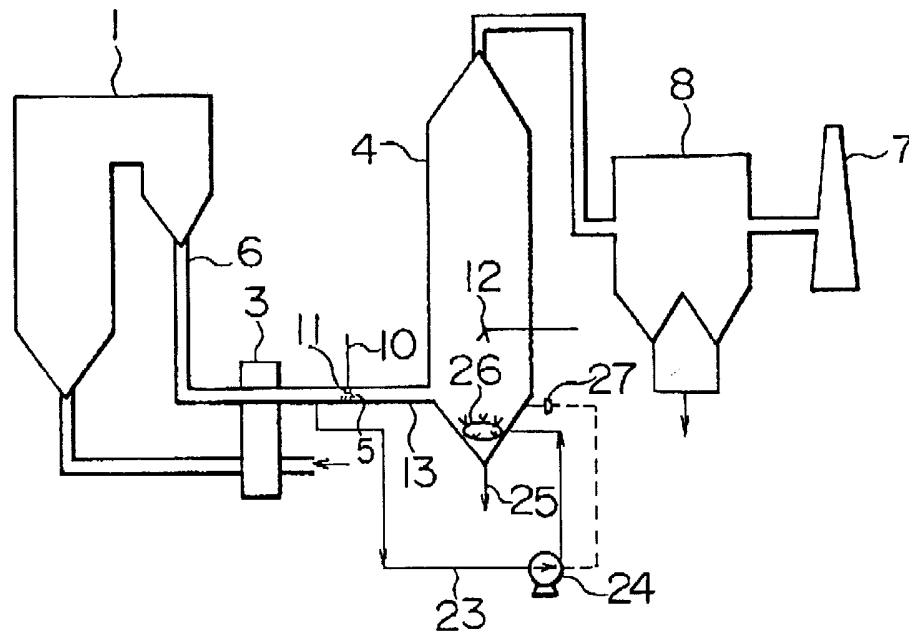
obr. 19



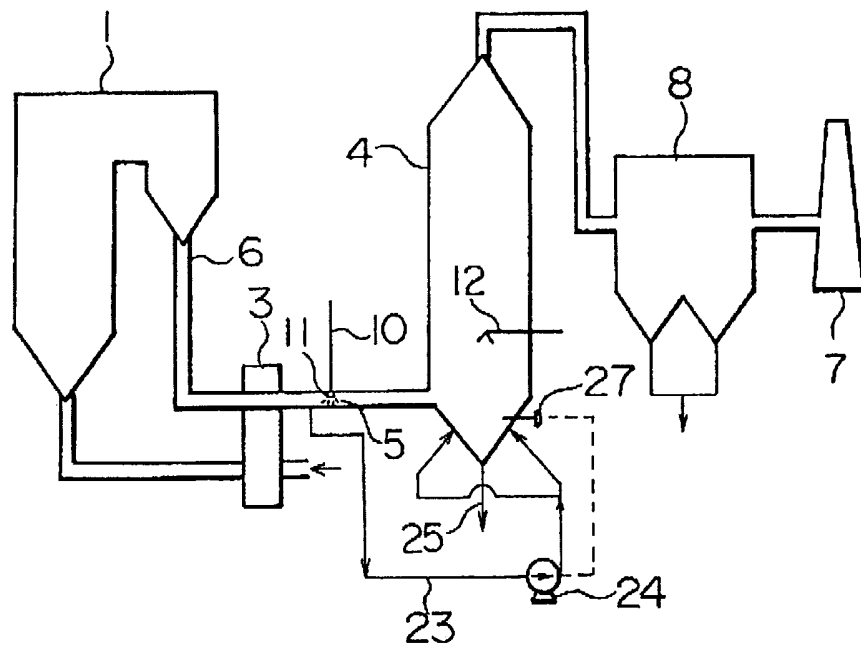
obr. 20



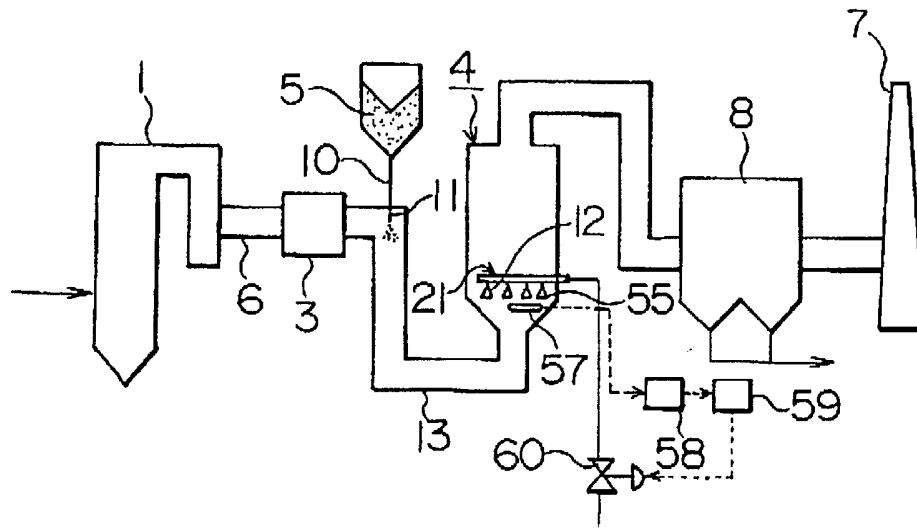
obr. 21



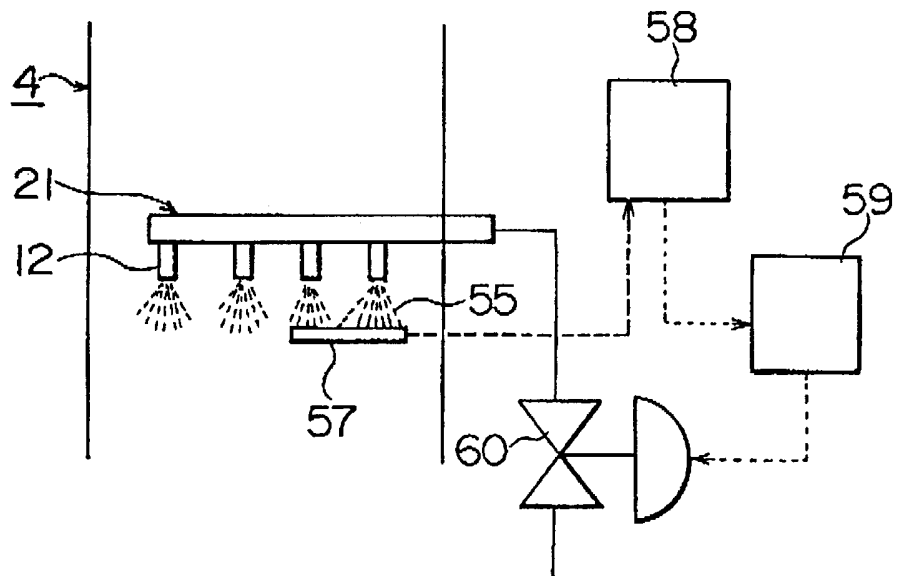
obr. 22



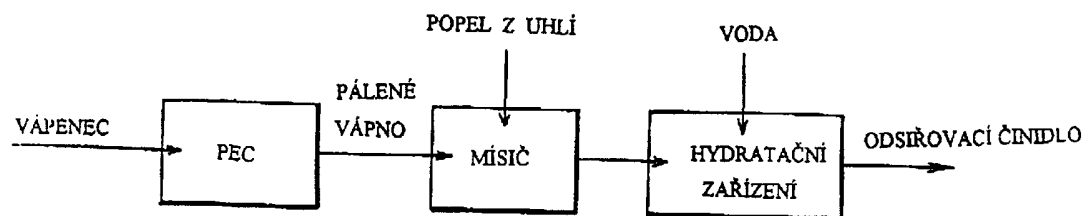
obr. 23



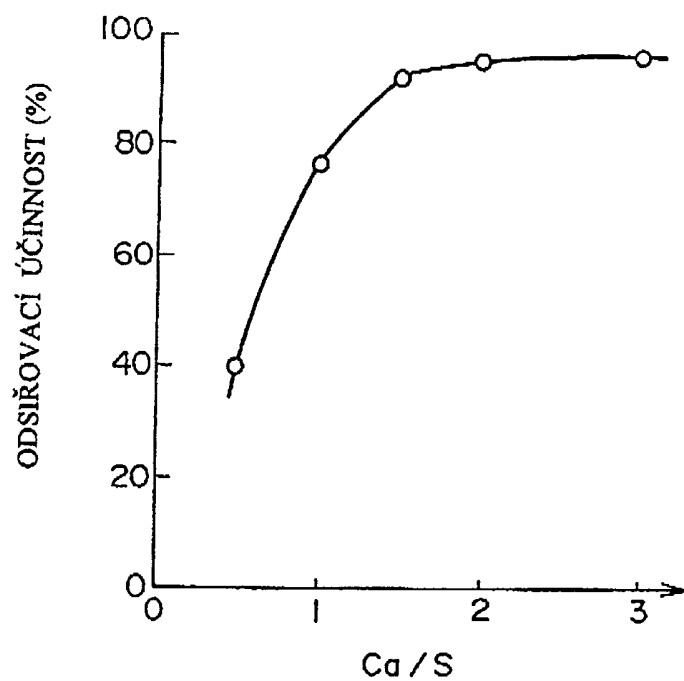
obr. 24



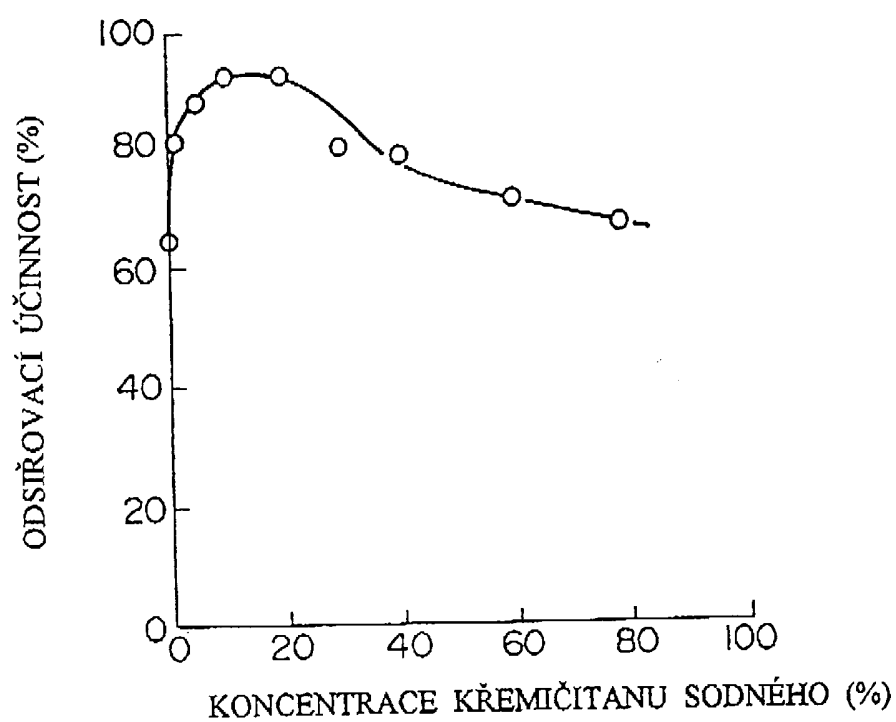
obr. 25



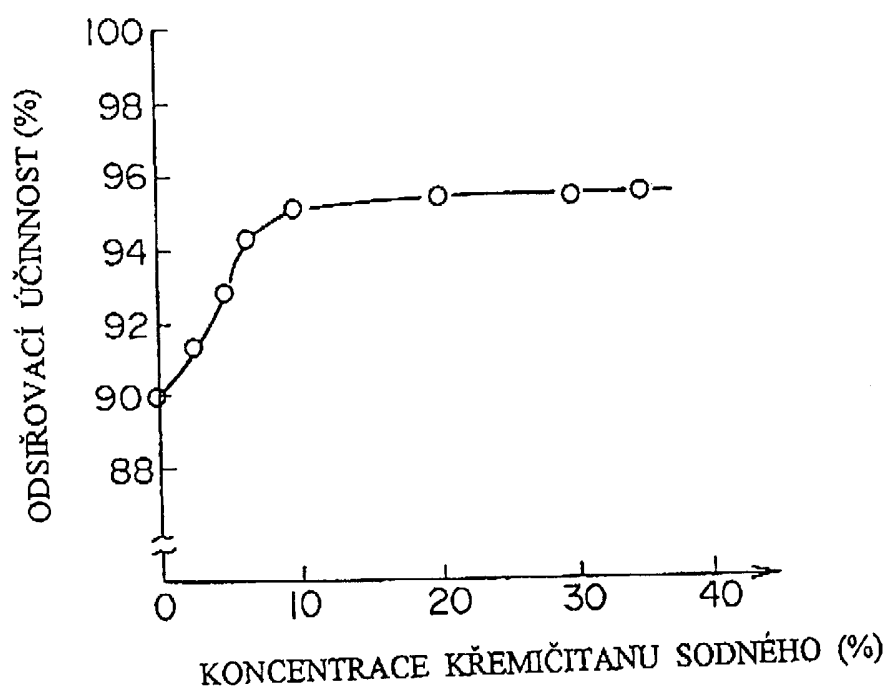
obr. 26



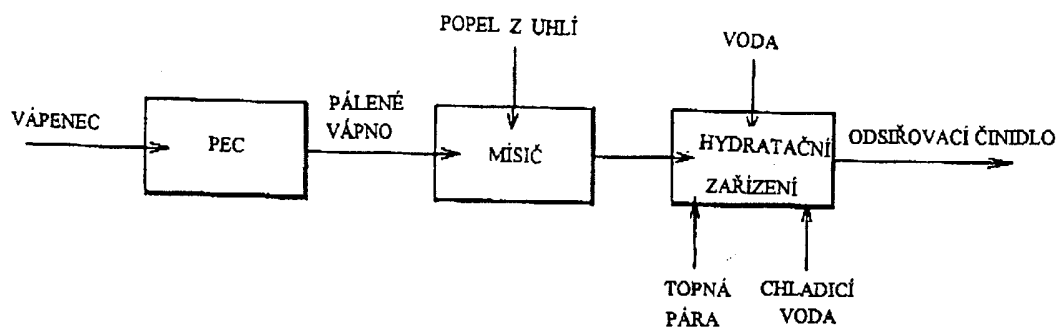
obr. 27



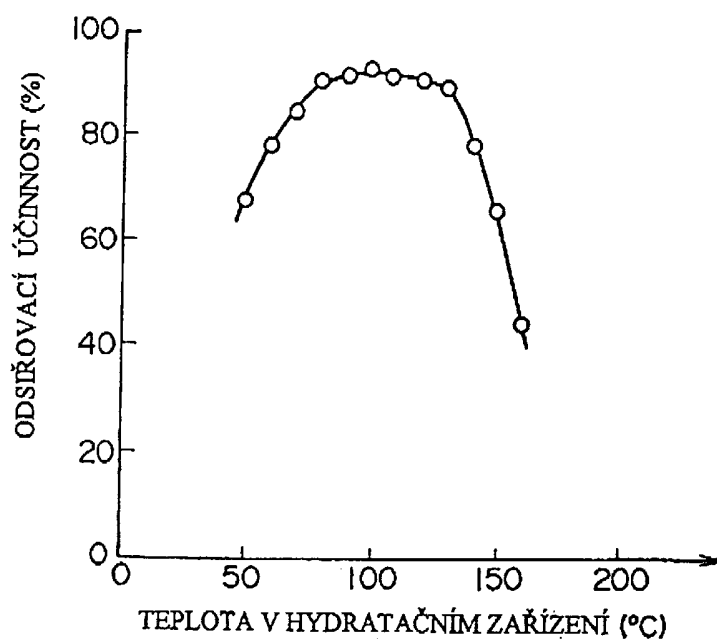
obr. 28



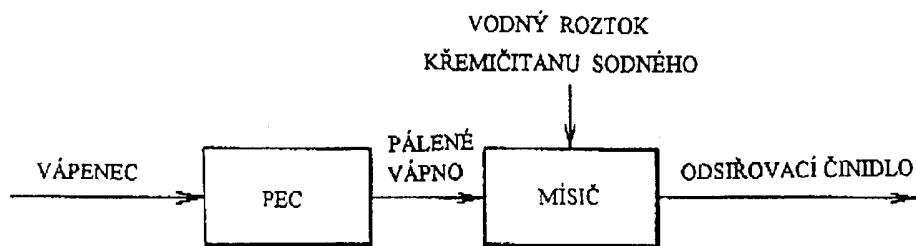
obr. 29



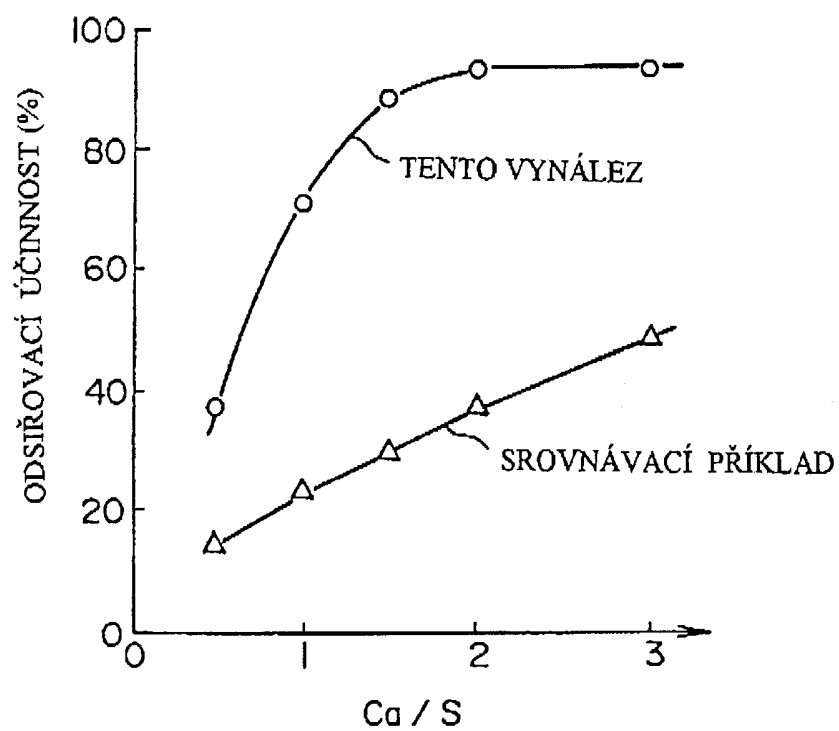
obr. 30



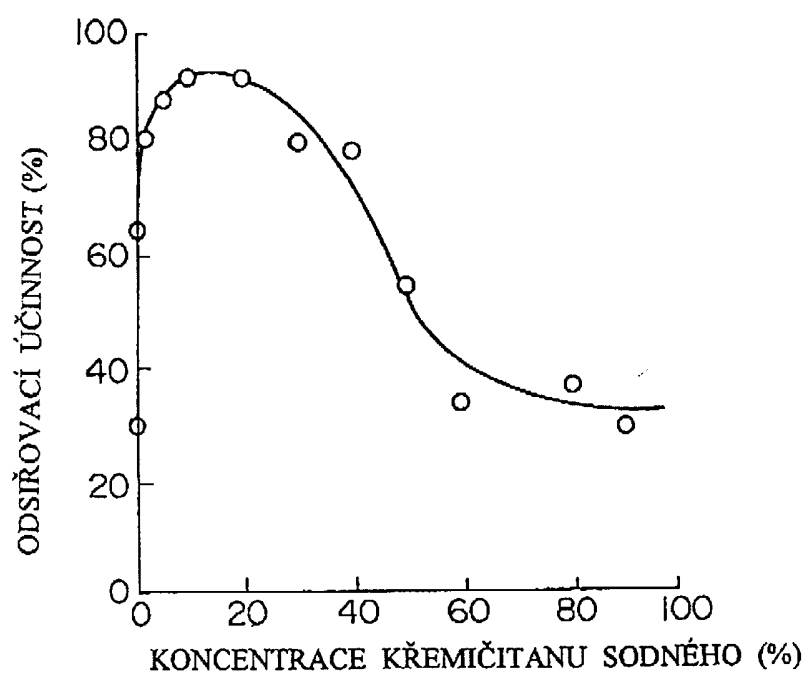
obr. 31



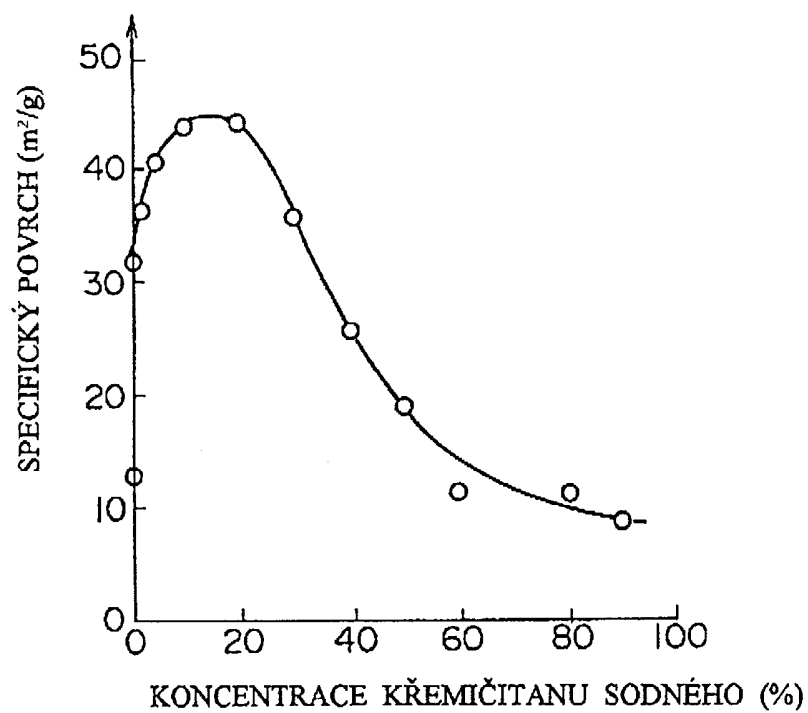
obr. 32



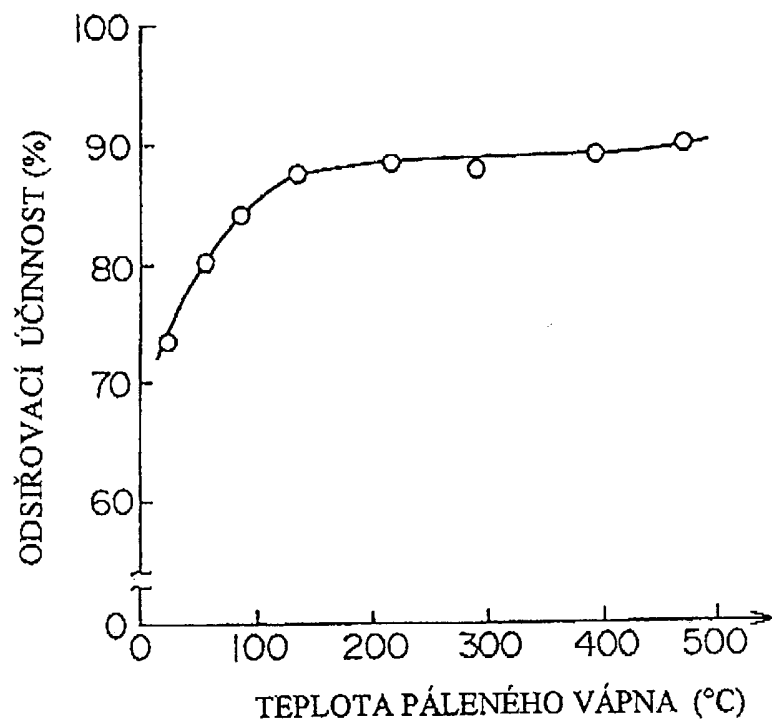
obr. 33



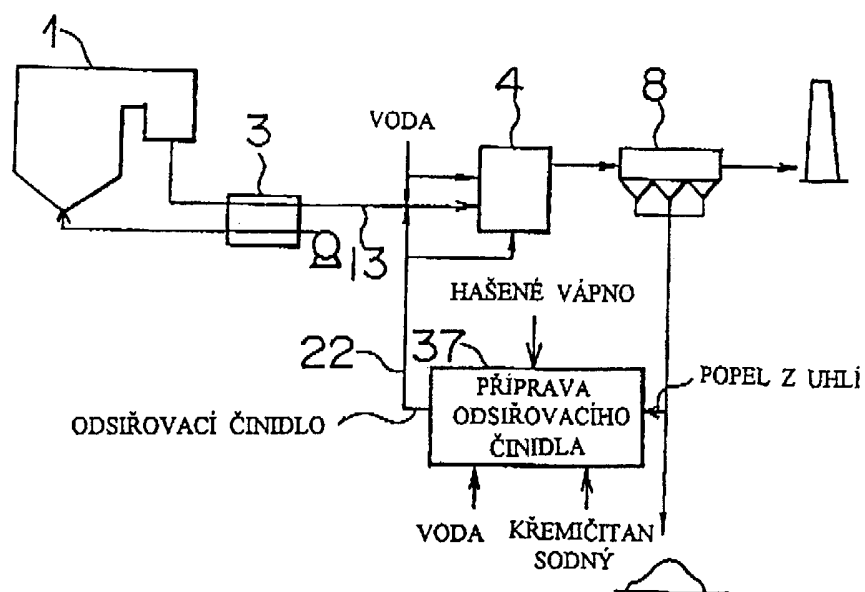
obr. 34



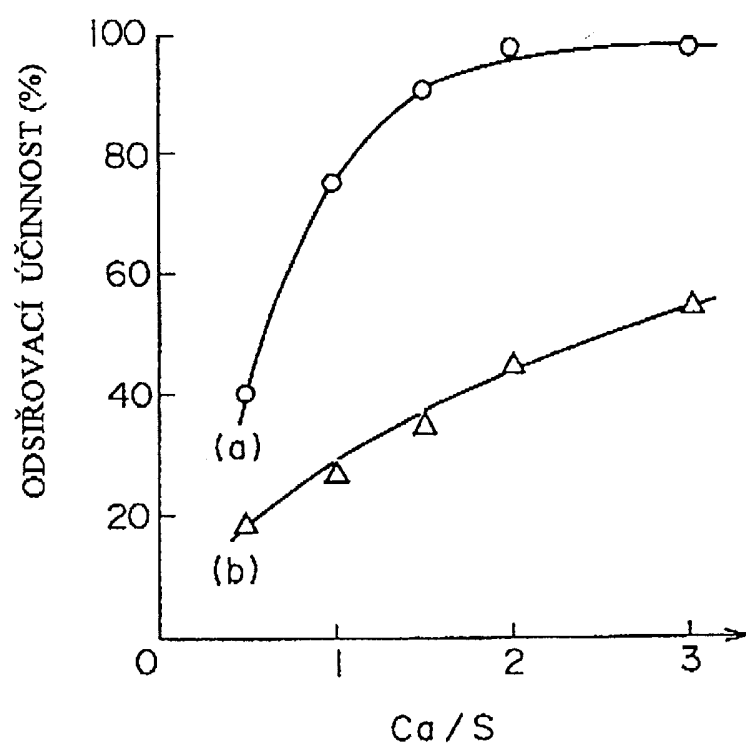
obr. 35



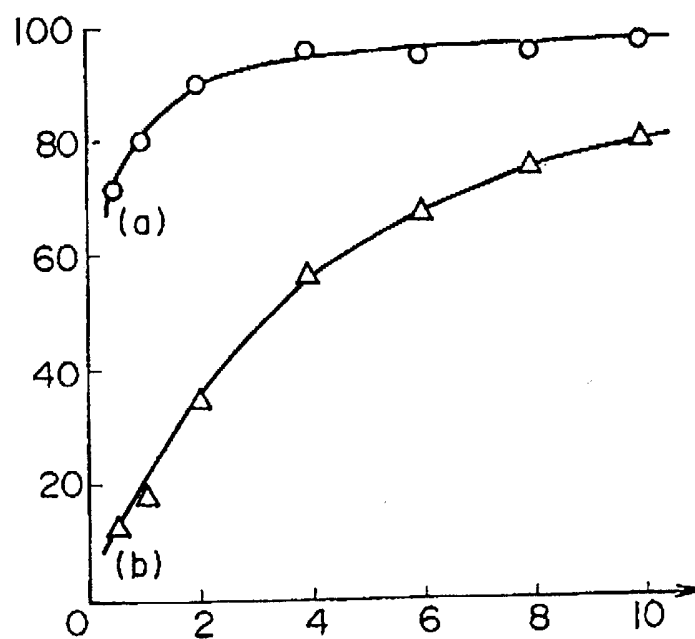
obr. 36



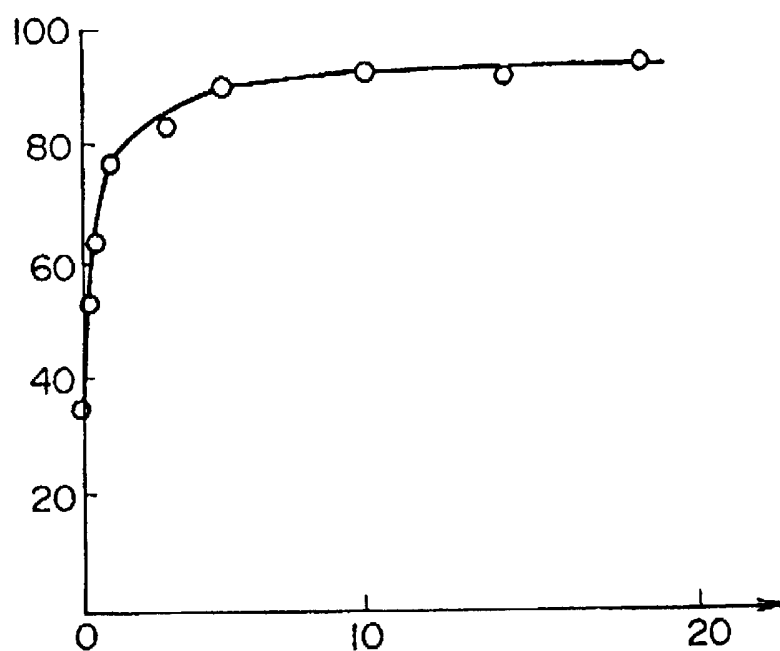
obr. 37



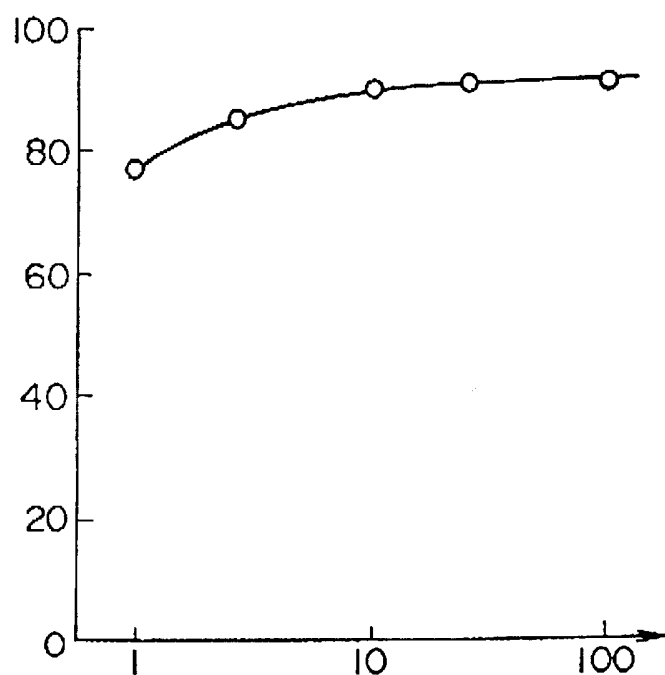
obr. 38



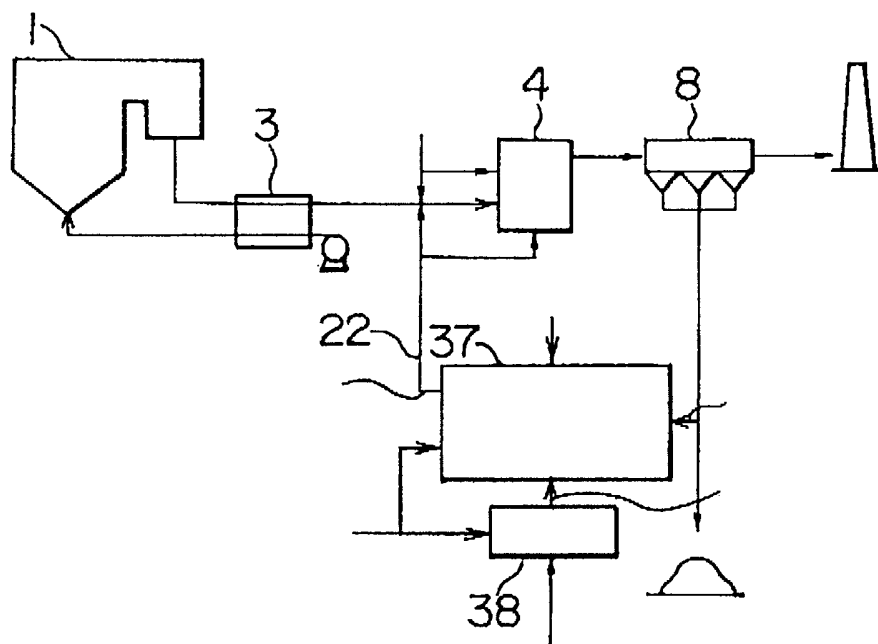
obr. 39



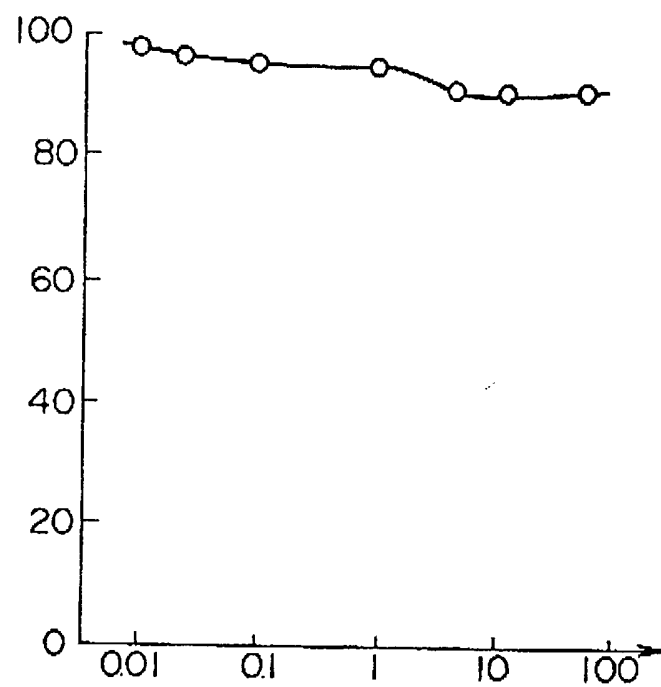
obr. 40



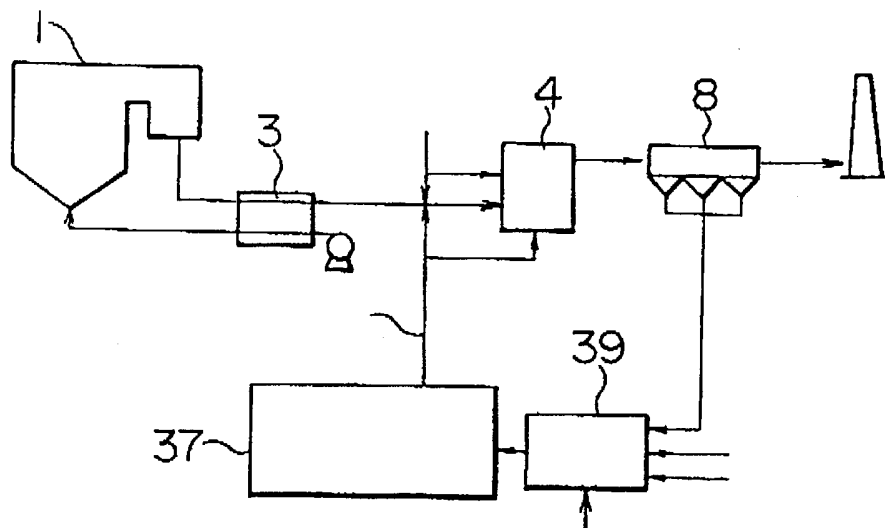
obr. 41



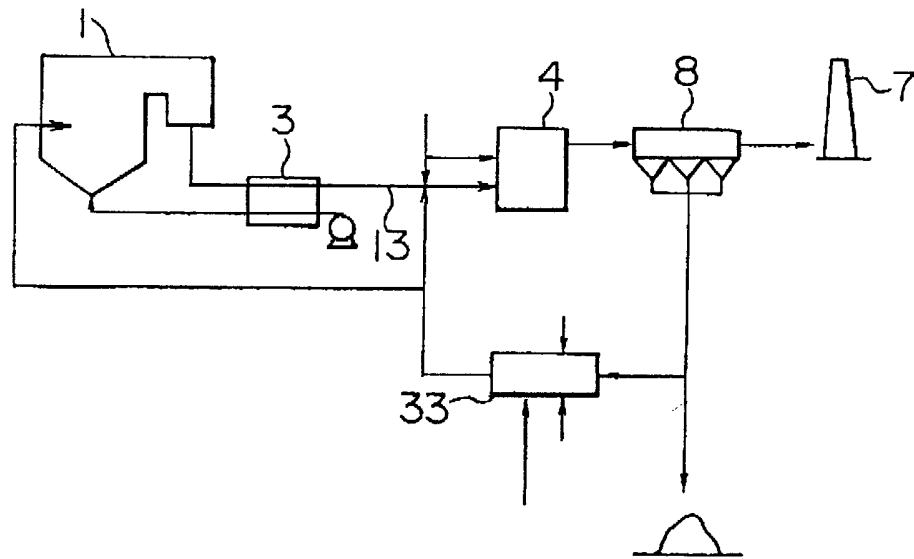
obr. 42



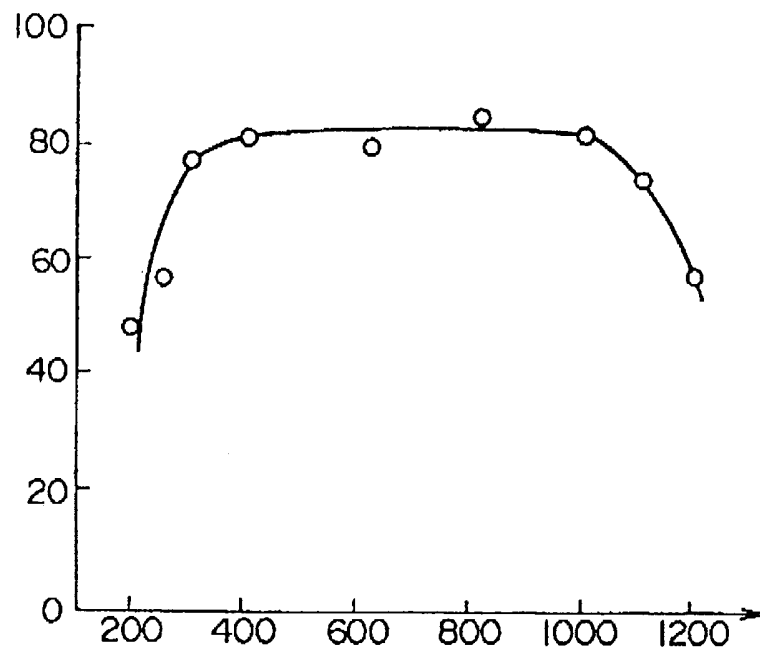
obr. 43



obr. 44



obr. 45



Konec dokumentu