

# PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

## 307 108

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:

<i>B01D 53/86</i>	(2006.01)
<i>A62D 3/30</i>	(2007.01)
<i>C10G 11/02</i>	(2006.01)
<i>C10G 35/04</i>	(2006.01)
<i>C10G 35/24</i>	(2006.01)
<i>C10G 35/10</i>	(2006.01)
<i>C10G 35/12</i>	(2006.01)

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLICA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky:	<b>2013-684</b>
(22) Přihlášeno:	<b>06.09.2013</b>
(40) Zveřejněno:	<b>29.04.2015</b> <b>(Věstník č. 17/2015)</b>
(47) Uděleno:	<b>06.12.2017</b>
(24) Oznámení o udělení ve věstníku:	<b>17.01.2018</b> <b>(Věstník č. 3/2018)</b>

(56) Relevantní dokumenty:

WO 2005095549; WO 03077901; US 4220625; WO 2008063584.

(73) Majitel patentu:

Vysoké učení technické v Brně, Brno, CZ

(72) Původce:

Ing. David Jecha, Ph.D., Vilémov - Klášter, CZ  
Ing. Pavel Skryja, Rybné, CZ  
Ing. Vladimír Brummer, 97401 Banská Bystrica, SK

(74) Zástupce:

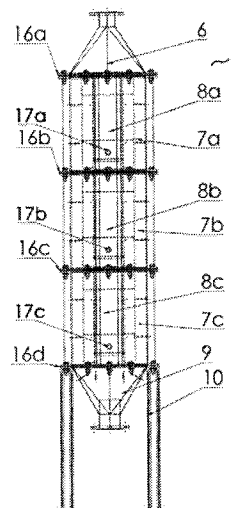
KANIA, SEDLÁK, SMOLA  
Patentová a známková kancelář, Ing. Jiří Malůšek,  
Mendlovo nám. 1a, 603 00 Brno

(54) Název vynálezu:

**Multifunkční poloprovozní jednotka pro  
snižování polutantů z odpadního plynu**

(57) Anotace:

Multifunkční poloprovozní jednotka pro snižování polutantů z odpadního plynu obsahuje reaktor (1), který má čtvercový půdorys a těleso reaktoru (1) je složeno ze tří stejných dílů (7a, 7b a 7c), přičemž mezi jednotlivé díly (7a, 7b a 7c) tělesa reaktoru (1) a horní vstup (6) a spodní výstupní díl (9) jsou vložena těsnění (16a až 16d) odolná vůči teplotě do 800 °C, přičemž každý díl (7a, 7b a 7c) tělesa reaktoru (1) má univerzální vstup (17a, 17b a 17c) např. pro přívod chladicího vzduchu, pro zchlazení spalín v případě rozdělení katalytického lože na víc částí, nebo pro další měřicí techniku, přičemž každý díl (7) tělesa reaktoru (1) má dále z vnitřní i vnější strany izolaci a má žebrování (19) pro udržení tvarové stálosti konstrukce při provozní teplotě, přičemž vevnitř každého dílu (7) tělesa reaktoru (1) jsou umístěny vestavby (8a až 8c) pro uložení katalyzátoru, přičemž jednotlivé díly (7) a vestavby (8) jsou navzájem oddělitelné.



## Multifunkční poloprovozní jednotka pro snižování polutantů z odpadního plynu

### Oblast techniky

5

Vynález se týká konstrukce multifunkční poloprovozní jednotky pro snižování polutantů z odpadního plynu, přilehlých potrubních tras spolu s měřením a regulací a bezpečnostními prvky.

10

### Dosavadní stav techniky

V současné době vzrůstá zájem o nové technologie čištění plynů z důvodů snižování emisních limitů. Pro řadu podniků je obtížné dosáhnout emisní limity. Z těchto důvodů podniky a korporace usilují o vývoj, zavádění a testování různých technologií čištění plynů, které budou splňovat náročnější technické normy, standardy, resp. nové legislativní a technické předpisy.

Existují poloprovozní jednotky pro odzkoušení vhodné technologie čištění plynů před investicí do nového technologického celku. Negativní vlastností běžných poloprovozních jednotek však je malá kompaktnost, s níž souvisí obtížná mobilita jednotky.

V praxi se používají spalovací komory s technologií termické oxidace. Tato metoda je však velmi energeticky náročná. Přivádí se dodatečné teplo na spalování odpadních plynů, což je nákladné. Celkový trend je, že se stále více zvažuje přechod na katalytickou oxidaci, která přináší často výraznou finanční úsporu provozních nákladů. Ovšem vhodné zařízení pro testování technologii čištění odpadních plynů a spalin, zejména katalytické oxidace zatím nikdo nepředstavil.

V pojednání "Heck R. M., Farrauto R. J., Gulati S. T., 2002, Catalytic air pollution control – Commercial Technology, John Wiley & Sons, New York, USA." se uvádí, že správným katalytickým systémem na konverzi polutantů na nepolutanty s nízkými energetickými požadavky a vysokými stupni konverze je možné dosáhnout účinné a cenově přijatelné řešení kontroly znečištění.

V pojednání "Cordi E. M., Falconer J. L., Oxidation of volatile organic compounds on  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Pd}/\text{Al}_2\text{O}_3$  and  $\text{PdO}/\text{Al}_2\text{O}_3$  catalysts, Journal of Catalysts 162, 1996, str. 104–117." se uvádí, že katalytickým spalováním je možné dosáhnout víc než 99 % konverze VOC na  $\text{CO}_2$  a  $\text{H}_2\text{O}$ , přičemž se pracuje za značně nižších teplot než při termickém spalování, což přináší úsporu pomocného paliva pro přehřátí proudu odpadního plynu a reaktoru.

V pojednání "Everaert K., Baeyens J., Catalytic combustion of volatile organic compounds, Journal of Hazardous Materials B109, 2004, 113–139." se uvádí, že pro přímé spalování VOC konvenčním způsobem je nutno teplot 800 až 1200 °C pro kompletní destrukci VOC co vede k vysokým provozním nákladům. Katalytické spalování se v tomto kontextu ukazuje jako velmi perspektivní.

V pojednání "Liotta L. F., Catalytic oxidation of volatile organic compounds on supported noble metals, Applied Catalysis B: Environmental 100, 2010, str. 403–412." je zmíněno, že těkavé organické uhlovodíky (VOC) značně přispívají k tvorbě fotochemického smogu s následným zlým vlivem na kvalitu ovzduší. Pouze několik technik je dostupných pro snižování emisí VOC, mezi nimi katalytická oxidace vhodná zejména pro víc zředěné koncentrace VOC.

Samotné katalytické jednotky jsou známé např. ze spisů US 5 055 275, US 4 004 887, US 4 186 172, US 4 220 625, US 4 381 590, nebo US 4 795 616.

Ze spisu WO 2006/079 026 je znám způsob katalytického reformingu těžkého benzínu kde jsou zmíněny reaktory, ale bez bližšího konstrukčního popisu. Ze spisu AU 2006/206278 je známa vylepšená katalytická reformingová jednotka nebo ze spisu AU 2005/28862 je známa katalytická krakovací jednotka a ze spisu CA 2 478 997 je znám způsob odstraňování oxidů dusíku z odpadního plynu ale bez bližší konstrukční specifikace katalytických reaktorů.

Cílem vynálezu je představit multifunkční poloprovozní jednotku pro snižování polutantů z odpadního plynu, která by měla vyhovující kompaktnost konstrukce a zároveň byla provedena modulárně tak, že by byla dobře mobilní a díky variabilitě konstrukce by se umožnilo na takové jednotce testovat různé druhy technologií používaných k odstraňování polutantů z odpadních plynů nebo spalin s možností uplatnění různých typů katalyzátorů.

### Podstata vynálezu

Výše uvedené nedostatky odstraňuje do značné míry multifunkční poloprovozní jednotka pro snižování polutantů z odpadního plynu podle vynálezu jehož podstata spočívá v tom, že obsahuje reaktor, který má čtvercový půdorys a těleso reaktoru je složeno ze tří stejných dílů, přičemž mezi jednotlivé díly tělesa reaktoru a horní vstup a spodní výstupní díl jsou vložena těsnění odolná vůči teplotě do 800 °C, přičemž každý díl tělesa reaktoru má univerzální vstup např. pro přívod chladicího vzduchu, pro zchlazení spalin v případě rozdělení katalytického lože na víc částí, nebo pro další měřicí techniku, přičemž každý díl tělesa reaktoru má dále z vnitřní i z vnější strany izolaci a má žebrování pro udržení tvarové stálosti konstrukce při provozní teplotě, přičemž vevnitř každého dílu tělesa reaktoru jsou umístěny vestavby pro uložení katalyzátoru, přičemž jednotlivé díly a vestavby jsou navzájem oddělitelné.

Ve výhodném provedení je katalyzátor sypaný.

V jiném výhodném provedení je katalyzátor monolitický.

V dalším výhodném provedení je katalyzátor uspořádán v dutém prostoru vestaveb, přičemž každá vrstva sypaného katalyzátoru je shora opatřena vrstvou inertního materiálu, provedeného jako kroužky nebo kuličky, pro ochranu katalyzátoru a homogenizaci toku plynu a na šrouby na boční straně vestavby je uspořádaná síťka pro zabránění propadnutí katalyzátoru danou vestavbou.

V jiném výhodném provedení je monolitický katalyzátor uspořádán a pevně přichycen do dutého prostoru vestavby pomocí šroubů na boční straně vestavby.

V jiném výhodném provedení je reaktor opatřen měřicím zařízením pro měření tlakové ztráty spalin nebo odpadního plynu na katalyzátoru měřením tlakové diference a každý blok reaktoru je opatřen měřicím zařízením pro měření teploty a na výstupu je reaktor opatřen zařízením pro měření složení spalin pro zjištění účinnosti použitého typu katalyzátoru.

V dalším výhodném provedení je jednotka opatřena tlakovou láhví coby bezpečnostním prvkem pro umožnění inertizace spalinových tras dusíkem a odvod spalin nebo odpadního plynu mimo reaktor bezpečnostním by-passem spalinové trasy reaktoru je zajištěn pomocí ventilů.

### Objasnění výkresů

Vynález bude dále přiblížen pomocí výkresů, kde obr. 1 znázorňuje technologické schéma zapojení multifunkční experimentální jednotky reaktoru podle vynálezu a vstupních a výstupních potrubních tras spolu s periferiemi a měřením a regulací, obr. 2 znázorňuje multifunkční experimentální jednotku v pohledu z boku, obr. 3 znázorňuje řez multifunkční experimentální jednotkou, obr. 4 znázorňuje multifunkční experimentální jednotku v pohledu shora, obr. 5 znázorňuje díly

těla multifunkční experimentální jednotky v pohledu shora, obr. 6 znázorňuje řez dílem tělesa multifunkční experimentální jednotky, obr. 7 znázorňuje těsnění mezi díly jednotky, obr. 8 znázorňuje vestavbu v pohledu shora, obr. 9 znázorňuje vestavbu v pohledu z boku, obr. 10 znázorňuje horní přechodový díl v pohledu shora a obr. 11 znázorňuje spodní přechodový díl spodní v pohledu zespodu.

#### Příklady uskutečnění vynálezu

Z technologického schématu na obr. 1 je vidět, že multifunkční experimentální jednotka podle vynálezu obsahuje reaktor 1, umístěný v jednotce, ve které jsou monitorovány charakteristiky znečištěných spalin pomocí měřicího zařízení 2 pro teplotu, zařízením 2a na měření tlaku, zařízením 3 na měření průtoku pomocí měření tlakové diference na cloně 4 a měřicím zařízením 5 na měření složení spalin.

Na obr. 2, 3, 4, 10 a 11 je pak vidět reaktor 1 v detailech. Spaliny vstupují vedením 22 shora přes horní vstup 6 do tělesa reaktoru 1. Detail horního vstupu 6 je na obr. 10. Reaktor 1 má čtvercový půdorys, což je nejlépe vidět na obr. 4, 10 a 11 a těleso reaktoru 1 je složeno ze tří stejných dílů 7a, 7b a 7c. Mezi jednotlivé díly 7a, 7b a 7c tělesa reaktoru 1 a přechodové díly, což je horní vstup 6 a spodní výstupní díl 9, se vkládají těsnění 16a až 16d odolné vůči teplotě max. 800 °C. Detail těsnění je vidět na obr. 7. Každý díl 7a, 7b a 7c tělesa reaktoru 1 má univerzální vstup 17a, 17b a 17c např. pro přívod chladicího vzduchu, pro zchlazení spalin v případě rozdělení katalytického lože na víc částí, nebo pro další měřicí techniku. Každý díl 7 tělesa reaktoru 1 má dále z vnitřní strany 16 bajonetových trnů 18 pro vnitřní izolaci a žebrování 19 pro udržení tvarové stálosti konstrukce při provozní teplotě, to je vidět na obr. 6.

Vevnitř každého dílu 7 tělesa reaktoru 1 jsou v případě použití monolitického nebo sypaného katalyzátoru umístěny vestavby 8a až 8c. Ty jsou vidět na obr. 8 a 9. Jednotlivé díly 7 a vestavby 8 jsou navzájem oddělitelné a jsou spojeny šrouby. V případě použití sypaného katalyzátoru je katalyzátor vsypán do dutého prostoru 23 vestavby 8a až 8c. Na každou vrstvu sypaného katalyzátoru je nasypána vrstva inertního materiálu, provedeného jako kroužky nebo kuličky, pro ochranu katalyzátoru a homogenizaci toku plynu. Pokud je katalyzátor monolitický, pak je pevně přichycen do dutého prostoru 23 vestavby 8 pomocí šroubů 20 na boční straně vestavby 8. V případě použití sypaného katalyzátoru se na šrouby 20 umístí pouze naznačená síťka 21, která brání propadnutí katalyzátoru danou vestavbou 8. Vyčištěné spaliny po průchodu celým reaktorem vystupují spodním přechodovým dílem 9 z reaktoru 1. Tento spodní díl 9 je vidět v detailu na obr. 11. Reaktor 1 je umístěn na podstavcích 10. Při průchodu reaktorem 1 je měřena tlaková ztráta spalin na katalyzátoru měřicím zařízením 11 tlakové diference. To je vidět na schématu z obr. 1. Dále je v každém bloku reaktoru měřena měřicími zařízeními 12a až 12d teplota. Pro zjištění účinnosti použitého typu katalyzátoru je na výstupu z reaktoru měřeno zařízením 13 pro měření složení spalin.

Ve zkušebním provedení byl nejvýše položený díl 7a využit vložením monolitu bez naneseného katalyzátoru jako homogenizátor toku plynu a zbylé dva díly 7b a 7c byly využity pro katalyzátor.

Bezpečnostní prvky tvoří možnost inertizace spalinových tras dusíkem z tlakové láhve 14 a bezpečnostní by-pass spalinové trasy reaktoru uváděn do provozu pomocí ventilů 15a a 15b. Veškeré potrubní trasy pro plyn resp. spaliny a reaktor jsou izolovány.

Při použití monolitického katalyzátoru jsou monolity vkládány do prostoru vestavby 8a až 8c.

Představované zařízení je multifunkční poloprovodní jednotkou pro odstraňování polutantů z odpadního plynu. Jednotka je variabilní, mobilní, se zaměřením na zkoušení a provádění dlouhodobých testů katalyzátorů v laboratorních i provozních podmínkách.

Odzkoušení technologii čištění plynů před investicí do nového technologického celku s cílem ověřit novou plánovanou technologii nebo změnu technologie a minimalizovat tak riziko možných ekonomických ztrát, které by mohli vzniknout díky problémům s nasazením poloprovozně neodzkoušené technologie řeší navrhovaná jednotka. Z důvodu technologické spolehlivosti a odladění technických problémů je velice výhodné použití poloprovozního zařízení, na kterém se tyto problémy odhalí a doporučí se postup jejich odstranění.

Jedná se o unikátní zařízení v daném měřítku. Běžně dostupné jednotky pro testování katalyzátorů jsou značně menších rozměrů a účinnost katalyzátorů je testována pouze na velmi malém množství vyrobeného zrna katalyzátoru, co však neodráží další problémy, které mohou vzniknout na průmyslném nasazení katalyzátoru, zejména zanášení a případná ztráta aktivity a účinnosti katalyzátoru a negativního účinku katalytických jedů, které může obsahovat zpracovávaný odpadní plyn resp. spaliny.

Navrhnutá konstrukce jednotky má kompaktní rozměry, její silnou stránkou je univerzálnost její snadný transport na místo testování.

Díky patrové konstrukci s vyjmutelnými vestavbami je možné na navrhované jednotce testovat různé druhy technologií používaných k odstraňování polutantů z odpadních plynů nebo spalin. Je možné testovat katalytické odstraňování VOC, CO, deNO<sub>x</sub> s použitím sypaných i monolitických katalyzátorů, případně po odstranění vestaveb i deSO<sub>x</sub> a filtraci tuhých látek. Primárně je jednotka určena pro použití monolitických katalyzátorů nebo sypaných katalyzátorů s pevným katalytickým ložem.

Aby bylo možno vyhodnotit účinnost katalyzátoru nebo jiné techniky pro čištění odpadního plynu (spalin) jsou vstupní a výstupní plynové trasy a samotný reaktor osazeny měřicí technikou pro určení složení vstupního a výstupního plynu, průtoku, tlaku, tlakové ztráty a teploty.

Ochrana katalyzátoru hraje u dějů s oxidačními reakcemi důležitou roli, protože po dobu experimentu s oxidací se zvyšuje teplota oxidačními reakcemi plynu a hrozí, že by po dobu testování mohla teplota překročit nejvyšší přípustnou teplotu pro katalyzátor a ten by mohl být poškozen nebo i zničen. Katalytické lože je možné rozdělit libovolně na víc dílů a podle použité aplikace zavést mezi tyto díly chladicí vzduch, aby se předešlo možnému ohrožení použitého katalyzátoru.

Čtvrt až poloprovozní jednotky (měřítko 1 : 100 až 1 : 1000 k průmyslným aplikacím) navrhovaného typu zatím nejsou běžně rozšířené pro chemický průmysl a výrobce katalyzátorů, kteří by mohli jednotku využít ke krátko i dlouhodobému testování.

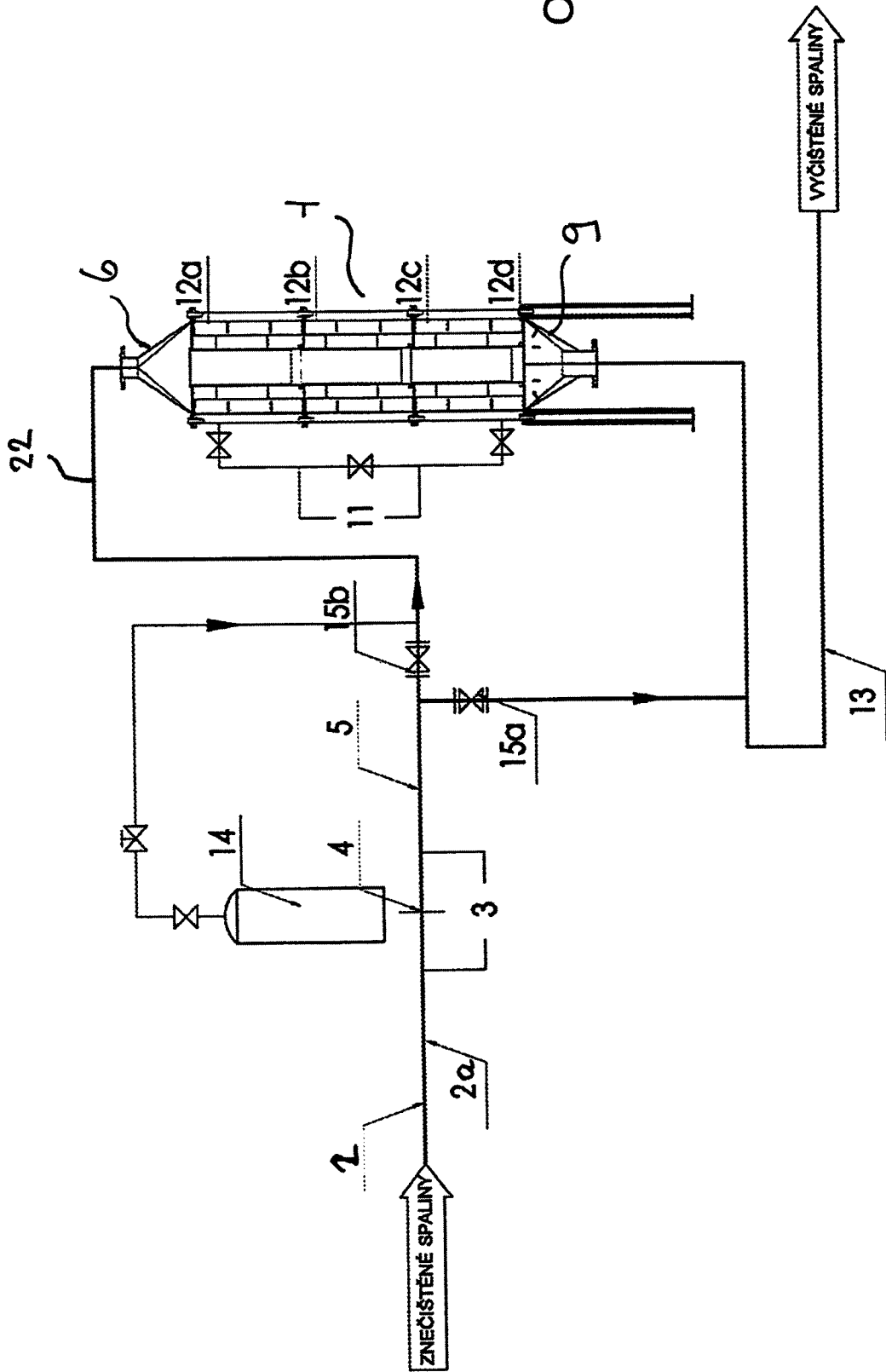
#### Průmyslová využitelnost

Mnoho chemických podniků řeší otázku technologií emisí VOC a CO. V případě použití termické oxidace zvažují přechod na katalytickou oxidaci, která přináší často výraznou finanční úsporu provozních nákladů. Právě nasazení technologii katalytické oxidace v poloprovozním měřítku je možné pro konkrétní aplikace posoudit na navrhované jednotce před potenciální investicí.

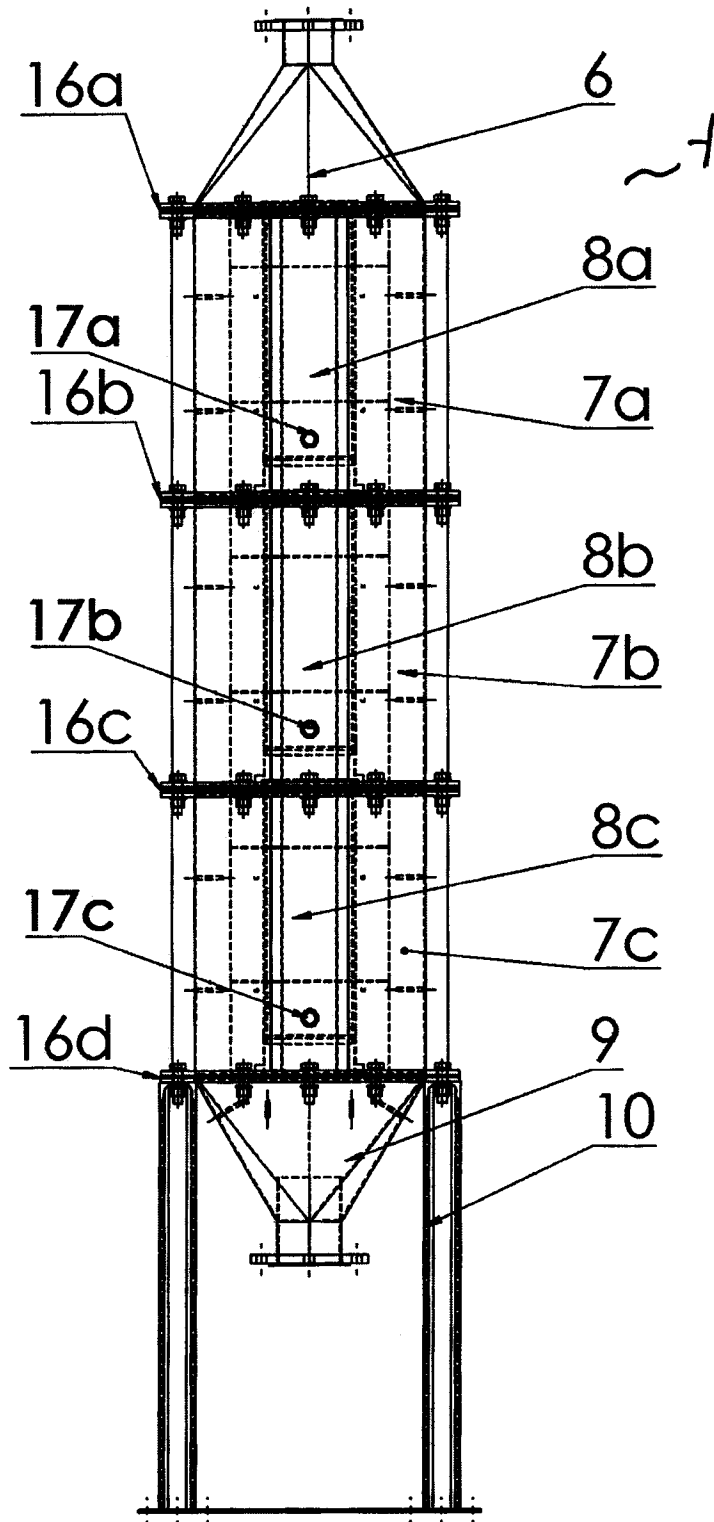
## PATENTOVÉ NÁROKY

- 5 1. Multifunkční poloprovozní jednotka pro snižování polutantů z odpadního plynu, **vyznačující se tím**, že obsahuje reaktor (1), který má čtvercový půdorys a těleso reaktoru (1) je složeno ze tří stejných dílů (7a, 7b a 7c), přičemž mezi jednotlivé díly (7a, 7b a 7c) tělesa reaktoru (1) a horní vstup (6) a spodní výstupní díl (9) jsou vložena těsnění (16a až 16d) odolná vůči teplotě do 800 °C, přičemž každý díl (7a, 7b a 7c) tělesa reaktoru (1) má univerzální vstup (17a, 17b a 17c) např. pro přívod chladicího vzduchu, pro zchlazení spalin v případě rozdělení katalytického lože na víc částí, nebo pro další měřicí techniku, přičemž každý díl (7) tělesa reaktoru (1) má dále z vnitřní i z vnější strany izolaci a má žebrování (19) pro udržení tvarové stálosti konstrukce při provozní teplotě, přičemž vevnitř každého dílu (7) tělesa reaktoru (1) jsou umístěny vestavby (8a až 8c) pro uložení katalyzátoru, přičemž jednotlivé díly (7) a vestavby (8) jsou navzájem oddělitelné.
- 10 15
2. Multifunkční poloprovozní jednotka podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že katalyzátor je sypaný.
- 20 3. Multifunkční poloprovozní jednotka podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že katalyzátor je monolitický.
4. Multifunkční poloprovozní jednotka podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že katalyzátor je uspořádán v dutém prostoru (23) vestaveb (8a až 8c), přičemž každá vrstva sypaného katalyzátoru je shora opatřena vrstvou inertního materiálu, provedeného jako kroužky nebo kuličky, pro ochranu katalyzátoru a homogenizaci toku plynu a na šrouby (20) na boční straně vestavby (8) je uspořádána síťka (21) pro zabránění propadnutí katalyzátoru danou vestavbou (8).
- 25 30 5. Multifunkční poloprovozní jednotka podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že monolitický katalyzátor je pevně přichycen do dutého prostoru (23) vestavby (8) pomocí šroubů (20) na boční straně vestavby (8).
6. Multifunkční poloprovozní jednotka podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že reaktor (1) je opatřen měřicím zařízením (11) pro měření tlakové ztráty spalin nebo odpadního plynu na katalyzátoru zařízením (11) pro měření tlakové diference a každý blok reaktoru je opatřen měřicím zařízením (12a až 12d) pro měření teploty a na výstupu je reaktor opatřen zařízením (13) pro měření složení spalin pro zjištění účinnosti použitého typu katalyzátoru.
- 35 40 7. Multifunkční poloprovozní jednotka podle kteréhokoliv z předcházející nároků, **vyznačující se tím**, že je opatřena tlakovou láhví (14) coby bezpečnostního prvku pro umožnění inertizace spalinových tras dusíkem a odvod spalin, nebo odpadního plynu mimo reaktor (1) bezpečnostním by-passem spalinové trasy reaktoru je zajištěn pomocí ventilů (15a a 15b).
- 45

6 výkresů

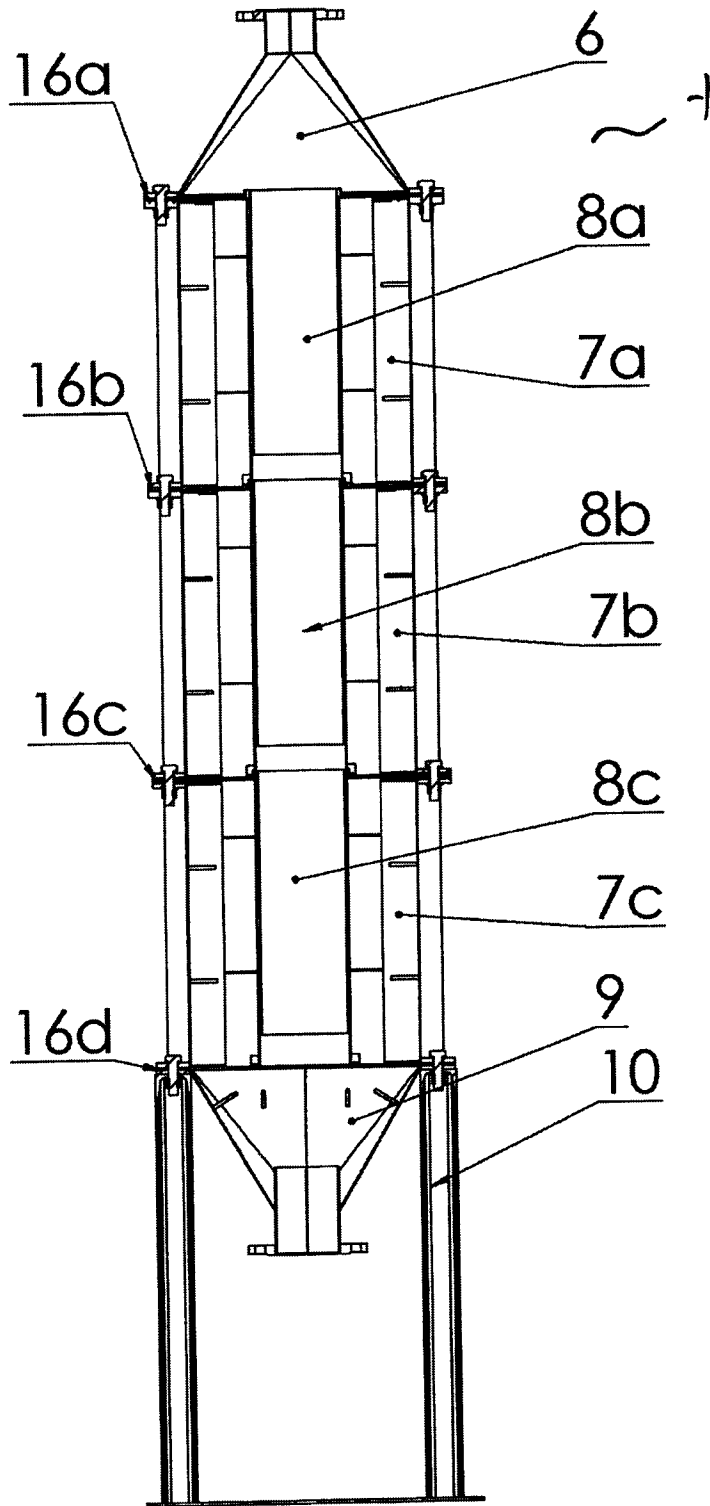


Obr.1

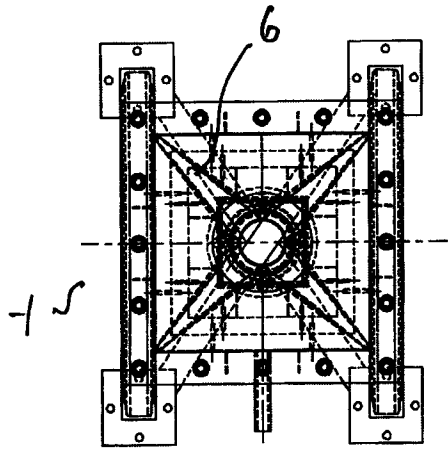


Obr.2

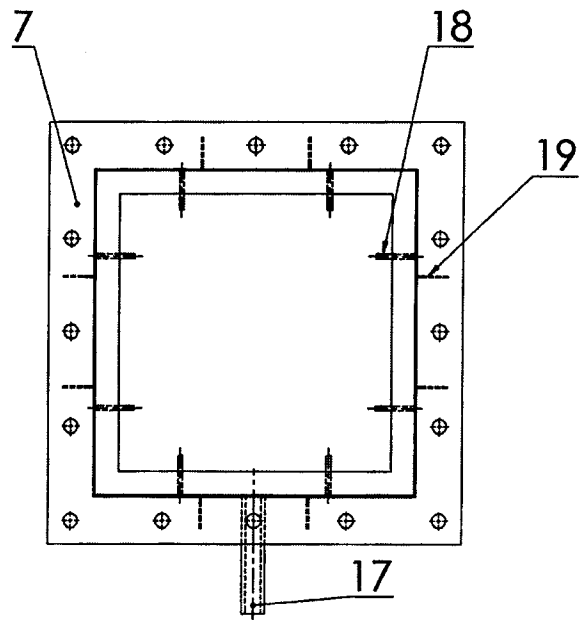




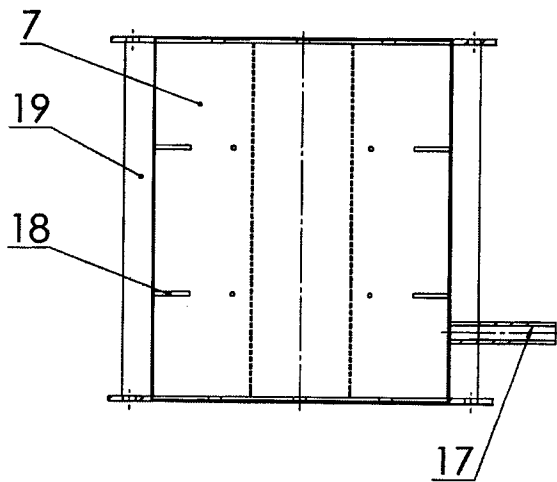
Obr.3



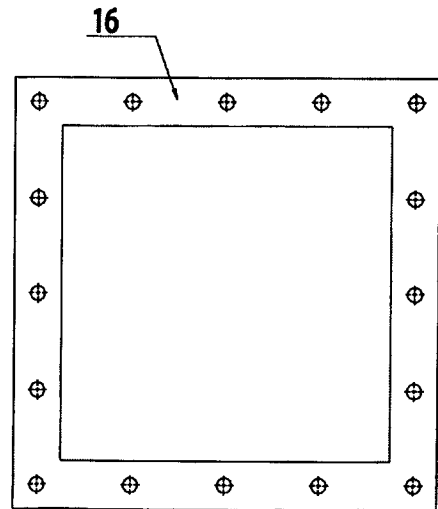
Obr.4



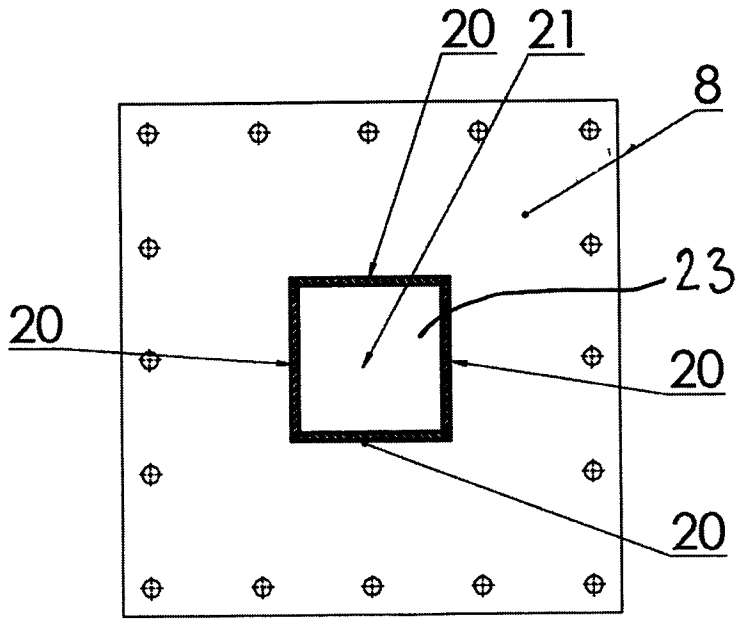
Obr.5



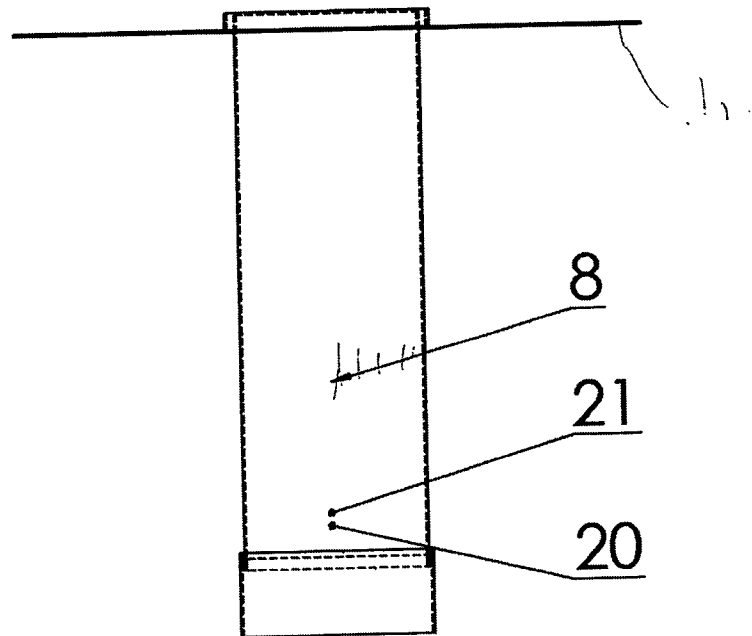
Obr.6



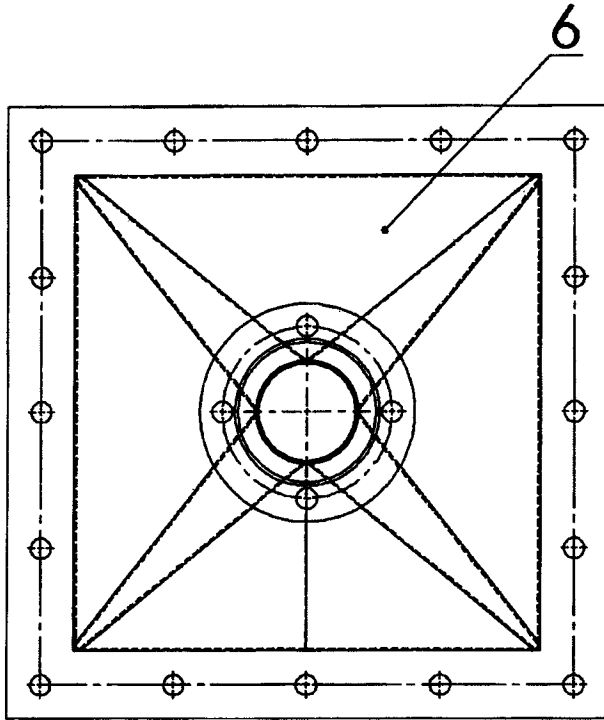
Obr.7



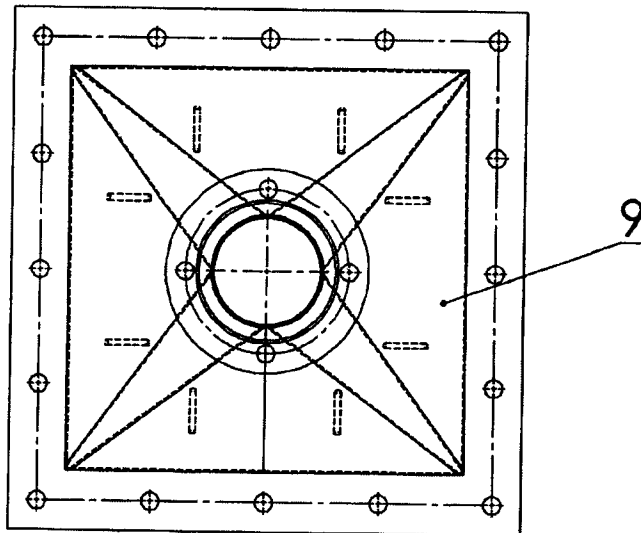
Obr.8



Obr.9



Obr.10



Obr.11

Konec dokumentu