

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

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

(21) Číslo dokumentu:

2002 - 2433

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **09.01.2001**

(32) Datum podání prioritní přihlášky: **14.01.2000**

(31) Číslo prioritní přihlášky: **2000/10001539**

(33) Země priority: **DE**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **18.06.2003**
(Věstník č. 6/2003)

(86) PCT číslo: **PCT/EP01/00156**

(87) PCT číslo zveřejnění: **WO01/051181**

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. C1. ⁷:

B 01 D 53/86

B 01 J 29/06

(71) Přihlašovatel:

UHDE GMBH, Dortmund, DE;

(72) Původce:

Schwefer Meinhard, Dortmund, DE;

Szonn Erich, Witten, DE;

Turek Thomas, Karlsruhe, DE;

(74) Zástupce:

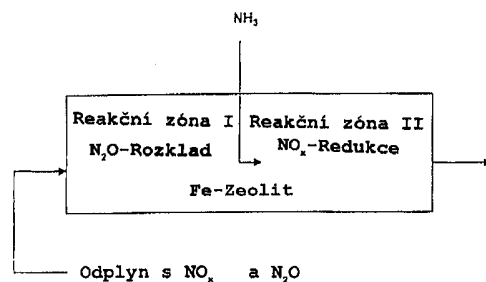
Všetečka Miloš JUDr., Hálkova 2, Praha 2, 12000;

(54) Název přihlášky vynálezu:

Způsob snížení obsahu NO_x a N₂O

(57) Anotace:

Způsob snížení obsahu NO_x a N₂O v procesních plynech a odplynech spočívá v tom, že se provádí v přítomnosti katalyzátoru, který v podstatě obsahuje jeden nebo více zeolitů obsahujících železo, přičemž plyn obsahující N₂O a NO_x se za účelem odstranění N₂O vede v prvním kroku v reakční zóně I pro odstranění N₂O při teplotě nižší než 500 °C přes katalyzátor a výsledný plynný proud se dále vede ve druhém stupni v reakční zóně II přes železo-obsahující zeolitový katalyzátor, přičemž k plynnému proudu se před jeho vstupem do reakční zóny II přidává podíl NH₃, který je dostatečný k redukci NO_x. Vynález zahrnuje i zařízení k provádění tohoto způsobu.



16 84540

snížení obsahu

Způsob odstranění NO_x a N_2O ~~z procesních plynů~~Oblast techniky

Vynález se týká způsobu odstranění NO_x a N_2 .

Dosavadní stav techniky

Při mnoha procesech, mezi které patří například spalovací procesy nebo průmyslová výroba kyseliny dusičné, odpadá odpadní plyn obsahující oxid dusnatý NO a oxid dusičitý NO_2 (tyto dva oxidy jsou společně označovány jako NO_x), jakož i rajský plyn N_2O . Zatímco oxid dusnatý a oxid dusičitý jsou již dlouhou dobu známé jako sloučeniny s ekotoxickým účinkem (kyselý dešť, tvorba smogu) a jsou celosvětově stanoveny hraniční hodnoty pro jejich maximální přípustné emise, obrací se v posledních letech rostoucí měrou pozornost ochránců životního prostředí také k rajskému plynu, poněvadž tento plyn přispívá nezanedbatelnou měrou k odbourávání stratosférického ozonu a ke skleníkovému efektu. Existuje tedy z ekologických důvodů potřeba technického řešení, které by umožnilo zamezit emisím rajského plynu a současně i emisím NO_x .

Pro separátní odstranění N_2O jsou již známé četné možnosti.

Při redukci NO_x je možné uvést selektivní katalytickou redukci (SCR) NO_x amoniakem v přítomnosti katalyzátorů tvořených TiO_2 s obsahem vanadu (viz G.Ertl, K.Knözinger, J.Weitkamp: Handbook of heterogeneous Catalysis, sv.4, str.1633-1668, VCH Weinheim (1997)). Tato redukce se v závislosti na použitém katalyzátoru provádí při teplotě od asi 150° až do asi 450°C a umožňuje odbourání více než 90 % NO_x . Tato redukce představuje nejvíce používanou variantu pro snížení obsahu NO_x v odplynech z průmyslových procesů.

Existují také způsoby redukce NO_x na bázi zeolitových katalyzátorů, které probíhají za použití různých redukčních činidel. Vedle zeolitů s vyměněnou Cu (viz například EP-A-0914886) jeví se jako zajímavé pro praktické použití především zeolity obsahující železo.

Takto je v patentovém dokumentu US-A-4,571,329 popsán způsob redukce NO_x v plynu, který je tvořen alespoň z 50 % oxidem dusičitým, pomocí amoniaku v přítomnosti zeolitu obsahujícího železo. Poměr NH_3 k NO_2 činí alespoň 1,3. Podle zde popsaného způsobu měly by být plyny obsahující NO_x redukovány amoniakem, aniž by při tom došlo k tvorbě N_2O jako vedlejšího produktu.

Patentový dokument US 5,451,387 popisuje způsob selektivní katalytické redukce NO_x za použití NH_3 na zeolitech obsahujících železo, který se provádí při teplotách okolo 400°C .

Na rozdíl od snižování obsahu NO_x v odplynech, které je již mnoho let součástí stavu techniky, existuje pro odstraňování N_2O jen málo technických procesů, které jsou

většinou zaměřeny na katalytické nebo tepelné odbourání N_2O . Přehled katalyzátorů, jejichž zásadní vhodnost k odbourání a k redukci rajskeho plynu již byla prokázána, poskytuje Kapteijn a kol. (Kapteijn F a kol., Appl.Cat.B: Environmental 9 (1996) 25-64).

Jako obzvláště vhodné k domuto účelu se ukázaly zeolitové katalyzátory obsahující Fe a Cu, které způsobují buď čistý rozklad N_2O na N_2 a O_2 (US-A-5,171,553) nebo také slouží ke katalytické redukci N_2O pomocí NH_3 nebo uhlovodíků na N_2 a H_2 , popřípadě CO_2 .

Takto je v patentovém dokumentu JP-A-07 060 126 popsán způsob redukce N_2O pomocí NH_3 v přítomnosti železo-obsahujícího zeolitu pentasilového typu při teplotách od 450 °C. Odbourání N_2O , kterého se dosáhne pomocí tohoto způsobu, činí asi 71 %.

Mauvezin a kol. uvádějí v Catal.Lett.62 (1999) 41-44 přehled vhodnosti různých zeolitů s vyměněným železem typu MOR, MFI, BEA, FER, FAU, MAZ a OFF. Přitom může být pomocí těchto katalyzátorů pouze v případě Fe-BEA dosaženo přidáním NH_3 při teplotě nižší než 500 °C více než 90% redukce N_2O .

Z hlediska jednoduchosti a hospodárnosti je obzvláště žádoucí jednostupňový způsob, což znamená použití jediného katalyzátoru pro redukci jak NO_x , tak i N_2O .

Redukce NO_x amoniakem může sice probíhat při teplotách nižších než 400°C , avšak pro redukci N_2O je obecně třeba, jak již bylo zmíněno, obecně teplot vyšších než 500°C .

To není nevýhodné pouze proto, že zahřívání odplynů na tyto teploty znamená větší spotřebu energie, nýbrž především proto, že použité zeolitové katalyzátory nejsou za těchto podmínek v přítomnosti vodní páry odolné vůči stárnutí.

V novějších zveřejněných materiálech je proto popsána redukce N_2O a NO_x v přítomnosti uhlovodíků za použití zeolitů obsahujících železo jako katalyzátorů, přičemž může být sice teplota redukce N_2O snížena na teploty pod 450°C , avšak dosáhne se přitom pouze relativně nízké konverze (nejvýše pod 50 %) (Kögel a kol., J.Catal.182 (1999)).

V nejmladší patentové přihlášce (JP-A-09 000 884) je popsáno současné použití amoniaku a uhlovodíků. Uhlovodíky v tomto případě selektivně redukuje N_2O obsažený v odplynu, zatímco redukce NO_x probíhá působením přidaného amoniaku. Celkový proces může být prováděn při teplotách nižších než 450°C . Při reakci N_2O s uhlovodíkem vzniká v nezanedbatelné míře jedovatý oxid uhelnatý, což vyžaduje následné čištění odpadního plynu za účelem odstranění CO z odplynu. Aby se dalekosáhle zamezilo tvorbě CO, bylo navrženo použít dále zařazený katalyzátor na bázi Pt/Pd.

Dodatečné dopování zeolitového katalyzátorů platinou je známe z Kögel a kol., Chemie Ingenieur Technik 70 (1998) 1164.

Starší předběžně nezveřejněný patentový dokument WO-A-00/48715 popisuje způsob, při kterém se odplyn, který obsahuje NO_x a N_2O , vede při teplotách mezi 200 a 600 °C přes zeolitový katalyzátor s obsahem železa typu Beta, přičemž odplyn kromě toho obsahuje NH_3 v molárním poměru mezi 0,7 a 1,4, vztaženo na celkové množství NO_x a N_2O . NH_3 zde slouží jako redukční činidlo jak pro NO_x , tak i pro N_2O . Tento způsob je sice jednostupňový a probíhá při teplotách nižších než 500 °C, má však stejně jako výše uvedené způsoby zásadní nevýhodu spočívající v tom, že k odstranění obsahu N_2O je zapotřebí asi ekvimolární množství redukčního činidla (zde NH_3).

Cílem vynálezu je poskytnout jednoduchý, ale hospodárný způsob, při kterém by podle možnosti byl použit pouze jeden katalyzátor, který by umožňoval dobrou konverzi při odbourání jak NO_x , tak i při odbourání N_2O , který by se vyznačoval minimální spotřebou redukčního činidla a při kterém by nevznikaly žádné další ekologicky škodlivé vedlejší produkty.

Podstata vynálezu

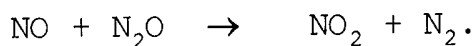
Výše uvedeného cíle je dosaženo vynálezem.

Předmětem vynálezu je způsob snížení obsahu NO_x a H_2O v procesních plynech a odplynech, přičemž se tento způsob provádí v přítomnosti katalyzátoru, výhodně jediného katalyzátoru, který v podstatě obsahuje jeden nebo více zeolitů obsahujících železo, přičemž plyn obsahující N_2O a NO_x se vede za účelem odstranění N_2O v prvním stupni v reakční zóně I při teplotě nižší než 500 °C přes

katalyzátor a výsledný proud plynu se ve druhém stupni dále vede v reakční zóně II přes zeolitový katalyzátor obsahující železo, přičemž k tomuto proudu plynu se přidá podíl NH_3 dostatečný k redukci NO_x (viz obr.1).

Dosažení tak nízké teploty rozkladu N_2O je podmíněno přítomností NO_x . Bylo zjištěno, že NO_x jako aktivační činidlo urychluje v přítomnosti zeolitů obsahujících železo odbourání N_2O

Pro stechiometrická množství N_2O a NO je tento účinek popsán v Kapteijn F., Mul G., Marban G., Rodriguez-Mirasol J., J.A., Studies in Surface Science and Catalysis 101 (1996) 641-650 a vysvětluje se reakcí N_2O s NO podle následující rovnice:



Poněvadž ale bylo nyní zjištěno, že zeolity obsahující železo katalyzují také rozklad vytvořeného NO_2 podle rovnice:



jsou také substechiometrická množství NO_x dostatečná k urychlení odbourání N_2O . Tento efekt se s přibývajícím teplotou citelně zesílí.

Při použití jiných katalyzátorů neprobíhá žádné kokatalytické působení NO na odbourání N_2O .

Způsob podle vynálezu umožňuje provádět jak rozklad N_2O , tak i redukci NO_x při jednotně nízké provozní teplotě, což u způsobů popsanych v rámci techniky až dosud nebylo možné.

Při použití zeolitů obsahujících železo, výhodně zeolitů typu MFI, obzvláště Fe-ZSM-5, probíhá odbourání N_2O podle výše uvedených reakčních rovnic v přítomnosti NO_x při teplotách, při kterých by rozklad N_2O bez NO_x nebyl vůbec možný.

Po opuštění první reakční zóny leží obsah N_2O v rámci způsobu podle vynálezu v rozmezí od 0 do 200 ppm, výhodně v rozmezí od 0 do 100 ppm, zejména v rozmezí od 0 do 50 ppm.

Dalším předmětem vynálezu je zařízení pro snížení obsahu NO_x a N_2O v procesních plynech a odplynech zahrnující alespoň jedno katalyzátorové lože obsahující katalyzátor, který v podstatě obsahuje jeden nebo více zeolitů obsahujících železo, a dvě reakční zóny, přičemž první zóna (reakční zóna I) slouží k odbourání N_2O a ve druhé zóně (reakční zóna II) je redukován NO_x a mezi první a druhou zónou se nachází zařízení pro přivedení plynného NH_3 (viz obr.1 a obr.2).

Provedení katalyzátorového lože je v rámci vynálezu vytvořeno libovolným vhodným způsobem. Může mít například formu trubkového reaktoru nebo reaktoru ve tvaru radiálního koše. Také prostorové oddělení reakčních zón, jak je zobrazeno na obr.2, odpovídá smyslu vynálezu.

Katalyzátory použité v rámci vynálezu obsahují v podstatě více než 50 % hmotnosti, zejména více než 70 % hmotnosti, jednoho nebo více zeolitů obsahujících železo. Takto může být například v katalyzátoru použitém v rámci vynálezu vedle zeolitu Fe-ZSM-5 obsažen další železo-obsahující zeolit, jakým je například zeolit typu MFI nebo MOR. Kromě toho může katalyzátor použitý v rámci vynálezu obsahovat další o sobě známé přísady, jako například pojivo. Katalyzátory podle vynálezu jsou výhodně založeny na zeolitech, do kterých bylo zabudováno iontovou výměnou v pevné fázi železo. Obvykle se přitom vychází z komerčně dostupných amonium-zeolitů (například $\text{MH}_4\text{-ZSM-5}$) a z odpovídajících solí železa (například $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$), přičemž se tyto složky mechanicky vzájemně intenzivně promísí v kulovém mlýnu při okolní teplotě (Turek a kol., Appl.Catal. 184, (1999) 249-256, EP-A-0 955 080). Takto získaný katalyzátorový prášek se potom kalcinuje v komorové peci na vzduchu při teplotě v rozmezí od 400 do 600 °C. Po kalcinaci se zeolit obsahující železo intenzivně promíchá v destilované vodě a po odfiltrování se vysuší. Potom se k takto získanému zeolitu obsahujícímu železo přidá vhodné pojivo, získaná směs se promísí a posléze vytlačuje například do tvaru válečkovitých katalyzátorových tělísek. Jako pojiva jsou vhodná obvykle používaná pojiva, přičemž nejvíce používanými pojivy jsou v daném případě hlinitokřemičitany, jako například kaolin.

V rámci vynálezu obsahují použitelné zeolity železo. Obsah železa, vztažený na hmotnost zeolitu, může přitom činit až 25 %, výhodně však 0,1 až 10 %. Výhodně jsou zeolit nebo zeolity obsahující železo a obsažené v katalyzátoru zeolity typu MFI, BEA, FER, MOR nebo/a MEL.

Přesné údaje týkající se výstavby nebo struktury těchto zeolitů jsou uvedeny v Atlas of Zeolithe Structure Types, Elsevier, 4th revised Edition 1996. Výhodnými zeolity v rámci vynálezu jsou zeolity typu MFI (pentasil) nebo MOR (mordenit). Obzvláště výhodnými zeolity jsou zeolity typu Fe-ZSM-5.

Reakční zóna I a reakční zóna II mohou být buď prostorově vzájemně spojeny, jak je to zobrazeno na obr.1, takže plyny obsahující oxidy dusíku jsou kontinuálně vedeny přes katalyzátor, nebo mohou být vzájemně prostorově odděleny, jak je to zobrazeno na obr.2.

Při způsobu podle vynálezu se v reakčních zónách I a II používají zeolity obsahující železo. Přitom mohou být v uvedených zónách použity rozdílné katalyzátory anebo může být výhodně v obou zónách použit jeden a tentýž katalyzátor.

Při prostorovém rozdělení reakčních zón je možné nastavit teplotu druhé zóny, popřípadě do ní vstupujícího plynného proudu odvodem nebo přívodem tepla tak, že je nižší nebo vyšší než teplota v první zóně.

Teplota reakční zóny I, ve které se odbourává rajský plyn, je při způsobu podle vynálezu nižší než 500 °C, výhodně v rozmezí od 350 do 500 °C. Teplota reakční zóny II výhodně odpovídá teplotě reakční zóny I.

Způsob podle vynálezu se obecně provádí za tlaku v rozmezí od 0,1 do 5 MPa, výhodně v rozmezí od 0,1 do 2,5

MPa. Dodávka plynného NH_3 mezi reakčními zónami 1 a 2, t.zn. za reakční zónou I a před reakční zónou II, se provádí vhodným zařízením, jakým je například odpovídající tlakový ventil nebo obdobně vytvořené trysky.

Plyn obsahující oxidy dusíku se obvykle vede přes katalyzátor prostorovou rychlostí 2 až 200 000 h^{-1} , výhodně 5 000 až 100 000 h^{-1} , vztaženo na sečtené objemy katalyzátorů v obou reakčních zónách.

Obsah vody v reakčním plynu je výhodně nižší než 25 % obj., obzvláště nižší než 15 % obj.. Výhodný je obecně nižší obsah vody.

Při redukci NO_x v reakční zóně II hraje vysoký obsah vody podřadnou úlohu vzhledem k tomu, že se zde již při relativně nízkých teplotách dosahuje vysokého stupně odbourání NO_x .

V reakční zóně I je obecně výhodný relativně nízký obsah vody, neboť by zde velmi vysoký obsah vody vyžadoval vysoké provozní teploty (například vyšší než 500 °C). To by mohlo v závislosti na použitém typu zeolitu a na provozní době překročit hydrotermální stabilitní hranice katalyzátoru. Obsah NO_x zde ovšem hraje rozhodující úlohu, neboť tento obsah může eliminovat deaktivaci vodou, jak to bylo popsáno v nezveřejněné německé přihlášce 100 01 540.9 se stejnou prioritou.

Také přítomnost CO_2 , jakož i dalších deaktivujících složek reakčního plynu, které jsou odborníkovi v daném

oboru známy, by měly být podle možností omezena na minimum vzhledem k tomu, že by mohly negativně ovlivnit odbourávání N_2O .

Všechny tyto faktory ovlivňující reakce probíhající v rámci vynálezu, stejně jako zvolené množství katalyzátoru a tedy i prostorovou rychlost plynu je třeba vzít v úvahu při volbě vhodných provozních teplot v reakčních zónách. Odborníkovi je vliv těchto faktorů na rychlost odbourání N_2O znám, přičemž tento odborník je schopen tyto faktory v rámci své odbornosti zohlednit.

Způsob podle vynálezu umožňuje odbourat N_2O a NO_x na N_2 , O_2 a H_2O při teplotách nižších než $500\text{ }^{\circ}\text{C}$, výhodně při teplotách nižších než $450\text{ }^{\circ}\text{C}$, aniž by přitom docházelo k tvorbě ekologicky škodlivých vedlejších produktů, jako je například oxid uhelnatý,, které by potom musely být zase odstraňovány. Redukční prostředek, kterým je NH_3 , se přitom spotřebovává pro redukci NO_x , nikoliv však nebo pouze nepodstatně pro odbourání N_2O .

Stupně konverze N_2O a NO_x dosažené v rámci vynálezu jsou vyšší než 80 %, výhodně vyšší než 90 %. Způsob podle vynálezu je takto, pokud jde o jeho účinnost a tedy o dosažitelnou míru odbourání N_2O a NO_x a o provozní a investiční náklady, jednoznačně lepší než odpovídající způsoby dosavadního stavu techniky.

V následující části popisu bude vynález blíže ilustrován pomocí konkrétního příkladu jeho provedení, přičemž tento příklad má pouze ilustrační charakter a nikterak neomezuje rozsah vynálezu, který je jednoznačně

definován formulací patentových nároků a obsahem popisné části.

Příklady provedení vynálezu

Jako katalyzátor byl použit zeolit obsahující železo typu ZSM-5. Výroba tohoto Fe-ZSM-5-katalyzátoru se provádí iontovou výměnou v pevné fázi, přičemž se vychází z komerčně dostupného zeolitu v amoniovém cyklu (Alsipenta, SM27). Detailní údaje pro přípravu tohoto zeolitu lze najít v M.Rauscher, K.Kesore, R.Mönig, W.Schwieger, A-Tissler, T.Turek: Preparation of highly active Fe-ZSM-5 catalyst through solid state ion exchange for the catalytic decomposition of N_2O , in Appl.Catal. 184 (199) 249-256.

Katalyzátorové prášky se potom kalcinují na vzduchu po dobu 6 hodin při teplotě 823 K, promyjí a vysuší přes noc při teplotě 383 K. Po přidání odpovídajícího pojiva následuje vytlačování na válečkovitá katalyzátorová tělíska, která se potom rozdrtí na granulát s velikostí částic v rozmezí od 1 do 2 mm.

Jako zařízení pro snížení obsahu NO_x a N_2O se použijí dva za sebou zařazené trubkové reaktory, které jsou naplněny takovými množstvími výše uvedeného katalyzátoru, že se vždy dosáhne, vztaženo na vstupující plynný proud, prostorové rychlosti $10\ 000\ h^{-1}$. Mezi oběma reaktory se přidává plynný NH_3 . Provozní teplota reakčních zón se nastaví zahříváním. Analýza plynného proudu vstupujícího do zařízení a vystupujícího ze zařízení se provádí pomocí analyzátoru plynů FTIR.

Při vstupních koncentracích 1 000 ppm N_2O , 1 000 ppm NO_x , 2 500 ppm H_2O a 2,5 % obj. O_2 v N_2 a při mezilehlém přidání NH_3 resultují při jednotné provozní teplotě 400 °C konverzní výsledky pro N_2O , NO_x a NH_3 , které jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka

	Vstupní koncentrace	Výstupní koncentrace	Stupeň konverze
N_2O	1 000 ppm	39 ppm	96,1 %
NO_2 (x=1-2)	1 000 ppm	78 ppm	92,2 %
NH_3	1 200 ppm ^{*)}	0 ppm	100 %

*) přidán mezi první a druhou reakční zónou

ČESKÁ REPUBLIKA
ÚŘED PRŮMYSLŮV
VYKONÁVÁNÍ PATENTŮ

P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. Zařízení pro snížení obsahu NO_x a N_2O v procesních plynech a odplynech, v y z n a č e n é t í m, že zahrnuje alespoň jedno katalyzátorové lože obsahující katalyzátor, který v podstatě obsahuje jeden nebo více zeolitů obsahujících železo, a dvě reakční zóny, přičemž první reakční zóna (reakční zóna I) slouží k odbourání N_2O a ve druhé reakční zóně je redukován NO_x a mezi první a druhou reakční zónou se nachází zařízení pro zavádění plynného NH_3 .
2. Zařízení podle nároku 1, v y z n a č e n é t í m, že v reakční zóně I a reakční zóně II se použijí stejné katalyzátory.
3. Zařízení podle nároku 1, v y z n a č e n é t í m, že reakční zóna I a reakční zóna II jsou prostorově odděleny.
4. Zařízení podle nároku 1, v y z n a č e n é t í m, že reakční zóna I a reakční zóna II jsou vzájemně prostorově odděleny.
5. Zařízení podle alespoň jednoho z předcházejících nároků, v y z n a č e n é t í m, že zeolit nebo zeolity obsahující železo a obsažené v katalyzátoru jsou zeolity typu MFI, BEA, FER, MOR nebo/a MEL.

6. Zařízení podle alespoň jednoho z předcházejících nároků, v y z n a č e n é t í m, že zeolit nebo zeolity obsahující železo jsou zeolity typu MFI.

7. Zařízení podle alespoň jednoho z předcházejících nároků, v y z n a č e n é t í m, že zeolitem je zeolit Fe-ZSM-5.

8. Způsob snížení obsahů NO_x a N_2O v procesních plynech a odplynech, v y z n a č e n ý t í m, že se provádí v přítomnosti katalyzátoru, který v podstatě obsahuje jeden nebo více zeolitů obsahujících železo, přičemž plyn obsahující N_2O a NO_x se za účelem odstranění N_2O vede v prvním kroku v reakční zóně I pro odstranění N_2O při teplotě nižší než 500°C přes katalyzátor a výsledný plynný proud se dále vede ve druhém stupni v reakční zóně II přes železo-obsahující zeolitový katalyzátor, přičemž k plynnému proudu se přidává podíl NH_3 , který je dostatečný k redukci NO_x .

9. Způsob podle nároku 8, v y z n a č e n ý t í m, že v reakční zóně I a v reakční zóně II se používá stejný katalyzátor.

10. Způsob podle nároku 8, v y z n a č e n ý t í m, že zeolit nebo zeolity obsahující železo a obsažené v zeolitu jsou zeolity typu MFI, BEA, FER, MOR nebo/a MEL.

11. Způsob podle nároku 10, v y z n a č e n ý t í m, že zeolitem obsahujícím železo je zeolit typu MFI.

12. Způsob podle nároku 11, v y z n a č e n ý t í m, že zeolitem je zeolit Fe-ZSM-5.

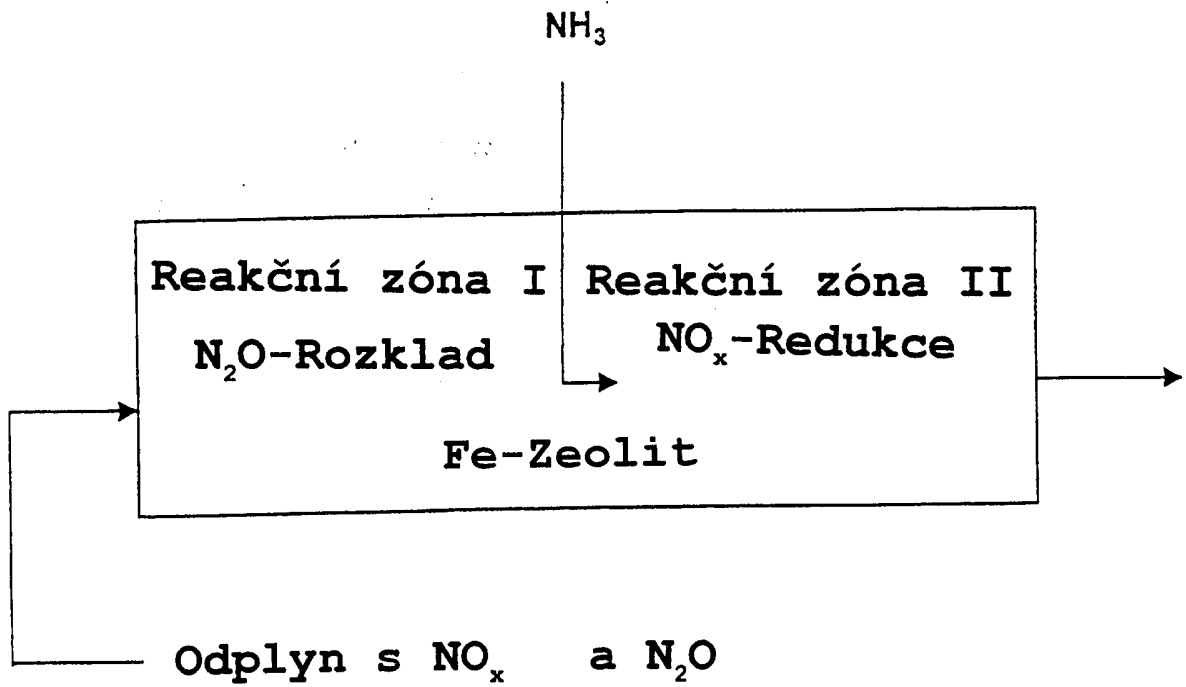
13. Způsob podle jednoho nebo více nároků 8 až 12, v y - z n a č e n ý t í m, že reakční zóny I a II jsou vzájemně prostorově odděleny.

14. Způsob podle jednoho nebo více nároků 8 až 12, v y - z n a č e n ý t í m, že reakční zóny I a II jsou vzájemně prostorově spojeny.

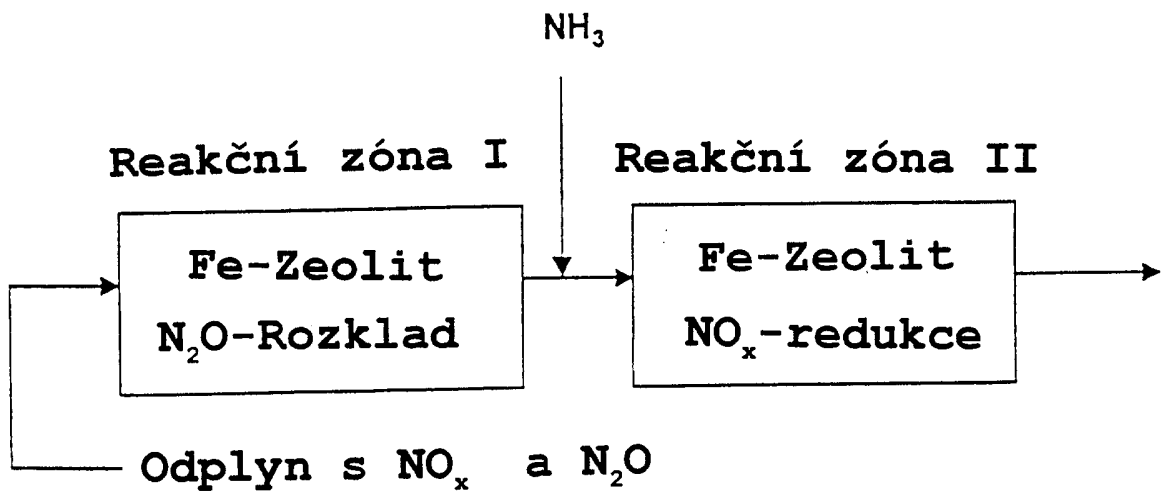
15. Způsob podle jednoho nebo více nároků 8 až 14, v y - z n a č e n ý t í m, že se provádí při tlaku v rozmezí od 0,1 do 5 MPa.

16. Způsob podle jednoho nebo více nároků 8 až 15, v y - z n a č e n ý t í m, že stupeň konverze N_2O a NO_x dosahuje více než 80 %.

Zastupuje:



OBR. 1



OBR. 2