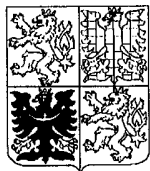


PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

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

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **04.03.1999**

(32) Datum podání prioritní přihlášky: **09.03.1998**

(31) Číslo prioritní přihlášky: **1998/9802819**

(33) Země priority: **FR**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **14.03.2001**
(Věstník č. 3/2001)

(86) PCT číslo: **PCT/FR99/00497**

(87) PCT číslo zveřejnění: **WO99/46031**

(21) Číslo dokumentu:

2000 - 3286

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl. ⁷:

B 01 D 53/04

B 01 D 53/047

B 01 J 20/18

(71) Přihlašovatel:

CECA S.A., Puteaux, FR;

(72) Původce:

Plee Dominique, Lons, FR;

(74) Zástupce:

Všetečka Miloš JUDr., Hálkova 2, Praha 2, 12000;

(54) Název přihlášky vynálezu:

**Způsob odstraňování oxidu uhličitého z
plynového proudu s použitím zeolitových
adsorbentů**

(57) Anotace:

Způsob spočívá v kontaktu čištěných plynných proudů s adsorbentem, složeným z aglomerátu zeolitu X s hodnotou poměru křemík/hliník od 1 do 1,15, vysoce iontově vyměňného se sodíkem na stupeň výměny vyšší nebo rovný 98 %, přičemž zbytek iontovýměnné kapacity je obsazen ionty draslíku, obsahujícího maximálně 20 procent inertního pojivového materiálu. Způsob je prováděn například adsorpcí se střídavě se měnícím tlakem nebo výhodně adsorpcí se střídavě se měnícím tlakem a teplotou.

PROJEKT VÝVOJE
ADSORBENTŮ
PRO OČIŠŤOVÁNÍ VZDUCHU

Způsob odstraňování oxidu uhličitého z plynového proudu s použitím zeolitových adsorbentů.

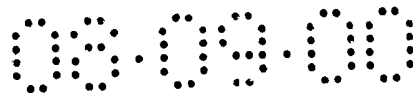
Oblast techniky

Vynález se týká způsobu čištění plyných proudů znečištěných oxidem uhličitým a zejména se týká čištění vzduchu před kroky rozdělování dusík/kyslík.

Dosavadní stav techniky

Výroba čistých plynů, zejména dusíku a kyslíku z atmosférického vzduchu, je průmyslový proces, který je ve provozován ve velkém měřítku a může využívat buď kryogenních způsobů nebo adsorpčních metod spočívajících na principu adsorpce za střídavě se měnícího tlaku (pressure swing adsorption PSA), adsorpce za střídavě se měnící teploty (temperature swing adsorption TSA), nebo na kombinaci obou těchto principů (PTSA). Kromě toho mnoho plynů pocházejících z průmyslových procesů obsahuje velká množství oxidu uhličitého, což je právě případ, kdy se čištění často vyplatí.

Výroba dusíku nebo kyslíku ze vzduchu vyžaduje čištění vzduchu předcházející samotnému separačnímu kroku, jelikož v případě provádění kryogenních procesů může voda nebo oxid uhličitý přítomný v dodávaném vzduchu způsobit zablokování zařízení. K tomuto negativnímu jevu může docházet z důvodu skutečnosti, že kryogenní způsoby jsou prováděny při teplotách výrazně nižších než teploty tuhnutí těchto znečišťujících látek, vody a oxidu uhličitého. V případě adsorpčních způsobů jsou voda a oxid uhličitý adsorbovány pevněji než dusík, což při dlouhé době provozu vede



k otrávení adsorbentu s následným snížením jeho očekávané životnosti.

V rámci kryogenních a adsorpčních způsobů je k odstraňování oxidu uhličitého naprosto běžně používán zeolit faujasitového typu (13X, ve kterém je poměr křemík/hliník větší než 1,2) a zachycování vody obvykle bývá prováděno na loži aluminy (oxid hlinitý) umístěném před vrstvou molekulového síta. Regenerace je typu PTSA, to znamená, že mírné zvýšení teploty na přibližně 115 °C je kombinováno se snížením tlaku. Těmito prostředky je dosaženo toho, že plyn přicházející do lože obsahuje pouze dusík a kyslík s přibližně 1 objemovým procentem argonu, jehož adsorpční chování může být srovnatelné s adsorpčním chováním kyslíku.

Již dlouhou dobu je známo, že zeolit X je pro oxid uhličitý lepší adsorbent než silikagel nebo aktivní uhlí (viz patent Spojených států amerických č.2,882,244). V tomto patentu se také uvádí, že se selektivita co se týče různých adsorbentů mění s teplotou a tlakem.

V patentu Spojených států amerických č.3,885,927 (ze 27.května 1975) se uvádí, že adsorpce oxidu uhličitého může být provedena na zeolitu X, na kterém proběhla z více jak 90 procent iontová výměna s bariem, přičemž za těchto podmínek : obsah oxidu uhličitého v plynu nepřekračuje 1000 ppm a teplota může být v rozmezí -40 °C a 50 °C.

V evropské patentové přihlášce EP-A č.88 10 7209.4 (05.05.88) se uvádí, že k tomuto čištění (adsorpce oxidu uhličitého z plynů) může být použit také zeolit X podrobený iontové výměně se stronciem.

Vliv počtu vyměnitelných kationtů na zeolitu na adsorpci oxidu uhličitého byl studován v následujících publikacích : *Barrer a kol. "Molecular Sieves" (Soc. Chim. Ind., Londýn, 1968), str. 233 a Coughlan a kol. "J.C.S. Faraday", 1, 1975, 71, 1809*. Tyto studie ukazují, že kapacita zeolitu k adsorpci oxidu uhličitého vzrůstá jak klesá poměr křemík/hliník na hraniční hodnotu 1,2. Nižší oblast hodnot tohoto poměru však nebyla zkoumána.

Zeolit X, který má hodnotu poměru křemík/hliník blízkou 1,25 a který je obvykle používán, je pro oxid uhličitý velmi selektivní, přičemž je tím více selektivnější čím je nižší teplota. Při teplotách blízkých teplotám okolí účinnost adsorpce oxidu uhličitého prudce klesá, k čemuž dochází na úkor dusíku, který je přítomen ve výrazně vyšších molárních zastoupeních. Poměr obsahu dusíku ku obsahu oxidu uhličitého v okolním vzduchu (s obsahem oxidu uhličitého asi 300 až 400 vpm) je přibližně 3000. Obvykle je tedy nutné vybavit stupeň, ve kterém je odstraňován oxid uhličitý, chladicím systémem, aby se zamezilo zvýšení teploty při adsorpci, přičemž toto zvýšení může být díky značným adsorpčním teplotám zúčastněných složek poměrně významné (i několik desítek stupňů).

V patentu Spojených států amerických č. 5,531,808 (ze 2.července 1996) se uvádí poznatek, že oxid uhličitý může být velmi účinně adsorbován s použitím zeolitu typu X s hodnotou poměru křemík/hliník menší než 1,15. Výhoda před "standardním" zeolitem X spočívá v tom, že v rámci kroku, ve kterém je odstraňován oxid uhličitý, není již dále nutné snižovat teplotu použitím chladicí jednotky, jelikož účinnost zeolitu je taková, že selektivita vůči oxidu

uhličitému zůstává oproti dusíku vysoká dokonce až do teploty 50 °C.

Bylo pozorováno, že kapacita zeolitu NaLSX k adsorpci oxidu uhličitého vzrůstá s tím, jak se zvyšuje úroveň provedené iontové výměny se sodíkem. Bylo však také zaznamenáno, že jestliže jsou stupně iontové výměny zvyšovány na hodnotu asi 90 procent, začíná zvýšení účinnosti dosahovat konstantní hodnoty, takže nucené zvyšování stupně iontové výměny nad 95 procent zjevně žádnou další výhodu nepřináší. Zjištěno bylo ale také to, že předchozí skutečnost platí pouze pro postup pracující za relativně vysokých parciálních tlaků oxidu uhličitého : velmi výrazné zvýšení účinnosti může být dosaženo v případě postupu odstraňování oxidu uhličitého pracujícího za nízkých parciálních tlaků oxidu uhličitého, přibližně okolo 200 Pa (2 mbar) s použitím zeolitů LSX. ve kterých je stupeň iontové výměny se sodíkem (který je definován jako molární poměr mezi sodnými ionty a atomy hliníku v tetraedrické poloze, zbytek bývá draslík) nejméně 98 procent.

Podstata vynálezu

Vynález se tedy týká způsobu odstraňování oxidu uhličitého z plynných proudů, zejména ze vzduchu, přičemž tento postup spočívá v uvedení zmíněného plynného toku do kontaktu se zeolitovým adsorbentem typu NaLSX, přičemž tento adsorbent sestává ze zeolitu X s hodnotou poměru křemík/hliník od 1 do 1,15, ve kterém je stupeň iontové výměny se sodíkem alespoň 98 procent a zbytek výměnné kapacity bývá obsazen draselnými ionty, který je aglomerován s pojivovým materiálem a ve kterém je obsah zbytkového inertního pojiva v adsorbentu menší než 20 hmotnostních

procent a ve výhodném provedení tento obsah je maximálně 5 hmotnostních procent.

Použití zeolitových adsorbentů ve formě aglomerátů se v průmyslových provozech ukazuje jako výrazně výhodnější než použití formy práškové, jelikož je obtížné vyhnout se při manipulaci s prášky, například během fází plnění a vyprazdňování adsorpčních loží, někdy značným ztrátám práškovitého materiálu, a to zejména z důvodu prchavosti prášků, což pro průmyslového výrobce není z hlediska nákladů příliš efektivní.

Naproti tomu práškové aglomeráty, jako například granule, tělíška, destičky atd., takové nevýhody nemají.

Zeolitové aglomeráty s obsahem pojiva větším než 5 hmotnostních procent mohou být běžně získány smísením prášku krystalického zeolitu s vodou a pojivovým materiálem (obvykle v práškové formě), následovaným rozstříkáváním této směsi na zeolitové aglomeráty, které se chovají jako aglomerační jádra. Během rozstříkávání mohou být zeolitové aglomeráty vystaveny kontinuální rotaci kolem vlastní osy podle techniky typu "sněhová koule" například v reaktoru vybaveném zónou s prstencovým otáčením. Takto získané aglomeráty jsou pak ve formě tělísek.

Jakmile jsou aglomeráty zformovány, jsou podrobeny vytvrzení při teplotách obvykle mezi 500 a 700 °C a ve výhodném provedení v oblasti okolo 600 °C. Jako příklady použitelných pojivových materiálů je možno uvést kaolin, oxid křemičitý a oxid hlinitý.

Ve výhodném provedení aglomeráty obsahují méně než 5

hmotnostních procent pojivového materiálu. Jedním z postupů získávání těchto aglomerátů s nízkým obsahem pojivového materiálu je proces spočívající v konverzi pojivového materiálu výše popsaných aglomerátů do zeolitové fáze. Z tohoto důvodu je prášek zeolitu LSX na začátku aglomerován se zeolitizovatelným pojivovým materiálem (například s kaolinem nebo metakaolinem), dále následuje zeolitizace alkalickým vyluhováním, například podle způsobu popsaného ve Francouzské patentové přihlášce č. 97/09283, po kterém je na zeolitizovaných granulích provedena iontová výměna se sodíkem. Podle vynálezu je takto jednoduché získat granule s titrem alespoň 95 procent z iontově vyměněného zeolitu na úroveň 98 procent, který je mimořádně účinný.

Způsob odstraňování oxidu uhličitého podle vynálezu může být uskutečněn vedením plynného proudu přes jedno nebo více adsorpčních loží zapojených paralelně, nebo rovněž přichází v úvahu provedení v podobě spojení adsorpčního kroku a desorpčního kroku (za účelem regenerace adsorbentu) v cyklicky pracujícím postupu; v průmyslovém měřítku je způsob ve výhodném provedení uskutečňován adsorpcí za střídavě se měnícího tlaku (PSA) a výhodně adsorpcí za střídavě se měnícího tlaku a teploty (PTSA). Způsoby provedení typu PSA a PTSA vyžadují použití tlakových cyklů. V první fázi zajišťuje adsorpční lože oddělení znečišťující složky adsorpcí této složky; ve druhé fázi je adsorbent regenerován snížením tlaku. V každém novém cyklu je pro desorpci znečišťující složky nezbytné, aby byla provedena co možná nejúplněji a nejúčinně, aby byl adsorbent v každém novém cyklu navrácen do stejného nebo více méně stejného regenerovaného stavu.

Parciální tlak oxidu uhličitého přítomného v plynném

proudu obvykle nepřevyšuje 2,5 kPa (25 mbar) a ve výhodném provedení je nižší než 1 kPa (10 mbar).

Za účelem kontinuálního čištění plynného proudu, například vzduchu, je určitý počet adsorpčních loží uspořádán obvykle paralelně, přičemž jsou tato lože střídavě vystavena fázi adsorpce za zvýšeného tlaku a desorpce za sníženého tlaku. Při provádění postupů typu PSA a PTSA zahrnuje čistící cyklus, kterému jsou vystavena všechna adsorpční lože, následující kroky :

(a) průchod znečištěného plynného proudu adsorpční zónou obsahující adsorpční lože, kde adsorpční lože zajišťuje oddělení znečišťující složky (či více složek, v tomto případě oxidu uhličitého) adsorpcí,

(b) desorpce adsorbovaného oxidu uhličitého vytvořením tlakového gradientu a postupné snižování tlaku ve zmíněné adsorpční zóně za účelem zpětného získání oxidu uhličitého na přívodu do adsorpční zóny;

(c) zvýšení tlaku ve zmíněné adsorpční zóně přiváděním proudu čistého plynu v místě výstupu z adsorpční zóny.

Každé lože je tedy vystaveno čistícímu cyklu zahrnujícímu fázi výroby čistého plynu, druhou fázi snížení tlaku a třetí fázi opětového zvýšení tlaku.

Jestliže jedinou znečišťující složkou, odstraňovanou z plynného toku, je oxid uhličitý, je v adsorpční zóně umístěno jenom jedno adsorpční lože, které se skládá výhradně z aglomerátů zeolitu NaLSX, jak bylo definováno výše v textu.

Jestliže je z plynného proudu odstraňováno několik znečišťujících látek, může pak adsorpční zóna obsahovat

několik loží adsorbentu schopných adsorbovat nežádoucí příměsi a znečišťující látky. jestliže je tedy cílem postupu odstranění oxidu uhličitého a vody obsažené ve vzduchu, bude při provádění tohoto postupu s adsorbentem podle předmětného vynálezu kombinováno použití sušícího činidla sloužící k adsorbování vody, například alumina nebo silikagel.

Z důvodu optimalizace postupů typu PSA a PTSA jsou fáze snižování a zvyšování tlaku v různých adsorpčních ložích synchronizovány : jako zvlášť výhodné se ukazuje zařadit stupeň vyrovnaní tlaku mezi dvěma adsorpčními loži, kde jedno je ve fázi snížení tlaku a druhé ve fázi opětného zvýšení tlaku.

V průběhu provádění postupu podle vynálezu se adsorpční tlaky obvykle pohybují v rozmezí od 20 kPa (0,2 bar) a 2 MPa (20 bar) a ve výhodném provedení v rozmezí od 100 kPa (1 bar) do 1 MPa (10 bar), zatímco desorpční tlak se obvykle pohybuje v rozmezí od 2 kPa (0,02 bar) do 500 kPa (5 bar) a ve výhodném provedení v rozmezí od 10 kPa (0,1 bar) do 200 kPa (2 bar).

Pokud se týče postupů odstraňování oxidu uhličitého podle dosavadního stavu techniky, jsou teploty v adsorpční zóně obvykle mezi 20 a 80 °C a výhodné jsou tyto teploty v rozmezí od 30 do 60 °C; podle dosavadního stavu techniky se postupy odstraňování oxidu uhličitého typické provádí při teplotě regenerace, která jsou nezbytné pro dosažení dostatečné regenerace adsorbentu, pohybující se přibližně v rozmezí od 130 do 170 °C, což nutně vyžaduje zahřívání adsorbentu a zvyšuje náklady průmyslové výroby.

V porovnání s těmito postupy podle dosavadního stavu

techniky, nabízí předmětný vynález pokud jde o regeneraci adsorbentu další podstatnou výhodu, protože k získání adsorbentu vykazujícího po provedení regenerace stejnou účinnost jsou použity teploty regenerace v rozmezí od 100 do 120 °C a jsou tedy podstatně nižší než regenerační teploty které byly používány doposud.

Příklady provedení vynálezu

V následujících příkladech je blíže ilustrován postup podle předmětného vynálezu na konkrétních příkladech, přičemž ovšem tyto příklady jsou pouze ilustrativní a nijak neomezuji jeho rozsah.

Zeolit v uvedených příkladech byl zeolit LSX s hodnotou poměru křemík/hliník rovnou 1, který byl získán následujícím experimentálním způsobem.

(a) Příprava zeolitu LSX.

Zeolit typu faujasit LSX s hodnotou poměru křemík/hliník rovnou 1 byl syntetizován smísením následujících roztoků :

Roztok A :

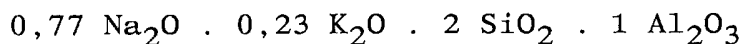
Ve 280 gramech vody bylo rozpuštěno 136 gramů hydroxidu sodného a 73 gramů hydroxidu draselného (vyjádřeno jako čistá látka). Roztok byl přiveden na teplotu varu v rozmezí 100 až 115 °C a potom bylo rozpuštěno 78 gramů oxidu hlinitého. Jakmile bylo rozpouštění dokončeno, byl roztok ochlazen a doplněn vodou na 570 gramů, jelikož se počítalo s vypařováním vody.

Roztok B :

Za mírného míchání bylo smícháno 300 gramů vody a 253,3 gramů křemičitanu sodného (25,5 procent oxidu křemičitého; 7,75 procent oxidu sodného). Křemičitanový roztok byl přidán k roztoku hlinitanu během přibližně dvouminutového intenzivního míchání s použitím deflokulačního turbomixéru typu Rayneri pracujícího při otáčkách 2500 otáček/minutu (obvodová rychlost = 3,7 m/s) a vzniklý gel byl ponechán bez míchání při teplotě 60 °C po dobu 24 hodin. Po této fázi byla pozorována značná dekantace, což byl příznak krystalizačního procesu. Dále byla provedena filtrace, po které následovalo promytí přibližně 15 mililitry vody na gram pevné fáze. Tato pevná fáze pak byla sušena v sušárně při teplotě 80 °C. Složení syntetického gelu bylo následující:



Chemickou analýzou pevné fáze získané syntézou bylo zjištěno následující složení :



Rentgenová difrakční analýza potvrdila, že vytvořený prášek obsahoval prakticky čistý faujasit doprovázený stopovými množstvími zeolitu A, jehož obsah byl odhadován na méně než 2 procenta. Po kalcinaci prováděné při teplotě 550 °C po dobu 2 hodin pod inertní atmosférou bylo provedeno měření toluenové adsorpční kapacity: byla zjištěna adsorpční kapacita 22,5 procent při teplotě 25 °C a při parciálním tlaku 0,5.

Iontová výměna se sodíkem byla prováděna v několika po sobě jdoucích iontových výměnách s roztokem chloridu sodného

o koncentraci 1 mol chloridu sodného na litr, při teplotě 90 °C po dobu 3 hodin, při hodnotě poměru objem kapaliny ku hmotnosti tuhé fáze (poměr L/S) 10 ml/g, přičemž po každé iontové výměně následoval jeden nebo více mezikroků, ve kterých bylo provedeno promytí. Adsorpční kapacity oxidu uhličitého byly měřeny po odplynění za vakua při teplotě 300 °C po dobu 16 hodin.

P ř í k l a d 1

Použitým adsorbentem byla granule získaná následujícím způsobem z prášku LSX popsaného výše v textu.

Společně bylo smícháno: 42,5 gramu prášku LSX (vyjádřeno jako kalcinační ekvivalent), 7,5 gramu vláknitého jílu (vyjádřeno jako kalcinační ekvivalent), 1 gram karboxymethylcelulózy a voda v množství dostatečném pro provedení extrudování do podoby výtlačků s průměrem 1,6 milimetru a délkou přibližně 4 milimetry. Výtlačky byly sušeny při teplotě 80 °C a potom byly kalcinovány pod inertní atmosférou při teplotě 550 °C po dobu 2 hodin.

Tabulka 1 ukazuje výsledné získané adsorpční kapacity oxidu uhličitého (v cm^3/g) při teplotě 25 °C a při různých hodnotách tlaku oxidu uhličitého, pro granule zeolitu NaLSX s různým stupněm iontové výměny se sodíkem, aglomerované s 15 procenty pojivového materiálu. Tyto hodnoty jednoznačně ukazují význam adsorbentu NaLSX s vysokým s stupněm iontové výměny se sodíkem pro odstraňování oxidu uhličitého při nízkých parciálních tlacích.

T A B U L K A 1

Stupeň iontové výměny se sodíkem	Tlak		
	2 mbary (200 Pa)	5 mbarů (500 Pa)	10 mbarů (1 kPa)
94,5 %	25	37,2	45,5
97,5 %	29,2	40,3	47,8
99,5 %	32,5	42	49

Z výsledků je jasně patrné, že zlepšení co se týče kapacity jsou větší pro nízké tlaky než pro tlaky vysoké.

P ř í k l a d 2

Použitým adsorbentem byla granule (zeolitizovaná) získaná z prášku zeolitu LSX popsaného výše v textu.

Prášek zeolitu LSX z Příkladu 1 byl použit k aglomeraci se směsí jílovitého minerálu montmorillonitového typu (15 procent), jílovitého minerálu kaolinového typu (85 procent), malého množství karboxymethylcelulózy a vody. Jakmile bylo extrudování dokončeno, bylo po dobu 2 hodin pod inertní atmosférou zbavenou vodní páry provedeno sušení při teplotě 80 °C a kalcinace při teplotě 500 °C.

10 gramů těchto aglomerátů bylo při teplotě 95 °C po dobu 3 hodin ponořeno v 17 mililitrech roztoku hydroxidu sodného o koncentraci 220 gramů/litr. Tyto aglomeráty byly pak postupně čtyřikrát promyty ponořením do vody při hodnotě

poměru objem vody ku hmotnosti pevné fáze 20 ml/g.

Měření tolueňové adsorpční kapacity byla provedena za výše popsáných podmínek, přičemž byly zjištěny následující hodnoty:

Aglomerovaný LSX (bez úpravy) 20,2 %

Aglomerovaný LSX (upravený s hydroxidem sodným) 22,4 %.

Tato hodnota tolueňové adsorpce odráží skutečnost, že adsorpční materiál je tvořen z více než 95 procent zeolitem. Tyto výsledky svědčí o dobré účinnosti zeolitových materiálů podle vynálezu a také dokazují vyšší krystalinitu LSX získaného zeolitizací s hydroxidem sodným. Křemíkové spektrum nukleární magnetické rezonance s vysokým rozlišením ukazuje, že hodnota poměru křemík/hliník v krystalové mřížce je rovna 1,01.

V tabulce 2 jsou uvedeny výsledné získané adsorpční kapacity oxidu uhličitého (v cm^3/g) za různých parciálních tlaků oxidu uhličitého pro granule zeolitu NaLSX s různým stupněm iontové výměny se sodíkem, obsahující 5 procent zeolitizovaného pojivového materiálu.

T A B U L K A 2

Stupeň iontové výměny se sodíkem	Tlak		
	2 mbary (200 Pa)	5 mbarů (500 Pa)	10 mbarů (1 kPa)
94 %	30	43,4	53,5
97,5 %	35	47	56
99 %	38,5	49	58

WILHELM HANKE VŠETECKÁ
advokát
120 00 PRAHA 2, Hájkova 2

P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. Způsob odstraňování oxidu uhličitého z plynového proudu, výhodně ze vzduchu, znečištěného oxidem uhličitým, **vyznačující se tím, že** čištěný plynový proud je v adsorpční zóně uveden do kontaktu s nejméně jedním adsorbentem sestávajícím v podstatě ze zeolitu typu NaLSX s hodnotou poměru křemík/hliník od 1 do 1,15, iontově vyměněného se sodíkem na stupeň výměny vyšší nebo rovný 98 procentům, přičemž stupeň iontové výměny je vyjádřen jako poměr mezi počtem iontů sodíku a počtem atomů hliníku v tetraedrické poloze, a zbytek iontovýmenné kapacity je obsazen ionty draslíku, aglomerovaného s pojivovým materiálem, kde obsah zbytkového inertního pojiva v adsorbentu je menší nebo roven 20 hmotnostním procentům.

2. Způsob podle nároku 1 **vyznačující se tím, že** obsah zbytkového inertního pojiva v aglomerované zeolitové směsi je maximálně 5 hmotnostních procent.

3. Způsob podle nároku 1 nebo 2 **vyznačující se tím, že** je prováděn adsorpcí se střídavě se měnícím tlakem (PSA) a ve výhodném provedení adsorpcí se střídavě se měnícím tlakem a teplotou (PTSA).

4. Způsob podle kteréhokoli z nároků 1 až 4 **vyznačující se tím, že** hodnota poměru křemík/hliník zeolitu X je rovna 1.

5. Způsob podle kteréhokoli z nároků 1 až 4 **vyznačující se tím, že** adsorpční tlaky jsou mezi 1 a 10 bary, to znamená 100 kPa a 1 MPa, a desorpční tlaky jsou

mezi 0,1 a 2 bary, to znamená 10 až 200 kPa.

6. Způsob podle kteréhokoli z nároků 1 až 5 **vyznačující se tím, že** zahrnuje provádění zpracovávacího cyklu čítajícího kroky :

(a) vedení znečištěného plynného proudu adsorpční zónou zahrnující adsorpční lože, kde adsorpční lože zajišťuje oddělení znečišťující složky nebo více složek adsorpcí,

(b) desorpce adsorbovaného oxidu uhličitého vytvořením tlakového gradientu a postupným snižováním tlaku ve zmíněné adsorpční zóně za účelem zpětného získání oxidu uhličitého na vstupu do adsorpční zóny;

(c) zvýšení tlaku zmíněné adsorpční zóny přiváděním proudu čistého plynu výstupem z adsorpční zóny.

7. Způsob podle nároku 6 **vyznačující se tím, že** adsorbent je regenerován při teplotě v rozmezí od 100 a 120 °C.

8. Způsob čištění vzduchu znečištěného oxidem uhličitým a vodou **vyznačující se tím, že** čištěný plynný proud je v adsorpční zóně uveden do kontaktu s nejméně jedním sušícím činidlem, ve výhodném provedení na bázi aluminy, a s alespoň adsorbentem složeným výhradně ze zeolitu typu NaLSX s hodnotou poměru křemík/hliník od 1 do 1,15, iontově vyměněného se sodíkem na stupeň výměny vyšší nebo rovný 98 procentům, přičemž stupeň iontové výměny je vyjádřen jako poměr mezi počtem iontů sodíku a počtem atomů hliníku v tetraedrické poloze, kde zbytek iontovýmenné kapacity je obsazen ionty draslíku, aglomerovaného s pojivovým materiálem, přičemž obsah zbytkového inertního pojiva v adsorbentu je menší nebo roven 20 hmotnostním

procentům.

9. Způsob podle nároku 8 vyznačující se tím, že zahrnuje provádění čistícího cyklu zahrnujícího kroky:

(a) průchod znečištěného plynného proudu adsorpční zónou zahrnující lože sušícího činidla a adsorpční lože definované v nároku 1,

(b) desorpce adsorbovaného oxidu uhličitého vytvořením tlakového gradientu a postupným snižováním tlaku ve zmíněné adsorpční zóně za účelem zpětného získání oxidu uhličitého na vstupu do adsorpční zóny;

(c) zvýšení tlaku zmíněné adsorpční zóny přiváděním proudu čistého plynu výstupem z adsorpční zóny.

Zastupuje:

Dr. Miloš Všetečka