

POLSKA  
RZECZPOSPOLITA  
LUDOWA



URZĄD  
PATENTOWY  
PRL

# OPIS PATENTOWY

# 64448

Patent dodatkowy  
do patentu \_\_\_\_\_

Zgłoszono: 09.VI.1969 (P 134 095)

Pierwszeństwo: \_\_\_\_\_

Opublikowano: 29.II.1972

Kl. 12 g, 4/02

MKP B 01 j, 9/04

UKD

Współtwórcy wynalazku: Stanisław Ciborowski, Andrzej Krzysztoforski

Właściciel patentu: Zakłady Azotowe im. F. Dzierżyńskiego, Tarnów (Polska)

## Reaktor typu płaszczowo-rurkowego do prowadzenia procesów katalitycznych

1

Przedmiotem wynalazku jest reaktor typu płaszczowo-rurkowego służący do prowadzenia procesów katalitycznych, szczególnie w fazie parowej, umożliwiający osiągnięcie wysokiego stopnia przereagowania substratów a w szczególnych przypadkach ilościowe przereagowanie jednego z nich.

Reaktory typu płaszczowo-rurkowego są stosowane najczęściej w przypadku reakcji katalitycznych o znacznym efekcie cieplnym. Katalizator — najczęściej w formie pastylek — umieszczony jest wewnątrz rurek. Przez wnętrze rurek przepływa mieszanina substratów, ulegając przereagowaniu na katalizatorze.

Przestrzeń międzyrurkowa reaktora wypełniona jest zazwyczaj medium służącym do odbioru lub doprowadzenia ciepła reakcji. W przypadku reakcji egzotermicznych, będzie to najczęściej woda pod odpowiednim ciśnieniem, ciecz o odpowiedniej temperaturze wrzenia, która odparowując odbiera ciepło reakcji oraz utrzymuje właściwą temperaturę, lub ciecz niewrząca, która cyrkuluje się przez wymiennik ciepła. W przypadku reakcji endotermicznych będzie to zazwyczaj ciekły nośnik ciepła o odpowiedniej temperaturze lub gorące gazy spalnicowe, które przepływając przez przestrzeń międzyrurkową (zwykle wyposażoną w szlaki zwiększające współczynnik wnikania ciepła) ochładzają się w pewnym stopniu, oddając część swej entalpii reagentom na pokrycie deficytu ciepła i tym samym umożliwiają utrzymanie właściwej temperatury procesu.

W obu powyższych przypadkach reakcja będzie więc w warunkach w zasadzie izotermicznych, określonych

2

kinetyką i przejawem cieplnym reakcji oraz warunkami wymiany ciepła, co stanowi zaletę reaktorów płaszczowo-rurkowych.

Jednakże wiadomo, że znane reaktory płaszczowo-rurkowe posiadają istotną wadę, wynikającą z nierównomiernego układania się katalizatora w czasie jego wysypywania do rurek. Powoduje to niejednakowe opory przepływu w poszczególnych rurkach, a stąd nierównomierny rozdział przepływu reagentów. Przez rurki dające mniejszy opór przepływa więcej reagentów, co prowadzi do skrócenia czasu kontaktowania i stąd niepełnego przereagowania.

Wada ta ma zasadnicze znaczenie w przypadkach takich reakcji, gdzie możliwe, bądź niezbędne jest osiągnięcie stanu zbliżonego do stanu równowagi, a w szczególnych przypadkach osiągnięcie wysokiego stopnia przereagowania substratów, bądź nawet ilościowe przereagowanie jednego z nich — podstawowego (przy założeniu, że w przypadku dwóch substratów — drugi ze względu na statykę reakcji musi znajdować się w nadmiarze). Typowym przykładem jest reakcja uwodornienia benzenu, której statyka i kinetyka pozwala — przy zachowaniu pewnego nadmiaru wodoru — na całkowite przereagowanie benzenu do cykloheksanu, natomiast niepełne przereagowanie powodowałoby konieczność oczyszczania cykloheksanu od benzenu, co jest zagadnieniem trudnym i kosztownym (zbliżone temperatury wrzenia obu związków oraz ich azeotropu).

Nierównomierność oporów w poszczególnych rurkach wpływa ponadto na fakt, że w rurkach o mniejszym

oporze katalizator szybciej ulega zatruciu, gdyż więcej reagentów zawierających pewne ilości trucizn katalizatora przepływa przez te rurki. Fakt ten dodatkowo sprzyja przedostawaniu się substratów przez warstwę katalizatora i obecności ich w mieszaninie produktów reakcji, oraz w konsekwencji zmusza do częstszej wymiany katalizatora bądź stosowania większego wsadu, a zatem powoduje zwiększone zużycie katalizatora.

Przedstawionej wyżej wadzie reaktorów typu płaszczowo-rurkowego usiłuje się zapobiegać, np. drogą kontroli oporów przepływu w momencie napełniania rurek katalizatorem. Jest to jednak sposób nieskuteczny, gdyż ułożenie katalizatora zmienia się również w czasie pracy reaktora wskutek przepływu reagentów i ograniczonej odporności mechanicznej katalizatora.

Dalszą wadą znanych reaktorów typu płaszczowo-rurkowego jest to, że nie są one odpowiednio dostosowane do zmieniającej się na drodze przepływu reagentów intensywności wydzielania ciepła. Reaktor płaszczowo-rurkowy jest rozwiązaniem drogim i o ile rozwiązanie to uzasadnione jest w pełni dla początkowej strefy reakcji charakteryzującej się dużym przejawem cieplnym na jednostkę objętości katalizatora, o tyle stosowanie tak samo rozwiniętej powierzchni wymiany ciepła w końcowej strefie reakcji nie jest potrzebne, a powoduje zwiększenie kosztu aparatu.

Wszystkie powyższe wady eliminuje niniejszy wynalazek, który przy odpowiednich warunkach statycznych i kinetycznych reakcji zapewnia maksymalne przereagowanie substratu niezależnie od równomierności ułożenia się katalizatora w rurkach, oraz pozwala zmniejszyć zużycie katalizatora, zapewniając równocześnie zwartość, prostotę i taniość konstrukcji.

Reaktor według wynalazku posiada oprócz podstawowych rurek katalitycznych przynajmniej jedną dodatkową rurę zbiorczą o większej średnicy, również wypełnioną katalizatorem. Rura ta jest wbudowana do wnętrza reaktora w taki sposób, że całość mieszaniny reakcyjnej po przejściu przez rurki podstawowe musi przepływać przez nią zanim opuści reaktor. Objętość rury zbiorczej w pełni zabezpieczającej przewidywany efekt korzystnie wynosi od 2 do 30%, najkorzystniej od 15 do 25% objętości wszystkich rurek podstawowych. Umieszczenie jej we wnętrzu reaktora eliminuje konieczność dodatkowej kontroli bądź regulacji temperatury.

Przedmiot wynalazku w jednym z możliwych rozwiązań konstrukcyjnych jest zilustrowany schematycznie na rysunku z uwidocznieniem podstawowych rurek 1 i dodatkowej rury zbiorczej 2.

Działanie reaktora według wynalazku podane jest przykładowo poniżej: Mieszanina substratów reakcji wchodzi do reaktora króćcem 3, a następnie wchodzi do rurek podstawowych 1 wypełnionych katalizatorem. Zachodzi tu reakcja, której ciepło odbierane jest przez ścianki rurek do medium znajdującego się w przestrzeni międzyrurkowej. Pary wrzącego medium uchodzą króćcem 4, odseparowana w osobnym aparacie ciecz wraca króćcem 5. Mieszanina reakcyjna wychodząca z rurek podstawowych zawiera wskutek nierównomiernego ułożenia katalizatora różne ilości nieprzereagowanego podstawowego substratu. Maksymalne jego przereagowanie następuje w rurze zbiorczej 2, do której wchodzi mieszanina reakcyjna ze wszystkich rurek podstawowych.

Katalizator w rurze zbiorczej wyrównuje zatem efekt działania katalizatora w rurkach podstawowych, powodując maksymalne przereagowanie podstawowego substratu. Efekt cieplny reakcji jest tu już nieduży gdyż do rury zbiorczej wchodzi reagenty zawierające małe ilości podstawowego substratu, np. 1% w stosunku do łącznej ilości produktu i substratu. W rurze zbiorczej proces może więc przebiegać adiabaticznie, gdyż ilość wydzielonego ciepła reakcji jest niewielka, a więc nie może spowodować przegrzania reagentów w stopniu większym od dopuszczalnego. Produkt wychodzi z reaktora króćcem 6.

#### Zastrzeżenia patentowe

1. Reaktor typu płaszczowo-rurkowego do prowadzenia procesów katalitycznych, w którym reakcja zachodzi na katalizatorze rozmieszczonym wewnątrz podstawowych rurek, umieszczonych w reaktorze **znamienny tym**, że posiada przynajmniej jedną zbiorczą rurę o średnicy większej niż rurki podstawowe, również wypełnioną katalizatorem, umieszczoną tak, że przepływa przez nią całość mieszaniny reakcyjnej po wyjściu z rurek podstawowych, a przed wyjściem z reaktora.

2. Reaktor według zastr. 1, **znamienny tym**, że objętość rury zbiorczej stanowi od 2 do 30, najkorzystniej od 15 do 25% objętości wszystkich rurek podstawowych.

