

## Reaktor radialny do prowadzenia procesów katalitycznych

Przedmiotem wynalazku jest reaktor do prowadzenia procesów katalitycznych, zwłaszcza procesu selektywnej katalitycznej redukcji (SCR) tlenków azotu (SCR-deNO<sub>x</sub>) lub niskotemperaturowego rozkładu N<sub>2</sub>O (deN<sub>2</sub>O). Reaktor może być stosowany do 10 oczyszczania gazów wylotowych z tlenków azotu NO<sub>x</sub> lub N<sub>2</sub>O w instalacjach przemysłowych, szczególnie w instalacjach kwasu azotowego i hydroksyloaminy.

### STAN TECHNIKI

Strumień gazów wylotowych (reszkowych), pozostały po produkcji kwasu azotowego 15 zawiera tlenki azotu NO<sub>x</sub> i N<sub>2</sub>O, których emisja podlega regulacjom prawnym (Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/75/EU z dnia 24.11.2010 r., Decyzja Rady UE 2017/1757 z dnia 17 lipca 2017 r.).

Najbardziej efektywną i ekonomicznie uzasadnioną technologią, pozwalającą na ograniczenie emisji NO<sub>x</sub>, jest selektywna katalityczna redukcja amoniakiem (SCR- 20 deNO<sub>x</sub>) (zgodnie z Reference Document on Best Available Techniques for the Manufacture of Large Inorganic Chemicals—Ammonia, Acids and Fertilisers. 2007).

W przypadku procesu oczyszczania strumienia gazów reszkowych z N<sub>2</sub>O taką technologią jest niskotemperaturowy katalityczny rozkład (deN<sub>2</sub>O). Oba procesy są 25 prowadzone w specjalnie skonstruowanym do tego celu reaktorze, wyposażonym w kosz katalityczny, podtrzymujący i stabilizujący złożę katalizatora.

Konstrukcja kosza i osłaniającej go pokrywy wpływa na sposób przepływu strumienia gazu przez złożę katalizatora oraz wielkość spadku ciśnienia gazu w reaktorze SCR-deNO<sub>x</sub>/deN<sub>2</sub>O. Przepływ strumienia gazu przez złożę może odbywać się w kierunku osiowym, radialnym, lateralnym (bocznym) lub mieszanym, osiowym i radialnym, co

wpływa na liniową prędkość przepływu gazu przez złożę, a tym samym na efektywność procesu katalitycznego. Sposób przepływu gazu przez złożę ma również wpływ na wielkość spadku ciśnienia gazu w reaktorze. W przypadku montażu reaktora SCR-deNOx lub deN<sub>2</sub>O pomiędzy kolumną absorpcyjną i rozprężarką gazów resztkowych w ciągu technologicznym instalacji kwasu azotowego, spadki te determinują wielkość odzysku energii w rozprężarce gazów resztkowych. Taka lokalizacja reaktora jest korzystna ze względu na możliwość zastosowania mniejszej ilości katalizatora oraz reaktora o mniejszej objętości.

W praktyce przemysłowej, a zwłaszcza w instalacjach kwasu azotowego, najczęściej stosowane są rozwiązania konstrukcji koszy katalitycznych, zapewniających osiowy lub radialny kierunek przepływu strumienia gazów przez złożę katalizatora. W przypadku stosowania katalizatora w postaci drobnych kształtek (np. pierścieni, wytłoczek, kulek i innych) korzystniejsze z punktu widzenia oporów przepływu gazu i efektywności pracy katalizatora jest jego zainstalowanie w reaktorze radialnym (reaktor z przepływem osiowym jest preferowanym rozwiązaniem dla katalizatorów w formie monolitu). Reaktor radialny dobrze sprawdza się w instalacjach o dużym natężeniu przepływu gazu przez złożę katalizatora, w których wymagane jest oczyszczanie dużych ilości gazu w jednostce czasu, nie generując przy tym dużych spadków ciśnienia. W najprostszym wariantcie konstrukcyjnym (m.in. według zgłoszenia patentowego US 20140363359, patentu US 11325069 B2) reaktor składa się z cylindrycznej pierścieniowej przegrody o perforowanych ścianach, w której montuje się złożę katalizatora, spoczywające na litym dnie kosza katalitycznego. Pomędzy ścianą reaktora a zewnętrzną perforowaną ścianą boczną cylindrycznej sekcji katalitycznej, jak również w centralnej części reaktora znajduje się pusta przestrzeń, zapewniająca promieniowy przepływ strumienia gazu przez złożę. Od góry złożę osłania lita pokrywa, która uniemożliwia napływ strumienia gazu na złożę w kierunku osiowym. Problemem jest osiadanie warstwy katalizatora, które prowadzi do niekorzystnego zjawiska bocznikowania strumienia gazu. Niweluje się je przez instalowanie ciężkiej litej pokrywy o odpowiedniej wysokości bocznych ścian (zabezpieczającej złożę przed bocznikowaniem strumienia gazu) oraz stosowanie nawet do 20% nadmiaru katalizatora w stosunku do ilości wymaganej do uzyskania założonej konwersji tlenków azotu (kompensującej osiadanie złoża katalizatora).

Ze stanu techniki znane są różne rozwiązania reaktorów, w których przynajmniej część strumienia gazu przepływa w kierunku radialnym. Zazwyczaj są to układy z co najmniej dwoma złożami katalizatorów, umieszczonymi współosiowo wzdłuż średnicy lub osi reaktora (jedno nad drugim).

- 5    Znane jest rozwiązanie firmy Casale (opis patentowy EP 3162427 A1) z trzema złożami katalizatorów, zainstalowanych w cylindrycznych pierścieniowych przegrodach, które są rozmieszczone współosiowo wzdłuż średnicy i osi reaktora. Złoża katalizatorów ograniczone są perforowanymi ścianami bocznymi oraz nieprzepuszczalnymi dla gazu ścianami górną i dolną, co pozwala ukierunkować strumień oczyszczanego gazu
- 10    wyłącznie radialnie. Na pierwszym i trzecim złożu katalizatora jest realizowany proces SCR-deNO<sub>x</sub>, natomiast na drugim złożu proces deN<sub>2</sub>O.

W opisie patentowym EP 2794071A2 firmy ThyssenKrupp Industrial Solutions AG zostały przedstawione różne warianty konstrukcji koszy katalitycznych dla reaktorów do oczyszczania strumienia gazów reszkowych z NO<sub>x</sub> i N<sub>2</sub>O. Złoża katalizatorów SCR-deNO<sub>x</sub>

15    i deN<sub>2</sub>O mogą być zainstalowane wewnątrz reaktora w pierścieniowych przegrodach, ułożonych współosiowo wzdłuż średnicy reaktora, których boczne ściany są perforowane, a górna i dolna ściana są nieprzepuszczalne dla gazu. Wewnętrzna ściana zewnętrznej sekcji katalitycznej bezpośrednio przylega do zewnętrznej ściany wewnętrznej sekcji katalitycznej. Napływ strumienia oczyszczanego gazu na złoża

20    katalizatorów może być realizowany od strony pustej przestrzeni pomiędzy ścianą reaktora a perforowaną boczną ścianą zewnętrznej sekcji katalitycznej lub od strony pustej przestrzeni w centralnej części reaktora, ograniczonej perforowaną ścianą wewnętrznej sekcji katalitycznej. Złoża katalizatorów mogą być również rozmieszczone współosiowo wzdłuż osi reaktora w przegrodzie cylindrycznej o litych ścianach bocznych

25    i perforowanych ścianach górnej i dolnej oraz w przegrodzie pierścieniowej o perforowanych ścianach bocznych i nieprzepuszczalnych dla gazu ścianach górnej i dolnej. Dzięki temu strumień oczyszczanego gazu przepływa przez jedno złożę w kierunku osiowym, natomiast przez drugie w kierunku radialnym.

Ze stanu techniki (patent US7462340B2) znanych jest również kilka rozwiązań reaktorów

30    firmy ThyssenKrupp Industrial Solutions AG, przeznaczonych do oczyszczania strumienia gazu z NO<sub>x</sub> i N<sub>2</sub>O na dwóch złożach katalizatora/ów, pomiędzy którymi zainstalowany

jest mieszalnik strumienia oczyszczanego gazu z reduktorem. Złoża katalizatorów są instalowane wewnątrz reaktora w przegrodach o kształcie cylindrycznym lub pierścieniowym, zamontowanych współosiowo wzdłuż średnicy lub osi reaktora. Pomiędzy sekcjami katalitycznymi rozmieszczone są lite ścianki działowe dzielące

5 przestrzeń wewnątrz reaktora na dwie części. Strumień gazu oczyszczony na pierwszym złożu katalizatora nie kontaktuje się bezpośrednio z drugim złożem katalizatora, lecz jest najpierw kierowany przez przestrzeń między ścianką działową a pierwszym złożem katalizatora do mieszalnika, w którym jest mieszany z reduktorem. Po opuszczeniu mieszalnika jest kierowany promieniowo przez drugie złożo katalizatora do wylotu z

10 reaktora. W innym wariacie według wynalazku US7462340B2 w centralnej części reaktora umieszczona jest lita ściana/płaszczyzna działowa oddzielająca dwie sekcje katalityczne, a w jej centralnej części zainstalowany jest wlot do mieszalnika. Przepływ strumienia gazu przez reaktor jest osiowo-radialny lub radialno-osiowy. Strumień gazu przepływa przez pierwsze złożo katalizatora promieniowo (katalizator umieszczony w

15 pierścieniowej przegrodzie o perforowanych ścianach bocznych i litych ścianach górnej i dolnej) lub w kierunku osiowym (katalizator umieszczony w cylindrycznej przegrodzie o perforowanych ścianach górnej i dolnej oraz litych ścianach bocznych), jest kierowany do mieszalnika w osi reaktora, a następnie przepływa w kierunku osiowym lub promieniowym przez drugie złożo katalizatora do wylotu z reaktora.

20 Przepływ strumienia gazu w kierunku osiowo-radialnym może być również realizowany przez zainstalowanie dwóch złożo katalizatorów współosiowo wzdłuż średnicy reaktora, w pierścieniowych przegrodach w taki sposób, że wewnętrzna ściana zewnętrznej sekcji katalitycznej będzie jednocześnie zewnętrzną ścianą wewnętrznej sekcji katalitycznej (patent EP 3515586 B1). Złożo drugiego katalizatora kontaktuje się ze złożem pierwszego

25 katalizatora przez boczną perforowaną ścianę, a w górnej części jest oddzielone od złoża pierwszego katalizatora nieprzepuszczalną przegrodą. Boczne ściany koszy katalitycznych oraz zamykająca je od góry pokrywa są perforowane, natomiast dolne ściany koszy są nieprzepuszczalne dla gazu. Złożo pierwszego katalizatora umieszczone jest w zewnętrznej przegrodzie pierścieniowej oraz górnej części wewnętrznej przegrody

30 pierścieniowej, co zapewnia napływ strumienia gazu w kierunku osiowo-radialnym.

Przepływ w reaktorze radialnym można modyfikować wprowadzając deflektory w części centralnej reaktora oraz/lub w przestrzeniach pomiędzy złożami katalizatora/ów (patenty US 6663839B2 i US 7462340B2). Deflektor zainstalowany w części centralnej reaktora ma kształt odwróconego stożka lub paraboliczny. Natomiast  
5 pozostałe deflektory mają kształt ściętego stożka, którego dolna krawędź jest połączona z dolną krawędzią wewnętrznej przegrody pierścieniowej, natomiast górna krawędź jest połączona z górną krawędzią zewnętrznej przegrody pierścieniowej. Zastosowanie deflektorów umożliwia wydłużenie drogi przepływu gazu przed jego wlotem na złożo katalizatora w stosunku do klasycznego reaktora radialnego. Poprawia to dystrybucję  
10 gazu na złożu wzdłuż osi reaktora oraz zapewnia łagodny napływ strumienia gazu na złożo. Zastosowanie deflektorów w reaktorze radialnym pozwala obniżyć opory przepływu gazu przez złożo katalizatora nawet 10-krotnie w stosunku do reaktora z przepływem osiowym oraz kilkakrotnie w porównaniu z klasycznym reaktorem radialnym (stosując tę samą sumaryczną objętość złoża katalizatora). Taki wariant  
15 reaktora jest jednak kosztowniejszy i trudniejszy do wykonania oraz serwisowania.

Z literatury patentowej (US6821490) znane jest również rozwiązanie reaktora z przepływem bocznym (LFR – *lateral flow reactor*) w którym, podobnie jak w reaktorze radialnym, strumień oczyszczanego gazu przepływa przez złożo katalizatora w kierunku prostopadłym do osi reaktora. Kosz katalityczny wewnątrz reaktora LFR składa się z  
20 szeregu prostopadłościennych kaset o niewielkiej szerokości, których boczne ściany są perforowane, natomiast górna i dolna ściana są nieprzepuszczalne dla gazu. Strumień oczyszczanego gazu jest kierowany do przestrzeni między kasetami ze złożem katalizatora i rozplywa się na dwie kasety, co zwiększa powierzchnię napływu gazu na złożo. Po przejściu przez złożo, strumień gazu opuszcza je przez drugą perforowaną  
25 ścianę kasety i łączy się ze strumieniem gazu z sąsiedniej kasety. Poszczególne strumienie gazu z przestrzeni między kasetami łączą się ze sobą i opuszczają reaktor przez wylot. Konstrukcja reaktora zapewnia niską liniową prędkość i niskie opory przepływu oczyszczanego gazu przez złożo katalizatora. W związku z tym może być stosowana w procesach katalitycznych, prowadzonych pod ciśnieniem zbliżonym do  
30 atmosferycznego i przy dużych objętościowych natężeniach przepływu gazu. Taka konstrukcja pozwala na zainstalowanie tylko jednego typu katalizatora, co uniemożliwia

integrację dwóch procesów katalitycznych  $\text{deNO}_x$  i  $\text{deN}_2\text{O}$  w jednym reaktorze. Niemniej jednak, zapewnia najwyższą efektywność pracy katalizatora w porównaniu z reaktorami radialnym i osiowym.

- 5    Celem wynalazku jest zwiększenie efektywności działania katalizatora poprzez obniżenie liniowej prędkości przepływu gazu oraz obniżenie oporów przepływu gazu na złożu katalizatora, w porównaniu z aktualnie istniejącymi rozwiązaniami reaktorów radialnych i osiowo-radialnych (lub radialno-osiwych).

10    UJAWNIEŃ WYNALAZKU

Przedmiotem wynalazku jest reaktor radialny do prowadzenia procesów katalitycznych, zwłaszcza do selektywnej katalitycznej redukcji  $\text{NO}_x$  (SCR) lub niskotemperaturowego rozkładu  $\text{N}_2\text{O}$  ( $\text{deN}_2\text{O}$ ), stanowiący pionowy aparat z wlotem gazu w górnej i wylotem w dolnej części, który charakteryzuje się tym, że zawiera kosz katalityczny zbudowany z  
15    dwóch całkowicie wypełnionych katalizatorem pierścieniowych sekcji katalitycznych o jednakowej wysokości i wspólnej osi, rozdzielonych pustą pierścieniową przestrzenią, która jest otwarta od góry umożliwiając napływ gazu pomiędzy sekcje i zamknięta od dołu, przy czym sekcje katalityczne mają perforowane ściany boczne (pobocznicę) i nieprzepuszczalne ściany górną i dolną, dla zapewnienia poziomego rozprzężenia gazu przez  
20    obie sekcje, przez zewnętrzną sekcję w kierunku ściany reaktora a przez wewnętrzną sekcję do pustej cylindrycznej przestrzeni w osi reaktora, zamkniętej od góry i otwartej od dołu.

Strumień oczyszczanego gazu przepływa od wlotu reaktora w kierunku osiowym do  
25    pustej pierścieniowej przestrzeni pomiędzy dwiema sekcjami katalitycznymi, a ze wspomnianej pustej przestrzeni rozprzęża się na obie sekcje katalityczne i przepływa przez nie promieniowo w kierunku od wnętrza pustej pierścieniowej przestrzeni na zewnątrz sekcji katalitycznych. Po opuszczeniu zewnętrznej sekcji katalitycznej strumień gazu przepływa do przestrzeni pomiędzy ścianą reaktora a zewnętrzną perforowaną  
30    ścianą tej sekcji, a strumień z wewnętrznej sekcji katalitycznej przepływa do pustej cylindrycznej przestrzeni w osi reaktora, po czym oba strumienie łączą się i są kierowane

do wylotu z reaktora. Pustą cylindryczną przestrzeń w osi reaktora wyznacza wewnętrzna perforowana ściana wewnętrznej sekcji katalitycznej.

5 W reaktorze przeznaczonym do procesu deNO<sub>x</sub> albo deN<sub>2</sub>O w sekcjach katalitycznych znajduje się, odpowiednio, katalizator deNO<sub>x</sub> albo deN<sub>2</sub>O.

Korzystnie boczne ściany sekcji katalitycznych nie posiadają perforacji w górnej części, na wysokości stanowiącej 10-20% wysokości złoża katalizatora, dla zabezpieczenia sekcji katalitycznych przed bocznikowaniem strumienia gazu w przypadku osiadania złoża katalizatora.

10 Korzystnie średnica cylindrycznej przestrzeni ograniczonej przez zewnętrzną perforowaną ścianę zewnętrznej sekcji katalitycznej stanowi 75-85% średnicy reaktora.

Korzystnie średnica cylindrycznej przestrzeni ograniczonej przez zewnętrzną perforowaną ścianę wewnętrznej sekcji katalitycznej stanowi 35-45% średnicy reaktora.

15 Korzystnie średnica pustej cylindrycznej przestrzeni w centralnej części reaktora stanowi 15-30% średnicy reaktora.

Korzystnie zewnętrzna średnica pustej pierścieniowej przestrzeni między dwiema sekcjami katalitycznymi stanowi 55-70% średnicy reaktora.

Korzystnie szerokość pustej pierścieniowej przestrzeni pomiędzy sekcjami katalizatora stanowi 5-10% średnicy reaktora.

20 Średnica otworów w perforowanych ścianach kosza zapewnia swobodny przepływ gazu przez złożo katalizatora i jednocześnie zabezpiecza warstwę katalizatora przed przesypywaniem.

25 Korzystnie powierzchnia czynna perforowanej ściany kosza, rozumiana jako stosunek powierzchni otworów w ścianie do całkowitej powierzchni tej ściany stanowi 30-35% całkowitej powierzchni perforowanej ściany.

Oryginalność rozwiązania polega na zwiększeniu powierzchni napływu gazu na złożo katalizatora poprzez jego podzielenie pomiędzy dwie pierścieniowe sekcje katalityczne (zamiast jednej, jak w klasycznym reaktorze z przepływem radialnym), rozdzielone pustą przestrzenią, zapewniającą rozptyw gazu na dwie sekcje katalityczne, przez które  
5 strumień gazu rozchodzi się w dwóch kierunkach (do pustej cylindrycznej przestrzeni w centralnej części reaktora i pustej pierścieniowej przestrzeni pomiędzy ścianą reaktora a zewnętrzną perforowaną ścianą kosza katalitycznego). Dzięki temu powierzchnia napływu gazu zwiększa się o co najmniej 45% w stosunku do powierzchni napływu gazu w klasycznym reaktorze radialnym z jedną pierścieniową przegrodą ze złożem katalizatora, o objętości zbliżonej do dwóch pierścieniowych przegród zgodnie z  
10 wynalazkiem. Większa powierzchnia napływu gazu na złożo katalizatora, przy zachowaniu tego samego objętościowego natężenia przepływu gazu, skutkuje niższą liniową prędkością przepływu gazu przez złożo oraz niższym spadkiem ciśnienia w reaktorze SCR-deNO<sub>x</sub>/deN<sub>2</sub>O. Liniowa prędkość przepływu gazu ma wpływ na szybkość  
15 reakcji katalitycznych zachodzących w obszarze dyfuzyjnym, czyli na złożach uformowanych katalizatorów. Zatem, jej obniżenie skutkuje wzrostem efektywności działania katalizatora.

Nieoczekiwanie okazało się, że rozwiązanie według wynalazku, polegające na zainstalowaniu katalizatora w dwóch pierścieniowych przegrodach oddzielonych od  
20 siebie pustą przestrzenią, zapewnia ok. 3-krotnie niższą liniową prędkość i ok. 6-krotnie niższe opory przepływu gazu przez jego złożo w porównaniu z klasycznym reaktorem radialnym, w którym złożo to jest umieszczane w jednej pierścieniowej przegrodzie kosza o większej objętości. Obniżenie oporów przepływu gazu jest istotne zwłaszcza w przypadku implementacji reaktora SCR-deNO<sub>x</sub>/deN<sub>2</sub>O w instalacjach kwasu azotowego  
25 przed rozprężarką gazów resztkowych, ponieważ pozwala na większy odzysk energii w rozprężarce i korzystnie wpływa na bilans energetyczny instalacji.

Budowa kosza według wynalazku umożliwia zainstalowanie w reaktorze jednego typu katalizatora (SCR-deNO<sub>x</sub> lub deN<sub>2</sub>O) w co najmniej dwóch pierścieniowych przegrodach, umieszczonych współosiowo wzdłuż średnicy reaktora i w odległości zapewniającej  
30 swobodny napływ gazu na obie sekcje katalityczne. Taki sposób instalacji katalizatora w reaktorze radialnym umożliwia zwiększenie powierzchni napływu i obniżenie liniowej

prędkości przepływu gazu przez złożę, w wyniku czego możliwe będzie zwiększenie efektywności działania katalizatora. Wpływa to również na obniżenie oporów przepływu gazu przez reaktor SCR-deNO<sub>x</sub> lub deN<sub>2</sub>O.

Dzięki wykorzystaniu sposobu dystrybucji gazu na złożu katalizatora, zbliżonego do występującego w reaktorze lateralnym, w reaktorze wg wynalazku uzyskano o 45% większą powierzchnię napływu gazu na złożę katalizatora w porównaniu z klasycznym reaktorem radialnym (z napływem strumienia gazu na jedną perforowaną ścianę pierścieniowej przegrody ze złożem katalizatora). W wyniku tego uzyskuje się 3-krotnie niższą prędkość i 6-krotnie niższe opory przepływu gazu przez złożę katalizatora. W odróżnieniu od reaktora z bocznym przepływem gazu, reaktor radialny umożliwia zainstalowanie większej objętości złoża katalizatora, przy tej samej objętości dostępnej przestrzeni w reaktorze, oraz charakteryzuje się mniej skomplikowaną konstrukcją.

Wynalazek będzie miał zastosowanie w instalacjach przemysłowych emitujących tlenki NO<sub>x</sub> lub N<sub>2</sub>O w strumieniu gazów wylotowych, a szczególnie w reaktorach ciśnieniowych do oczyszczania gazów resztkowych z tlenków azotu w instalacjach kwasu azotowego. Możliwa jest również adaptacja przedstawionego rozwiązania do istniejących reaktorów SCR.

## 20 PRZYKŁAD WYKONANIA WYNALAZKU

Wynalazek jest przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku Fig. 1, na którym pokazano przekrój pionowy reaktora z koszem i złożami katalizatora.

Reaktor 1 według wynalazku ma kształt pionowego cylindrycznego aparatu z elipsoidalnymi dennicami na obu jego końcach. W dennicy górnej znajduje się wlot gazów resztkowych 2 a w dennicy dolnej wylot strumienia gazu poreakcyjnego 3. Wewnątrz reaktora 1 znajduje się umieszczony osiowo kosz katalityczny 6 o kształcie otwartego od góry cylindrycznego naczynia, którego górna krawędź jest połączona kołnierzem ze ścianą reaktora 1. We wnętrzu kosza znajdują się dwie cylindryczne sekcje pierścieniowe (wewnętrzna i zewnętrzna) do instalowania złoża katalizatora 4a i 4b, połączone ze sobą litym dnem kosza 12 i zamykane od góry litą pokrywą 8. Boczne ściany sekcji katalitycznych nie posiadają perforacji w górnej części, na wysokości stanowiącej 10-20% wysokości złoża katalizatora, dla zabezpieczenia sekcji katalitycznych przed

bocznikowaniem strumienia gazu w przypadku osiadania złoŜa katalizatora. W pokrywie kosza wycięty jest otwór o kształcie pierścienia, stanowiący sekcję wlotową 13 dla oczyszczanego strumienia gazu. Z przestrzeni tej strumień gazu rozplywa się na dwie sekcje katalityczne, przez które przepływa w kierunku radialnym. Następnie, opuszcza 5 zewnętrzną sekcję katalityczną przez pustą przestrzeń pomiędzy ścianą reaktora 1, a zewnętrzną perforowaną ścianą tej sekcji 14. Strumień gazu oczyszczony w wewnętrznej sekcji katalitycznej jest kierowany do pustej cylindrycznej przestrzeni 5, ograniczonej przez wewnętrzną perforowaną ścianę 9 tej sekcji, a następnie do wylotu z reaktora 3. Przestrzeń ta w górnej części jest zamknięta litą pokrywą kosza. Obie cylindryczne sekcje 10 pierścieniowe są wypełnione katalizatorem na całej wysokości - od dna 12 kosza katalitycznego 6 do górnej jego krawędzi zakończonej kołnierzem.

#### PRZYKŁAD ZASTOSOWANIA WYNAŁAZKU

Kosz katalityczny według wynalazku, zapewniający radialny przepływ strumienia gazu 15 przez dwa złoŜa katalizatora SCR-deNO<sub>x</sub>, przetestowano w pilotowym reaktorze SCR, stanowiącym jeden z węzłów pilotowej instalacji kwasu azotowego o maksymalnej zdolności produkcyjnej 2 t HNO<sub>3</sub>/d. Parametry pracy reaktora SCR-deNO<sub>x</sub> były następujące:

	Natężenie przepływu gazów resztkowych	150 Nm <sup>3</sup> /h
20	Temperatura	400°C
	Ciśnienie	350 kPa
	Stężenie NO <sub>x</sub> w gazach resztkowych	900 ppm
	Spadek ciśnienia gazu na złoŜu	0,015 kPa

25 Do strumienia gazów resztkowych wprowadzono amoniak w stosunku objętościowym NH<sub>3</sub>/NO<sub>x</sub> 1:1, w celu uzyskania maksymalnego możliwego stopnia redukcji NO<sub>x</sub>. Do testów wykorzystano katalizator złoŜony z tlenku wanadu, Źelaza i glinu, stanowiący rozwiązanie według patentu nr PL244075B1. Zastosowanie kosza katalitycznego według wynalazku pozwoliło na uzyskanie stopnia redukcji NO<sub>x</sub> w zakresie 99,1% – 99,9% przy 30 stężeniu nieprzereagowanego amoniaku NH<sub>3</sub> nie przekraczającym 2 ppm. Rozwiązanie według wynalazku porównano w zbliŜonych warunkach operacyjnych i stosując ten sam

katalizator (patent nr PL244075B1) z działaniem klasycznego kosza katalitycznego, z radialnym przepływem strumienia gazu przez złożę katalizatora, umieszczone w jednej cylindrycznej przegrodzie pierścieniowej. Oba testy koszy z zainstalowanym katalizatorem wykonano w tym samym reaktorze SCR, przy czym wymieniano jedynie 5 kosz katalityczny. Stosując klasyczny kosz katalityczny, z radialnym przepływem strumienia gazu przez jedną cylindryczną przegrodę pierścieniową ze złożem katalizatora, uzyskano stopień redukcji NO<sub>x</sub> niższy o ok. 22% od rozwiązania kosza katalitycznego według wynalazku, a opory przepływu gazu były wyższe ok. 6-krotnie.

**Biuro Patentowe**

*[Signature]*  
mgr inż. Aleksander Suszko

p.o. Dyrektora Instytutu

*[Signature]*  
dr inż. Cezary Możejki

Sieć Badawcza Łukasiewicz -  
Instytut Nowych Syntez Chemicznych

al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 13A, 24-110 Puławy  
NIP: 716-000-20-98, KRS nr 0000854745  
Tel. centr.: 81 473 14 00

## Wykaz oznaczeń

- 1 reaktor
- 2 wlot gazów reszkowych
- 3 wylot strumienia gazu poreakcyjnego
- 4a wewnętrzna sekcja katalityczna
- 4b zewnętrzna sekcja katalityczna
- 5 pusta cylindryczna przestrzeń
- 6 kosz katalityczny z kołnierzem
- 7 sekcja przepływu osiowego
- 8 nieprzepuszczalna (lita) pokrywa górna
- 9 perforowane ściany wewnętrzne sekcji katalitycznych
- 10 sekcja przepływu radialnego przez złożę
- 11 pusta pierścieniowa przestrzeń między sekcjami katalitycznymi
- 12 lite dno kosza katalitycznego
- 13 sekcja wlotowa w nieprzepuszczalnej pokrywie
- 14 perforowane ściany zewnętrzne sekcji katalitycznych

Rzecznik Patentowy

mgr inż. Alexander Suwałk

p.o. Dyrektora Instytutu

dr inż. Cezary Możejki

Sięć Badawcza Łukasiewicz -  
Instytut Nowych Syntezy Chemicznych

al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 13A, 24-110 Puławy  
NIP: 716-000-20-98, KRS nr 0000854745  
Tel. centr.: 81 473 14 00