



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 08.06.1972 (P. 155888)

Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 30.05.1973

Opis patentowy opublikowano: 31.05.1976

MKP B01j 11/02
C10g 11/18

Int. Cl.² B01J 8/18
C10G 11/18

CZYTELNIA

Urzędu Patentowego
Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej

Twórcy wynalazku: Laurence Oliver Stine, Algie James Conner

Uprawniony z patentu: Universal Oil Products, Company, Des Plaines,
Illinois (Stany Zjednoczone Ameryki)

Sposób regenerowania katalizatora fluidalnego

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób regenerowania katalizatora fluidalnego. W szczególności, wynalazek dotyczy układów, w których katalizator fluidalny jest w sposób ciągły recykulowany między strefą reakcji, w której zużywa się on w wyniku osadzania koksu, oraz oddzielną strefą regeneracji, w której przywraca się jego aktywność przez usunięcie osadu.

Sposób według wynalazku stosuje się do usuwania przez utlenianie osadu koksu ze zużytego fluidalnego katalizatora do katalitycznego krakowania w celu wytworzenia regenerowanego katalizatora z jednoczesnym całkowitym spalaniem wytworzonego przy tym tlenku węgla. Istnieje szereg ciągłych cyklicznych procesów, w których stosuje się katalizatory fluidalne, na których osadzają się osady węglowe w strefie reakcji i które przenosi się podczas cyklu do innej strefy, w której osady węgla co najmniej częściowo usuwa się przez spalanie w środowisku zawierającym tlen. Takie zregenerowane katalizatory ponownie wprowadza się w całości lub części do strefy reakcji. Do takich procesów należy fluidalne koksovanie, fluidalne uwodornianie i fluidalne krakowanie katalityczne.

Jednym z ważniejszych procesów tego rodzaju jest proces fluidalnego krakowania katalitycznego w celu przemiany wysoko wrzących węglowodorów na lżejsze węglowodory wrzące w zakresie temperatury wrzenia benzyny lub niższym. Suro-

2

wiec zasilający styka się w jednej lub kilku strefach reakcji z ziarnistym katalizatorem krakowania, utrzymywanym w stanie fluidalnym w warunkach odpowiednich dla przemiany węglowodorów.

Strumień gazu wychodzący ze strefy reakcji przechodzi do strefy odzyskiwania produktu, natomiast katalizator zwykle przechodzi do strefy adsorpcji gdzie następuje usunięcie odpędzalnych węglowodorów z cząstek katalizatora. Katalizator po odpędzeniu wprowadza się następnie do strefy fluidalnego regenerowania, w której substancje węgliste stykają się z gazem zawierającym tlen, na przykład powietrzem, w takich warunkach, że większa część węgla na katalizatorze zostaje z niego usunięta w wyniku spalania.

Regenerowanie zwykle przeprowadza się w pojedynczej warstwie fluidalnej o dużym zagęszczeniu ziarnistego katalizatora, umieszczonej w dolnej części strefy regeneracji. Należy stosować urządzenie zapewniające odzyskiwanie i zawracanie do warstwy fluidalnej cząstek katalizatora uniesionych przez gazowe produkty spalania, opuszczające tę warstwę. Zwykle wykonuje się to przez przepuszczanie wypływających gazowych produktów spalania zawierających porwany katalizator przez cyklony umieszczone w strefie odzyskiwania produktów reakcji.

Prędkości powierzchniowe w strefie regenerowania są zwykle w zakresie od około 45,7—183 cm

na sekundę, przy czym częściej stosuje się zakres 45,7—91,5 cm na sekundę. Czas pozostawiania katalizatora w strefie reakcji wynosi zwykle 2—5 minut, przy czym częściej stosuje się zakres od 2—3 minut, podczas gdy czas przebywania gazu wynosi zwykle 10—20 sekund.

Obecnie stosowany sposób postępowania polega na regulowaniu zawierającego tlen strumienia gazu wprowadzanego do strefy regenerowania tak, aby ustalić bezpośrednio z góry założoną różnicę temperatur między strefą oddzielania gazowych produktów reakcji a warstwą o dużym zagęszczeniu katalizatora w strefie regeneracji, na zmniejszeniu w niej do minimum nadmiaru tlenu i na regulowaniu w ten sposób i ograniczaniu ilości dopalania tlenku węgla do dwutlenku węgla w górnej, rozdzielającej części strefy regenerowania. To ograniczenie dopalania tlenku węgla wykonuje się z czysto praktycznego powodu w celu uniknięcia niszczących skutków nadmiernie wysokich temperatur w górnej przestrzeni rozdzielania. Ten sposób postępowania, przykładowo podany w opisach patentowych St. Zjedn. Ameryki nr nr 3 161 583 i 3 206 393, prowadzi do wytwarzania małej ilości tlenu w gazowych produktach spalania, zwykle w zakresie 0,1—1% tlenu.

Warto zaznaczyć, że obecnie stosowany sposób regulowania ilości świeżego gazu regeneracyjnego umożliwia nieznaczny zakres dopalania, oraz ustala stopień regenerowania katalizatora to jest zawartość koksu pozostającego na zregenerowanym katalizatorze. Jakkolwiek powszechnie wiadomo, że zawartość koksu na zregenerowanym katalizatorze ma duży wpływ na przemianę i skład produktów otrzymanych w strefie reakcji, to zawartość koksu pozostającego na zregenerowanym katalizatorze wytworzonym przy użyciu znanych sposobów regenerowania nie jest zmienną niezależną. Zawartość koksu przy zastosowaniu techniki regulowanego dopalania jest w pewnym stopniu określona przez konstrukcję regeneratora, zwykle w granicach 0,15—0,35% wagowych węgla. Ponieważ ilość koksu spalonego dla danego surowca zasilającego i dla danego zespołu warunków w strefie reakcji jest ustalona, to temperatura regenerowania jest także ustalona.

Obecnie stosowany w przemyśle sposób postępowania polega na kierowaniu gazowych produktów spalania, które zawierają tlenek węgla, albo bezpośrednio do atmosfery lub do kotła CO, gdzie stosuje się je jako paliwo do wytwarzania pary. W opisie patentowym St. Zjedn. Ameryki nr 3 363 993, gazowe produkty spalania spala się jako paliwo w podgrzewaczu, gdzie stosuje się je do podgrzewania zasilającego świeżego surowca doprowadzanego do strefy reakcji fluidalnego krakowania katalitycznego. W opisie patentowym St. Zjedn. Ameryki nr 3 104 227 podano, że gazowe produkty spalania kierowane są do połączonej z kotłem CO turbiny rozprężnej w celu wytworzenia mocy potrzebnej do napędu kompresora świeżego gazu powstającego przy regenerowaniu.

Jakkolwiek wydajność cyklonów i innych urządzeń do odzyskiwania cząstek stałego katalizatora jest zwykle bardzo wysoka, to jednak część katalizatora ze strefy regenerowania jest stracona.

W miarę upływu czasu katalizator znajdujący się w układzie traci aktywność i dlatego staje się efektywnie stracony pod wpływem łącznego działania zanieczyszczających metali zawartych w świeżym surowcu zasilającym, wysokich temperatur i pary. Tak więc, katalizator musi być odbierany i zastępowany świeżym katalizatorem w celu utrzymania pożądanej aktywności katalizatora. Z tych powodów jest konieczne lub pożądane dodawanie świeżego uzupełniającego katalizatora w celu utrzymania całkowitej ilości katalizatora dla uzyskania pożądanej aktywności katalizatora.

Zwykle dzienne ilości uzupełniania katalizatora wynoszą od około 0,5 do 2,0% całkowitej ilości katalizatora w układzie, przy czym przeciętnie ilość ta wynosi około 1% całkowitej ilości katalizatora dziennie. Ponieważ katalizatory do fluidalnego krakowania katalitycznego, w szczególności te, które zawierają zeolity, są stosunkowo drogie, to jest oczywiste, że sposoby wymagające dużych całkowitych ilości katalizatora i dużych szybkości uzupełniania są mniej ekonomiczne. Dlatego podejmowane są wysiłki w celu zmniejszenia kosztów inwestycji związanych z doprowadzeniem początkowej całkowitej ilości katalizatora, oraz tej części całkowitych kosztów produkcyjnych, które wiążą się z uzupełnieniem ilości katalizatora.

Ponieważ większa część całkowitej ilości katalizatora jest zawarta w strefie regenerowania, dlatego zwykle stosuje się takie warunki pracy w strefie regenerowania, które sprzyjają dużym szybkościom spalania węgla, co umożliwia zmniejszenie nakładów na regeneratory. Korzystnymi warunkami pracy są wysokie cząstkowe ciśnienia tlenu i wysoka temperatura. Dlatego występują w przemyśle tendencje w kierunku stosowania regeneratorów pracujących pod większymi ciśnieniami i w wyższych temperaturach w celu uzyskania większych szybkości spalania. Dawniej stosowano ciśnienie w zakresie od około 0,7—1,75 atm i temperatury od około 590—620°C.

Obecnie dość powszechnie stosowane są ciśnienia w zakresie od około 2,1—2,8 atm i temperatury w zakresie od około 620—680°C lub wyżej. Jakkolwiek osiągnięto pewne zmniejszenie ilości katalizatora, to ograniczenia takiego rozwiązania wynikają z wyższych kosztów urządzeń, związanych ze zwiększenia ciśnień, oraz ze zwiększenia dezaktywacji katalizatora wprowadzonego długim przebywaniem w wysokotemperaturowych regeneratorach, oraz z granicznej prędkości, powyżej której nie można utrzymywać katalizatora w dolnej części strefy regenerowania w postaci warstwy o dużym zagęszczeniu ziaren.

Dalsze próby zmniejszenia całkowitej ilości katalizatora i szybkości jego uzupełniania wykonano na drodze regenerowania stopniowego w reaktorze do regenerowania. Przykładami takimi są opisy patentowe St. Zjedn. Ameryki nr nr 3 494 858 i 3 563 911.

Opis patentowy nr 3 494 858 podaje sposób regenerowania w przeciwnym kierunku, w którym zużyty katalizator jest częściowo regenerowany w pierwszym złożu fluidalnym, przy użyciu częściowo zu-

żytego gazu powstającego przy regenerowaniu, następnie katalizator zostaje regenerowany w strefie regenerowania w przewodzie wznosnym przy użyciu świeżego gazu powstającego przy regenerowaniu, a następnie przechodzi do drugiego złoża fluidalnego, w którym może następować lub może nie następować dalsze regenerowanie przy użyciu częściowo zużytego gazu powstającego podczas regenerowania.

Zalecane prędkości powierzchniowe wynoszą od 76,2—91,5 cm/sek. a korzystne temperatury wynoszą od około 590—635°C. Nie wspomina się o dopalaniu tlenku węgla do dwutlenku węgla, lecz oczekuje się „w zasadzie całkowitego” usunięcia węgla do zawartości poniżej 0,2%, a nawet 0,1%. Z katalizatora całkowicie regenerowanego można następnie odpędzić gazy o dużej zawartości tlenu w oddzielnej strefie odpędzania przy użyciu pary lub gazowych produktów spalania.

W opisie patentowym nr 3 563 911 podano dwustopniowy sposób regenerowania, w którym zużyty katalizator jest częściowo regenerowany w pierwszej warstwie o dużym zagęszczeniu ziarnistego katalizatora przy użyciu pierwszego strumienia gazu zawierającego tlen, a następnie regenerowany dalej w drugiej warstwie o dużym zagęszczeniu przy użyciu drugiego strumienia gazu zawierającego tlen.

Warstwa o małym zagęszczeniu ziarnistego katalizatora znajduje się nad obiema warstwami o dużym zagęszczeniu. Stosowane są prędkości powierzchniowe w zakresie od około 61—137 cm, zakres temperatur od około 600—730°C. Zaleca się regulowanie za pomocą różnicy temperatur między gazowymi produktami spalania a temperaturą ostatniego złoża ilość zawierającego tlenu gazu, dopuszczonego do strefy regenerowania tak, aby jedynie w małym stopniu zachodziło dopalanie tlenku węgla. Jest to zgodne z obecną praktyką przemysłową dla jednostopniowych stref regenerowania. Przytoczone przykłady, które wskazują, że przy prędkościach gazu 76,2—137 cm/sek. można osiągnąć pewien stopień zmniejszenia całkowitej ilości katalizatora w porównaniu ze szczególnym typem regenerowania jednostopniowego. Jednakże wadą tego sposobu jest to, że istnieje górna granica zawartości koksu na regenerowanym katalizatorze, do której można z dobrymi wynikami stopniowo regenerować katalizator.

Sposób według wynalazku umożliwia nie tylko określone regulowane dopalanie tlenku węgla, lecz także całkowite spalanie tlenku węgla. Zastosowano przewód wznosny do transportu fluidalnego warstwy o małym zagęszczeniu ziarnistego katalizatora dla całkowitego spalania tlenku węgla łącznie z dostateczną ilością dodatkowego paliwa ciekłego do ogrzewania regenerowanego katalizatora do założonej z góry temperatury. Przez takie oddzielenie utleniania tlenku węgla i ogrzewania katalizatora od utleniania koksu w tej samej strefie regenerowania, można obecnie regulować temperaturę dostarczanego regenerowanego katalizatora niezależnie od regulowania stopni krakowania surowca zasilającego w strefie reakcji. Dlatego w sposobie według wynalazku można regulować bez-

pośrednio temperaturę doprowadzanego regenerowanego katalizatora w celu zwiększenia przemiany w strefie reakcji i regulowania składu otrzymanych produktów. Jednocześnie wytworzony w ten sposób tlenek węgla jest całkowicie spalany, co eliminuje problem zanieczyszczania powietrza bez konieczności stosowania odprowadzania tlenku węgla, oraz zmniejsza wymagania dotyczące podgrzewania surowca zasilającego. Ponadto, dzięki zastosowaniu w sposobie według wynalazku większych prędkości i większych stężeń tlenu niż stosowane dotychczas, można osiągnąć obniżenie całkowitej ilości katalizatora, niezależnie od zawartości pozostającego koksu. Dodatkowymi korzyściami wynikającymi z większych prędkości i zmniejszenia całkowitej ilości katalizatora, jest krótszy czas przebywania katalizatora, mniejsze szybkości uzupełniania katalizatora, lepsze regenerowanie i lepsza stabilność katalizatora.

Sposób według wynalazku regenerowania katalizatora fluidalnego polega na tym, że zużyty katalizator razem ze świeżym gazem regeneracyjnym wprowadza się do pierwszej warstwy fluidalnej o dużym zagęszczeniu ziarnistego katalizatora w strefie regeneracji, koks osadzony na zużytym katalizatorze częściowo utlenia się, otrzymując częściowo zużyty gaz regeneracyjny zawierający CO i częściowo zregenerowany katalizator zawierający resztkowy koks, następnie częściowo zregenerowany katalizator i częściowo zużyty gaz regeneracyjny wprowadza się do przewodu wznosnego do transportu warstwy fluidalnej o małym zagęszczeniu ziarnistego katalizatora w strefie regeneracji, w którym tlenek węgla utlenia się do dwutlenku węgla i do strefy regeneracji wprowadza się płynne paliwo w ilości wystarczającej do uzyskania w trakcie utleniania zregenerowanego katalizatora, ogrzanego do temperatury 677—700°C, a następnie zregenerowany katalizator oddziela się od zużytego gazu regeneracyjnego i wprowadza do drugiej warstwy fluidalnej o dużym zagęszczeniu ziarnistego katalizatora, z której zawraca się go do strefy reakcyjnej.

Sposób według wynalazku został zilustrowany na załączonych rysunkach.

Rysunki przedstawiają takie szczegóły, które są konieczne dla zrozumienia wynalazku natomiast takie elementy, jak zawory, przewody wpustowe i rozpraszające dla pary, oprzyrządowanie i inne elementy wyposażenia i regulowania sposobu zostały pominięte na rysunkach, w celu ich uproszczenia.

Fig. 1 przedstawia schematycznie specjalny aparat do wykonania sposobu według wynalazku, a fig. 2 i 3 przedstawiają te same zasady działania, jak fig. 1, szczególnie interesująca jest fig. 3, ponieważ przedstawia, w jaki sposób można zastosować niniejszy wynalazek w reaktorze do regenerowania.

Fig. 1 przedstawia aparat do regenerowania, zawierający pierwszą warstwę o dużym zagęszczeniu ziarnistego katalizatora 1, przewód wznosny do transportu warstwy fluidalnej o małym zagęszczeniu katalizatora 2 urządzenia do oddzielania katalizatora i gazu regeneracyjnego 3 i 4, strefę od-

działania produktów reakcji 5 i drugą warstwę o dużym zagęszczeniu katalizatora 6. Pierwsza warstwa 1 jest pokazana w dolnej części rysunku i jest połączona z jednym końcem rury wznosnej 2 przez obszar przejściowy 28. Urządzenie do oddzielania katalizatora i gazu regeneracyjnego 3 jest połączone z wylotem 7 rury wznosnej 2. Oddzielony gaz regeneracyjny opuszczający urządzenie do oddzielania 3 przechodzi do strefy oddzielania 5 a następnie do urządzenia do oddzielania 4, skąd wychodzi z komory 26 do komory ze sprężonym gazem 27. Gaz regeneracyjny opuszcza komorę ze sprężonym gazem 27 i strefę regenerowania przez wyloty 8 i 8'. Oddzielony katalizator z urządzeń do oddzielania 3 i 4 kieruje się do drugiej warstwy o dużym zagęszczeniu 6.

Zużyty katalizator wprowadza się przez przewód wylotowy 9 do pierwszej warstwy 1, mającej poziom pokazany w miejscu 10, które znajduje się w obszarze przejściowym 28 umieszczonym między pierwszą warstwą katalizatora 1 a rurą wznosną 2. Regulowany strumień świeżego gazu regeneracyjnego wprowadza się przez przewód 11 do warstwy 1 przez urządzenie rozdzielające 12, które umożliwia lepsze rozproszenie świeżego gazu regeneracyjnego w warstwie katalizatora 1. Urządzenie rozdzielające może być płytą metalową, zawierającą otwory lub szczeliny, lub korzystnie króćcowe urządzenie rurowe, przy czym oba typy urządzenia są dobrze znane fachowcom.

Utlenczenie osadów węglowych aż do uzyskania resztkowej pozostałości koksu, którą można niezależnie regulować, jeśli to jest pożądane, zachodzi w warstwie o dużym zagęszczeniu katalizatora 1 i częściowo zużyty gaz regeneracyjny i fluidalny regenerowany katalizator są przenoszone ze złoża 1 przez obszar przejściowy 28 do rury wznosnej 2, w której odbywa się utlenienie tlenku węgla z wytworzeniem zużytego gazu regeneracyjnego i w którym ciepło spalania tlenku węgla do dwutlenku węgla (oraz dodatkowego ciekłego paliwa, jeśli to jest konieczne) dostarczane jest do katalizatora.

Rura wznosna 2 jest ustawiona pionowo i ma wlot w dolnej części, a urządzenie wylotowe 7 w pobliżu górnej części. Urządzeniem wylotowym 7 mogą być pojedyncze lub wielokrotne otwory umieszczone na, lub w pobliżu najwyższej części rury wznosnej 2, co umożliwia wyjście regenerowanego katalizatora i zużytego gazu regeneracyjnego z rury 2. Urządzenie do oddzielania 3, które jest zwykle cyklonowym urządzeniem do oddzielania, stosuje się w celu oddzielenia zużytego gazu regeneracyjnego od uniesionego katalizatora, wychodzącego z rury wznosnej 2.

Na fig. 1 pokazano jeden cyklon połączony z rurą 2, jednak można umieścić w taki sposób 1-4 cyklonów. Uniesiony katalizator i gaz regeneracyjny przechodzą przez wylot 7 do urządzenia rozdzielającego 3, z którego zużyty gaz regeneracyjny wolny od katalizatora przechodzi z urządzeń oddzielających przez wylot 13, podczas gdy katalizator przechodzi przez zsyp rękawowy do drugiej warstwy 6. Ewentualnie można pominąć urządzenie oddzielające 3, przy czym urządzenia wyloto-

we 7 dla gazu regeneracyjnego i wychodzącego katalizatora wchodzi bezpośrednio do przestrzeni rozdzielania 5. Można wtedy uzyskać pewne oddzielenie gazu regeneracyjnego i katalizatora, lecz nie tak wydajnie, jak przy użyciu cyklonowych urządzeń do oddzielania 3, jak pokazano na rysunku.

Urządzenie oddzielające 4, zwykle cyklonowe, ma wlot 16, do którego wchodzi gaz regeneracyjny i ewentualnie uniesiony katalizator, umieszczony w przestrzeni rozdzielającej 5. Gaz regeneracyjny i uniesiony katalizator oddziela się, przy czym zużyty gaz regeneracyjny wychodzi z urządzenia oddzielającego 4 przy wylocie 26 do komory ze sprężonym gazem 27 a następnie do strefy regenerowania przez wyloty zużytego gazu regeneracyjnego 8 i 8'. Katalizator oddzielony od gazu regeneracyjnego przechodzi przez zsyp rękawowy 17 w dół w kierunku drugiej warstwy o dużym zagęszczeniu 6, mającej poziom pokazany w miejscu 15.

Paliwo płynne, takie jak strumień paliwa gazowego lub ciekłych węglowodorów doprowadza się do rury wznosnej 2 przewodem 20 przez rozdzielacz 21. Spalanie takiego paliwa może być konieczne dla ułatwienia zapoczątkowania procesu, dla podwyższenia temperatury w rurze wznosnej w stopniu wystarczającym do zainicjowania utleniania tlenku węgla oraz może być konieczne w celu dalszego podwyższenia temperatury cząstek katalizatora przechodzących przez podnośnik, powyżej temperatury, jaką można osiągnąć przez spalanie samego tlenku węgla. Dlatego można regulować temperaturę regenerowanego katalizatora dostarczanego do strefy reakcji niezależnie od stopnia utlenienia koksu przez regulowanie strumienia płynnego paliwa spalanego w rurze wznosnej. Dodatkowe paliwo można również dodawać do pierwszej warstwy o dużym zagęszczeniu lub do zużytego katalizatora wchodzącego do pierwszej warstwy.

Dodatkowo wprowadza się drugi strumień świeżego gazu regeneracyjnego do rury wznosnej 2 przewodem 18 przez rozdzielacz 19. Strumień świeżego gazu regeneracyjnego można spełniać zadanie dostarczenia tlenu potrzebnego do podtrzymywania spalania dodatkowego paliwa płynnego lub może mieć za zadanie odpowietrzenie świeżego gazu regeneracyjnego, użytego w nadmiarze w stosunku do wymaganego dla uzyskania pożądanego stopnia utlenienia koksu w warstwie 1. Ten strumień gazu regeneracyjnego mogłoby być również użyty do ochłodzenia regenerowanego katalizatora do założonej z góry temperatury dostarczania katalizatora w przypadku, gdyby całkowite spalanie tlenku węgla wytworzyło wyższą temperaturę katalizatora niż pożądana. Jakkolwiek pokazano jeden przewód wlotowy dla drugiego strumienia gazu regeneracyjnego, to może być wiele przewodów wlotowych umieszczonych wzdłuż rury wznosnej 2.

Katalizator przechodzący przez zsypy rękawowe 14 i 17 wyładowuje się od dołu od strony drugiej warstwy 6. Warstwa 6 katalizatora jest tak umieszczona nad warstwą 1, aby zachować dostateczny słup regenerowanego katalizatora w celu przeciwdziałania oporów przepływu w przewodzie wyloto-

wym regenerowanego katalizatora 22, zaworze regulującym 23 i innych urządzeniach połączonych z przewodem 22. Poziom 15 katalizatora w warstwie 6 może być regulowany tak, aby zapewnić pożądaną czas przebywania w tej warstwie.

Katalizator w złożu 6 przechodzi w kierunku do dołu i ewentualnie wychodzi z reaktora regeneracyjnego przez przewód 22. Na przewodzie 22 jest umieszczony zawór 23, który może być użyty do regulowania szybkości odbioru regenerowanego katalizatora ze złoża 6. Zwykle zawór 23 jest zaworem suwawkowym i jest sterowany za pomocą regulatora temperatury reaktora lub regulatora poziomu.

Do drugiego złoża 6 może być doprowadzony czynnik desorpcyjny przewodem 24 przez rozdzielacz 25 w celu odpędzenia z regenerowanego katalizatora zaadsorbowanego i znajdującego się między ziarnami gazu regeneracyjnego. Czynnikiem desorpcyjnym zwykle jest przegrzana para.

Przewiduje się w sposób według wynalazku, że większa część katalizatora w strefie regenerowania będzie zawarta w pierwszej warstwie o dużym zagęszczeniu, a mniejsza część w drugiej warstwie. W szczególności, przy zastosowaniu odpędzania parą w warstwie 6, objętość tej warstwy jest tak dobrana, aby czas przebywania katalizatora w złożu był krótszy niż 1 minuta, korzystnie krótszy niż 30 sekund.

Na fig. 2 pokazano inny aparat 200, w którym można stosować sposób według wynalazku. Jego głównymi częściami składowymi są: pierwsza warstwa o dużym zagęszczeniu katalizatora 201, rura wznosząca do transportu fluidalnego o małym zagęszczeniu katalizatora 202, obszar przejściowy 228, urządzenia do oddzielania katalizatora od gazu regeneracyjnego 203, 203' i 204, przestrzeń rozdzielania produktów reakcji 205 oraz drugą warstwę o dużym zagęszczeniu katalizatora 206. Pierwsza warstwa o dużym zagęszczeniu katalizatora łączy się z jednym końcem rury wznoszącej 202 przez obszar przejściowy 228.

Urządzenia do oddzielania katalizatora i gazu regeneracyjnego 203 i 203' są połączone z wylotem 207 i 207' rury wznoszącej 202. Oddzielony gaz regeneracyjny opuszczający urządzenia do oddzielania 203 i 203' przez wyloty 213 i 213' przechodzi do strefy oddzielania 205, a następnie do urządzenia do oddzielania 204, skąd wychodzi ze strefy regenerowania przez przewód 208. Oddzielony katalizator z urządzeń do oddzielania 203 i 203' i 204 kieruje się przez zsypy rękawowe 214, 214' i 217 do drugiej warstwy 206.

Zużyty katalizator wprowadza się przez przewód wlotowy 209 do złoża 201, mającego poziom pokazany w miejscu 210, które znajduje się w obszarze przejściowym 228. Świeży gaz regeneracyjny wprowadza się z regulowaną szybkością przez przewód 211 do warstwy katalizatora przez urządzenie rozdzielające 212, które umożliwia lepsze rozproszenie świeżego gazu regeneracyjnego w warstwie 201. Urządzenie rozdzielające może być zwykle płytą metalową zawierającą otwory lub szczeliny lub korzystnie kratowe urządzenie rurowe.

Utlenczenie osadów węglistych do uzyskania re-

sztkowej pozostałości koksu, którą można niezależnie regulować, jeśli to jest pożądaną, zachodzi w warstwie katalizatora 201, a częściowo zużyty gaz regeneracyjny i fluidalny regenerowany katalizator są przenoszone ze złoża 201 przez obszar przejściowy 228 do rury wznoszącej 202, w której odbywa się utlenianie tlenku węgla z wytworzeniem zużytego gazu regeneracyjnego i gdzie zachodzi przeniesienie ciepła na regenerowany katalizator.

Rura wznosząca katalizatora 202 jest ustawiona pionowo i ma wlot w dolnej części oraz urządzenia wylotowe 207 i 207' w pobliżu swej górnej części. Urządzenia wylotowe 207 i 207' mogą być otworami umieszczonymi na lub w pobliżu najwyższej części rury 202, co umożliwia wyjście katalizatora i gazu regeneracyjnego z rury 202. Jak pokazano na fig. 2, urządzenia do oddzielania katalizatora i gazu regeneracyjnego 203 i 203' są to cyklony, połączone z wylotami 207 i 207' rury wznoszącej 202 i stosuje się je w celu uzyskania oddzielenia zużytego gazu regeneracyjnego i uniesionego katalizatora, które wychodzą z rury 202, tak że materiałami będącymi w obszarze oddzielania 205 jest gaz regeneracyjny z bardzo małą ilością uniesionego katalizatora.

Uniesiony katalizator i gaz regeneracyjny przechodzą z rury 202 przez wyloty 207 i 207' do urządzeń oddzielających 203 i 203', gdzie gaz regeneracyjny wolny od katalizatora wychodzi z urządzeń oddzielających przez wyloty 213 i 213' a katalizator przechodzi przez zsypy rękawowe 214 i 214' w dół w kierunku drugiego złoża 206, mającego poziom pokazany w miejscu 215. Jak wspomniano w opisie fig. 1, urządzenia oddzielające 203 i 203' mogą być pominięte, przy czym urządzenia wylotowe 207 i 207' dla gazu regeneracyjnego i wychodzącego katalizatora wchodzi bezpośrednio do przestrzeni rozdzielania 205. Można wtedy uzyskać pewne oddzielenie gazu regeneracyjnego i katalizatora, lecz nie tak wydajnie, jak przy użyciu cyklonowych urządzeń do oddzielania 203 i 203', jak to pokazano na rysunku.

Urządzenie oddzielające 204, także zwykle cyklonowe, ma wlot 216, który przyjmuje gaz regeneracyjny i ewentualnie uniesiony katalizator, umieszczony w przestrzeni rozdzielającej 205. Gaz regeneracyjny i uniesiony katalizator oddzielają się, przy czym gaz regeneracyjny wychodzi z urządzenia oddzielającego 204 i ze strefy regenerowania przez wylot gazu regeneracyjnego 208. Katalizator oddzielony od gazu regeneracyjnego przechodzi przez zsypanie rękawowy 217 w dół w kierunku drugiej warstwy o dużym zagęszczeniu 206.

Zewnętrzne paliwo płynne, takie jak strumień paliwa gazowego lub ciekłych węglowodorów doprowadza się do rury wznoszącej 202 przewodem 220 przez rozdzielacz 221. Spalanie paliwa może być konieczne, jak o tym wspomniano uprzednio, dla ułatwienia zapoczątkowania sposobu, dla podwyższenia temperatury w strefie podnośnika katalizatora w strumieniu gazowym 202 w stopniu wystarczającym do zainicjowania utleniania tlenku węgla oraz może być także konieczne w celu dalszego podwyższenia temperatury cząstek kataliza-

torą przechodzących przez rurę wznosną, powyżej temperatury, jaką można osiągnąć przez spalanie samego tlenku węgla. Dlatego można regulować temperaturę regenerowanego katalizatora dostarczanego do strefy reakcji niezależnie od stopnia utlenienia koksu przez regulowanie strumienia płynnego paliwa spalanego w rurze wznosnej katalizatora.

Dodatkowo wprowadza się drugi strumień świeżego gazu regeneracyjnego do rury wznosnej 202 przewodem 218 przez rozdzielacz 219. Strumień świeżego gazu regeneracyjnego, jak wspomniano przy opisie fig. 1, może spełniać zadanie dostarczenia tlenu potrzebnego do podtrzymywania spalania zewnętrznego paliwa gazowego lub zadanie odpowietrzenia świeżego gazu regeneracyjnego, użytego w nadmiarze w stosunku do wymaganego dla uzyskania pożądanego stopnia utlenienia koksu w warstwie katalizatora 201. Strumień gazu regeneracyjnego może być również użyty do ochłodzenia regenerowanego katalizatora do z góry założonej temperatury dostarczania katalizatora w przypadku, gdy całkowite spalanie tlenku węgla wytworzy wyższą temperaturę niż pożądana. Jakkolwiek pokazano jeden przewód wlotowy dla drugiego strumienia gazu regeneracyjnego na fig. 2, to może być wiele przewodów wlotowych umieszczonych wzdłuż rury wznosnej 202.

Katalizator przechodzący przez zsypy rękawowe 214, 214' i 217 wyladowuje się od dołu od strony warstwy katalizatora 206, która ma powierzchnię graniczną między przestrzenią oddzielającą 205 a warstwą 206.

To druga warstwa 206 jest tak umieszczona nad pierwszą warstwą 201 aby zachować dostateczny słup regenerowanego katalizatora w celu przezwyciężenia oporów przepływu w przewodzie wylotowym regenerowanego katalizatora 222, zaworze regulującym 223 i w innych urządzeniach połączonych z przewodem 222.

Katalizator w złożu 206 przechodzi w kierunku do dołu i ewentualnie wychodzi z reaktora regeneracyjnego przez przewód 222. Na przewodzie 222 jest także umieszczony zawór 223, który może być użyty do regulowania szybkości odbioru regenerowanego katalizatora ze złoża 206. Zwykle zawór 223 jest zaworem suwakowym i jest sterowany za pomocą regulatora temperatury reaktora lub regulatora poziomu.

Do drugiej warstwy o dużym zagęszczeniu 206 może być doprowadzony czynnik desorpcyjny przewodami 224 i 224' przez rozdzielacze 225 i 225' w celu odpędzenia z regenerowanego katalizatora zaadsorbowanego i znajdującego się między ziarnami gazu regeneracyjnego. Czynnikiem desorpcyjnym jest zwykle przegrzana para wodna.

Jak wspomniano uprzednio, przewiduje się w sposobie według wynalazku, że większa część katalizatora w strefie regenerowania będzie zawarta w pierwszej warstwie o dużym zagęszczeniu, a mniejsza część w drugiej warstwie. W szczególności, przy zastosowaniu odpędzania parą w warstwie 206, objętość tej warstwy dobiera się tak, aby czas przebywania katalizatora w złożu był

krótszy niż 1 minuta, korzystnie krótszy niż 30 sekund.

Na fig. 3 pokazano inny aparat 300, w którym można stosować sposób według wynalazku. W szczególności fig. 3 przedstawia możliwą przeróbkę istniejących regeneratorów w celu uzyskania aparatu odpowiedniego do przeprowadzenia regeneracji sposobem według wynalazku. Reaktor regeneracyjny 303 przerabia się tak, aby uzyskać pierwszą warstwę katalizatora o dużym zagęszczeniu 301, rurą wznosną dla transportu fluidealnego warstwy o małym zagęszczeniu katalizatorów 302, drugą warstwę o dużym zagęszczeniu 306 oraz dodatkowe wyposażenie rury 302 i złoża 306. Urządzenie przedstawione na fig. 3 w zasadzie działa tak samo, jak opisane uprzednio na fig. 1 i fig. 2.

Zużyty katalizator wprowadza się przez przewód wlotowy 309 do pierwszej warstwy katalizatora 301 mającej poziom lub powierzchnię graniczną pokazaną w miejscu 310 umieszczoną w obszarze przejściowym 328, który znajduje się między warstwą 301 a rurą wznosną 302. Regulowany strumień świeżego gazu regeneracyjnego, konieczny dla osiągnięcia pożądanego zawartości pozostającego koksu, wprowadza się przewodem 311 do złoża 301 przez urządzenie rozdzielające 312. Utlenianie koksu zawartego w zużytym katalizatorze odbywa się w złożu 301 a częściowo zużyty gaz regeneracyjny i regenerowany katalizator są zabrane ze złoża 301 przez obszar przejściowy 328 do rury wznosnej 302, w której następuje utlenienie tlenku węgla i gdzie ciepło zostaje przekazane do przechodzącego katalizatora.

Jak to przedstawiono na fig. 1, płynne paliwo można wprowadzić do rury wznosnej 302 przewodem 320 przez rozdzielacz 321 i dodatkowo drugi strumień świeżego gazu regeneracyjnego można wprowadzić do rury przewodem 318 przez rozdzielacz 319.

Uniesiony katalizator i zużyty gaz regeneracyjny wychodzą następnie z rury wznosnej 302 przez urządzenie wylotowe 307 do przestrzeni oddzielania 305. Korzystnie urządzenie wylotowe 307 jest umieszczone w taki sposób, że wyrzuca ono uniesiony katalizator i zużyty gaz regeneracyjny w kierunku do dołu w celu zmniejszenia ilości katalizatora uniesionego do przestrzeni oddzielania 305.

Urządzenie oddzielające, zwykle cyklonowe urządzenie oddzielające, ma wlot 316 i utrzymuje zużyty gaz regeneracyjny i ewentualnie uniesiony katalizator z przestrzeni oddzielania 305. Gaz regeneracyjny i uniesiony katalizator są oddzielone od siebie, przy czym zużyty gaz regeneracyjny wychodzi z urządzenia oddzielającego 304 i ze strefy regenerowania przez wylot 308. Oddzielony katalizator kieruje się przez zsył rękawowy 317 do drugiego złoża 306 które ma powierzchnię graniczną 315 określającą granicę między złożem 306 a przestrzenią oddzielania 305.

Katalizator w złożu 306 przesuwają się w kierunku do dołu i opuszcza złoże i strefę regenerowania przez przewód 322. Szybkość odbioru katalizatora jest regulowana przez zawór 323, który

jest zwykle sterowany przez regulator temperatury reaktora lub regulator poziomu.

Do drugiej warstwy o dużym zagęszczeniu 306 można wprowadzić czynnik desorpcyjny przewodem 324 przez rozdzielacz 325 w celu odpędzenia gazu regeneracyjnego z regenerowanego katalizatora.

Katalizatory, które mogą być stosowane w sposobie według wynalazku są znane fachowcom jako katalizatory fluidalnego krakowania katalitycznego. W szczególności można stosować katalizatory o dużej aktywności zawierające zeolit, które są zalecane ze względu na ich dużą odporność na dezaktywujące działanie wysokich temperatur, pary lub metali zawartych w surowcu zasilającym. Mogą być także stosowane dobrze znane katalizatory bezpostaciowe, które szczególnie nadają się w sposobie według wynalazku, ponieważ krótsze czasy przebywania stosowane w tym sposobie przedłużają ich użyteczność.

Wymieniono tutaj surowce zasilające, stosowane w sposobie krakowania katalitycznego, ponieważ zanieczyszczenia takie, jak pozostałość koksowa według Conradsona i metale takie, jak nikiel, żelazo i wanad, znajdujące się w surowcu zasilającym wpływają na operację regenerowania, selektywność katalizatora, aktywność katalizatora i szybkość uzupełniania świeżym katalizatorem, konieczną dla zachowania stałej aktywności. Duża zawartość węgla, mierzona na podstawie analizy pozostałości koksowej według Conradsona, zmniejsza wydajność tych jednostek. Ponadto, temperatury regenerowania mają tendencję do wzrostu wraz ze wzrostem zawartości węgla. Metale zawarte w surowcu zasilającym osadzają się na katalizatorze i nie tylko zmieniają jego selektywność w kierunku zmniejszenia ilości benzyny i zwiększenia ilości koksu i lekkiego gazu w danym układzie reaktora, lecz także powodują dezaktywację katalizatora.

Z powodu szkodliwego wpływu pozostałości koksowej i metali, jedynie surowce zasilające wolne od tych substancji, lub o ograniczonej ich zawartości, są stosowane w większości obecnych operacji krakowania. W celu zmniejszenia zawartości pozostałości koksowej i metali zastosowano takie sposoby, jak destylację próżniową, odasfaltowania, zmniejszanie lepkości i koksowanie w celu przygotowania odpowiednich surowców dla fluidalnego krakowania katalitycznego. Typowymi surowcami zasilającymi są próżniowe oleje gazowe, które wrą w zakresie temperatur od około 200 do około 500°C, lub wyżej, zależnie od granic ustalonych dla zawartości pozostałości koksowej według Conradsona i metali.

Określenie surowce zasilające obejmuje także materiały recykulowane, takie jak benzyna, lekkie i ciężkie oleje recyrkulacyjne lub olej płynny, które są oddzielane od wychodzącego strumienia węglowodorowego, opuszczającego strefę reakcji przez główną kolumnę do destylacji frakcyjnej. Z powodu lepszego kontaktu między ciałami stałymi i gazem, krótszego czasu przebywania i mniejszych całkowitych ilości katalizatora w sposobie według wynalazku, zaletą tego sposobu w porów-

naniu ze sposobami stosującymi konwencjonalne techniki regenerowania jest możliwość wprowadzania bardziej zanieczyszczonych surowców zasilających do strefy reakcji dla danej szybkości wprowadzania powietrza (czyli zdolności spalania koksu) i dla danej szybkości uzupełniania katalizatora.

W typowym przepływie w sposobie fluidalnego krakowania katalitycznego rozdrobniony regenerowany katalizator opuszcza strefę regenerowania w pewnej temperaturze i styka się z surowcem zasilającym w dolnej części strefy podnośnika reakcyjnego. Podczas przechodzenia wytworzonej mieszaniny do góry następuje konwersja surowca zasilającego w lżejsze produkty oraz osadzanie koksu na katalizatorze. Strumień wychodzący przechodzi do przestrzeni oddzielania, w której może zajść dodatkowa konwersja.

Pary węglowodorów, zawierające uniesiony katalizator, są następnie przepuszczane przez jedno lub więcej cyklonowych urządzeń stosowanych w celu oddzielenia zużytego katalizatora od strumienia pary węglowodorów. Oddzielony strumień pary węglowodorów przechodzi do strefy destylacji frakcyjnej, znanej fachowcom jako główna kolumna, w której wychodzący strumień węglowodorów rozdziela się na typowe frakcje, takie jak lotne oleje gazowe i benzyna, lekki olej recyrkulacyjny, ciężki olej recyrkulacyjny i olej płynny. Różne frakcje z głównej kolumny mogą być zawracane razem z surowcem zasilającym do podnośnika reakcyjnego. Zwykle takie frakcje, jak lotne oleje gazowe i benzyna rozdziela się dalej i przerabia przez koncentrację gazową. Niektóre frakcje z głównej kolumny, jak również z koncentracji gazowej, mogą być odbierane jako końcowe strumienie produktów.

Oddzielony zużyty katalizator przechodzi do dolnej części przestrzeni oddzielania i ewentualnie opuszcza tę strefę, przechodząc przez urządzenia odpędzające, w których gaz absorpcyjny, zwykle para, styka się w przeciwnym kierunku z zużyтым katalizatorem, wypychając z katalizatora węglowodory zaadsorbowane i znajdujące się między cząstkami katalizatora. Zużyty katalizator, zawierający koks opuszcza strefę odpędzania i przechodzi do strefy regenerowania, w której, w obecności świeżego gazu regeneracyjnego, spalanie koksu wytwarza regenerowany katalizator oraz gazowe produkty spalania, zawierające tlenek węgla, dwutlenek węgla, wodę, azot i ewentualnie nieznaczne ilości tlenu.

Zwykle świeżym gazem regeneracyjnym jest powietrze, lecz może to być także powietrze wzbogacone w tlen lub o zmniejszonej zawartości tlenu. Ilość świeżego gazu regeneracyjnego w strefie regenerowania jest zwykle regulowana przez założoną z góry różnicę temperatur między odcinkiem wylotu gazowych produktów spalania i albo temperaturę warstwy o dużym zagęszczeniu katalizatora albo temperaturą strumienia gazu w strefie rury wznoszącej. Taki układ regulacji zmniejsza nadmiar tlenu i dopuszcza jedynie w nieznacznym stopniu dopalanie. Taki układ regulacji nie umożliwia regulowania resztkowej pozostałości koksu;

w rzeczywistości jego zadaniem jest dostarczenie nieznacznego nadmiaru gazu regeneracyjnego potrzebnego do całkowitego usunięcia koksu przez regulowanie małego zakresu dopalania tlenu węgla.

Przy zastosowaniu takiego układu regulowania ilość resztkowej pozostałości koksu na regenerowanym katalizatorze jest w dużym stopniu funkcją konstrukcji strefy regenerowania, to znaczy stopniem wymieszania gazu i ciał stałych, liczby stosowanych etapów, czasu przebywania i końcowej temperatury. Zwykle regenerowany katalizator zawiera mniej niż około 0,5% wagowych koksu, a zwykle od około 0,15 do 0,35% wagowych koksu, podczas gdy zużyty katalizator wchodzący do strefy regenerowania zawiera od około 0,5 do 1,5% wagowych koksu. Gazowe produkty spalania oddziela się od uniesionego regenerowanego katalizatora przy użyciu cyklonowych urządzeń oddzielających, umieszczonych w strefie regenerowania, a oddzielone gazowe produkty spalania przechodzą ze strefy regenerowania do kotła CO, w którym ciepło wydzielane z tlenu węgla jest odbierane przez spalenie go jako paliwa do wytwarzania pary.

Regenerowany katalizator, który oddzielono od gazowych produktów spalania, zawraca się do dolnej części strefy regenerowania, która występuje w postaci fluidalnej warstwy o dużym zagęszczeniu zużytego katalizatora. Regenerowany katalizator opuszcza tę warstwę i jak wspomniano uprzednio styka się z surowcem zasilającym w strefie reakcji. Zwykle z regenerowanego katalizatora nie odpędza się zawartych w nim gazowych produktów spalania przed zetknięciem z surowcem zasilającym.

W typowej strefie regenerowania zużyty katalizator utrzymywany jest w dolnej części jednego lub większej liczby warstw o dużym zagęszczeniu przez ograniczenie szybkości powierzchniowej wschodzącego świeżego gazu regeneracyjnego. Szybkość powierzchniowa jest ograniczona do szybkości przenoszenia, to jest szybkości, powyżej której duże ilości katalizatora są przenoszone do cyklonów. Typowe szybkości są dlatego mniejsze niż około 91 cm/sek., przy czym zwykle stosowanym zakresem jest 45—76 cm/sek.

Większa część całkowitej ilości katalizatora w sposobie fluidalnego krakowania katalitycznego znajduje się w strefie regenerowania, a ze względu na występującą obecnie w przemyśle tendencję do skracania czasu kontaktu w strefie reakcji, coraz większa część całkowitej ilości katalizatora znajduje się w strefie regenerowania. Oznaczenie całkowitej ilości katalizatora w typowej strefie regenerowania opiera się na szybkości zasilania w sposobie fluidalnego krakowania katalitycznego, a bardziej dokładnie na ilości koksu związanego z tą szybkością zasilania i na prędkości powierzchniowej. Ta wydajność koksu, jaka jest przewidywana na podstawie pożądanej szybkości zasilania, określa szybkość dostarczania świeżego gazu regeneracyjnego do strefy regenerowania.

Szybkość dostarczania gazu przy ograniczonej prędkości powierzchniowej określa powierzchnię

przekroju strefy regenerowania. Przy znanej gęstości katalizatora i wysokości gęstego złoża, całkowita ilość katalizatora w strefie regenerowania, a praktycznie dla sposobu fluidalnego krakowania katalitycznego, jest ustalona. Wynikające z tego czasy przebywania wynoszą zwykle od około 2 do 5 minut, przy czym zwykle stosowanym zakresem jest od około 2 do 3 minut.

W sposobie według wynalazku zużyty katalizator regeneruje się w regulowanej temperaturze niezależnej od ilości i stopnia utlenienia koksu, a wytworzony przy tym tlenek węgla całkowicie spala się do dwutlenku węgla. Zużyty katalizator razem ze strumieniem świeżego gazu regeneracyjnego przepuszcza się przez pierwszą warstwę o dużym zagęszczeniu, w której koks utlenia się z wytworzeniem regenerowanego katalizatora i częściowo zużytego gazu regeneracyjnego. Ponieważ regulowanie temperatury regenerowanego katalizatora w wynalazku jest niezależne od utlenienia koksu i w rzeczywistości jest uzyskane w oddzielnej części strefy regenerowania, resztkowa pozostałość koksu na regenerowanym katalizatorze może być także bezpośrednio regulowana, jeśli to jest pożądana, przez kierowanie strumienia świeżego gazu regeneracyjnego do pierwszej warstwy o dużym zagęszczeniu. Gaz regeneracyjny i regenerowany katalizator są następnie przenoszone z pierwszej warstwy do rury wznosnej, w której zachodzi spalenie tlenu węgla i dodatkowego płynnego paliwa, jeśli jest ono konieczne, w celu ogrzania katalizatora do ustalonej z góry temperatury. Katalizator i zużyty gaz regeneracyjny opuszczający rurę wznosną oddziela się i regenerowany katalizator przepuszcza do drugiej warstwy o dużym zagęszczeniu, w której z katalizatora można odpędzić gaz regeneracyjny i z którego regenerowany katalizator zawraca się do strefy reakcji.

Przykład wpływu temperatury dostarczania katalizatora, przy stałej temperaturze u wylotu z reaktora, na wydajności produktów przedstawiono w tablicy I.

Sposób według wynalazku o wyższej i regulowanej temperaturze dostarczania katalizatora daje więcej cennych produktów, niż sposób konwencjonalny o niższej i nie regulowanej temperaturze dostarczania katalizatora, gdy oba mają taką samą temperaturę u wylotu z reaktora. W sposobie według wynalazku konwersja jest mniejsza, lecz wartość produktu wyższa. Wydajność benzyny jest mniej więcej taka sama, jak w sposobie konwencjonalnym, lecz liczba oktanowa benzyny wytworzonej przy użyciu gorętszego katalizatora jest wyższa. Jeszcze bardziej wyraźna korzyść jest widoczna w większej o 20% objętościowych wydajności alkilowania i w większej o 2,1% objętościowych wydajności całkowitej oleju recykulacyjnego w przypadku wyższej temperatury katalizatora. Wyższa wydajność alkilowania oznacza korzyść w zwiększeniu wydajności benzyny w postaci wysokooktanowego produktu. Podczas gdy oleje recykulacyjne nie są tak cenne, jak produkty alkilowania lub benzyna, tym nie mniej są one droższe od koksu.

Tablica 1

Wpływ temperatury dostarczania katalizatora na wydajności produktów

Sposób pracy	Konwen- cjonal- ny	Nowy sposób
1	2	3
Temperatura na wylocie z reaktora, °C	556	536
Temperatura dostarczania katalizatora, °C	676	732
Temperatura podgrzewania surowca zasilającego, °C	364	315
Wydajność benzyny, % objęt.	67,1	67,0
Wydajność alkilowania, C ₃ —C ₄ , % objętości	25,1	27,1
Całkowita wydajność oleju recyrkulacyjnego, % objętościowych	21,3	23,5
Wydajność koksu, % wagowych	5,3	3,8
Konwersja, % objęt.	78,7	76,5
Liczba oktanowa benzyny (badawcza, bez czteroetylku ołowiu)	93,0	93,3

Dawniej nie uznawano wpływu temperatury dostarczania katalizatora na skład produktu ze strefy reakcji. Obecnie wiadomo, że zawartość resztkowego koksu na regenerowanym katalizatorze ma du-

ży wpływ na skład produktów, w szczególności na skład produktów uzyskanych w strefach reakcji z krótkimi czasami kontaktu. Na przykład, przy stałej temperaturze reaktora i temperaturze regenerowanego katalizatora, wzrost zawartości resztkowego koksu na regenerowanym katalizatorze zmniejsza konwersję i wydajność benzyny, a zwiększa wydajność oleju recyrkulacyjnego (oleju paliwowego). Zmniejszenie zawartości resztkowego koksu zwiększa konwersję kosztem wydajności oleju paliwowego i zwiększenia wydajności benzyny. Przez zawracanie do strefy reakcji regenerowanego katalizatora, o małej zawartości resztkowego koksu, można zmieniać skład produktów w kierunku zwiększonej wydajności ciekłego gazu naftowego kosztem wydajności benzyny.

Przykład takich możliwych operacji przy stałej temperaturze dostarczania katalizatora przedstawiono w tablicy 2. Oczywiście możliwa jest również praca przy pośrednich zawartościach koksu.

Pierwsza operacja pokazana w tablicy 2 jest operacją ciekłego oleju gazowego, w której uzyskuje się maksymalną wydajność ciekłego oleju gazowego w podanych warunkach pracy przy użyciu regenerowanego katalizatora o bardzo małej zawartości resztkowego koksu. Przy bardzo małej zawartości resztkowego koksu, 0,02% wagowych, bardzo aktywny regenerowany katalizator zawrócony do strefy reakcji daje wyższą konwersję i krakuje część benzyny ze zwiększeniem wydajności gazu płynnego. Przy zwiększonej zawartości resztkowego koksu, 0,11% wagowych, jak pokazano w operacji benzynowej, przy takiej samej temperaturze reaktora, zawracany jest do strefy

Tablica 2
Wydajności produktów przy różnych zawartościach resztkowego koksu

Rodzaj operacji fluidalnego krakowania katalitycznego	Ciekły olej gazowy	Benzyna	Olej paliwowy	Wpływ zawartości resztkowej koksu na wydajność ciekłego oleju gazowego
1	2	3	4	5
Temperatura reaktora, °C	465	465	465	465
Temperatura podgrzewania surowca zasilającego, °C	168	315	315	168
Temperatura dostarczania regenerowanego katalizatora, °C	732	732	732	732
Zawartość resztkowego koksu na regenerowanym katalizatorze, % wagowych	0,02	0,11	0,62	0,62
Skład produktów, % w stosunku do świeżego surowca zasilającego:				
Konwersja, % objętościowych	85,7	75,0	64,4	77,0
C ₃ —C ₄ (płynny gaz), % objęt.	38,2	26,3	20,4	31,4
Benzyna, % objęt.	52,0	62,3	48,3	58,3
Lekki olej recyrkulacyjny % objęt.	11,4	20,0	30,6	18,0
Klarowny olej zawieszinowy, % objęt.	5,0	5,0	5,0	5,0
Koks, % wagowych	6,8	3,8	5,3	6,8

reakcji, mniej aktywny katalizator, co powoduje zmniejszenie konwersji i wydajności gazu płynnego, lecz zwiększa wydajność benzyny.

Przy dalszym zwiększeniu zawartości resztkowego koksu, doprowadzenie oleju paliwowego, do około 0,6% wagowych, powoduje zmniejszenie aktywności katalizatora, konwersja i wydajności ciekłego oleju gazowego i benzyny maleją, lecz wzrasta wydajność oleju paliwowego. Wpływ zawartości resztkowej koksu na wydajności produktów przedstawia ostatnia kolumna tablicy 2. W tym przypadku warunki pracy są takie same, jak w operacji z ciekłym olejem gazowym, za wyjątkiem dużej zawartości resztkowej koksu, która jest taka sama, jak w operacji z olejem paliwowym. Konwersja i wydajność ciekłego oleju gazowego są mniejsze niż w operacji ciekłego oleju gazowego, natomiast wydajności benzyny i oleju paliwowego są wyższe. Można to przypisać mniej aktywnemu katalizatorowi z powodu większej zawartości resztkowego koksu.

W sposobie według wynalazku wpływ zawartości resztkowego koksu na wydajności produktów może być wykorzystany a nie tylko przyjęty do wiadomości. Tak więc, sposób według wynalazku daje możliwość bezpośredniego i wygodnego regulowania i optymalizowania wydajności produktów i ich jakości przez regulowanie temperatury dostarczania katalizatora lub przez regulowanie zawartości resztkowego koksu, lub przez spełnienie obu tych warunków. Dlatego można przedstawić operację z operacji maksymalizującej wytwarzanie oleju paliwowego na operację maksymalizującą wydajność benzyny lub operację, w której pożądana jest maksymalna wydajność ciekłego oleju gazowego.

Ponieważ w sposobie według wynalazku nie przewiduje się, że katalizator pozostaje w pierwszej warstwie o dużym zagęszczeniu, dlatego prędkość powierzchniowa świeżego gazu regeneracyjnego w tym złożu nie jest ograniczona do prędkości krytycznej. W tej warstwie prędkości powierzchniowe wynoszą od około 91,5—305 cm/sek., tak że katalizator może być przenoszony z pierwszej warstwy o dużym zagęszczeniu do warstwy o małym zagęszczeniu w rurze wznoszącej. Szybkości w rurze wznoszącej leżą w zakresie od około 305—762 cm/sek.

Ponieważ prędkość nie jest ograniczona do prędkości transportu, lecz jest w rzeczywistości 2 do 3 razy większa od prędkości krytycznej, można obecnie uzyskać zmniejszenie całkowitej ilości katalizatora. Jak to opisano uprzednio, całkowite ilości katalizatora w strefie regenerowania są bezpośrednio zależne od prędkości powierzchniowych stosowanych w strefie regenerowania. Całkowite ilości katalizatora przy zastosowaniu sposobu według wynalazku będą wynosiły około 40—60% ilości katalizatora w obecnych jedno- i wieloetapowych sposobach regenerowania. W sposobie fluidalnego krakowania katalitycznego w średniej wielkości instalacji stosowanej obecnie w przemyśle znajduje się około 150 ton katalizatora. W sposobie regenerowania według wynalazku w takim samym układzie fluidalnego krakowania katalitycznego średniej wielkości, można zaoszczędzić

dzić na początkowej inwestycji równowartość co najmniej 75 ton katalizatora.

Szybkość uzupełniania katalizatora, wymagane dla zrównoważenia strat i zachowania aktywności, są także zmniejszone, ponieważ szybkości te stanowią zwykle pewną część całkowitej ilości katalizatora. Natomiast, jak wspomniano uprzednio, można stosować w sposobie fluidalnego krakowania katalitycznego według wynalazku cięższy i bardziej zanieczyszczony surowiec zasilający, przy czym nie wymaga to zwiększenia szybkości uzupełniania ponad przyjęte obecnie szybkości uzupełniania w sposobie fluidalnego krakowania katalitycznego, stosując konwencjonalne sposoby regenerowania.

Surowce zasilające nie muszą być ograniczone do czystych próżniowych olejów gazowych, zawierających graniczne ilości pozostałości koksowej według Conradsena, metali i związków azotu. Surowce zasilające o większym ciężarze cząsteczkowym, zawierające większe ilości zanieczyszczeń, mogą być z łatwością przerabiane bez żadnych ujemnych skutków ekonomicznych. Ponieważ takie strumienie zasilające wymagają mniejszego przetwarzania, uzyskuje się dodatkowe korzyści.

Lepszy kontakt gaz—ciało stałe i skrócony czas przebywania zarówno katalizatora, jak i gazu regeneracyjnego, są dalszymi zaletami większej prędkości. Większe prędkości wytwarzają bardziej burzliwy przepływ z lepszym mieszaniami i dlatego powodują bardziej wydajne regenerowanie. Z powodu lepszego kontaktu gaz—ciało stałe, razem z wyższym cząsteczkowym ciśnieniem tlenu i wyższą temperaturą, wzrasta szybkość spalania koksu i dlatego można zmniejszyć czas przebywania katalizatora.

Czasy przebywania katalizatora można zmniejszyć od 2 do 5 minut do poniżej 2 minut, a czasy przebywania gazu regeneracyjnego można zmniejszyć z około 20 sekund do mniej niż 10 sekund. Lepsze wykorzystanie tlenu zmniejsza ilość potrzebnego świeżego gazu regeneracyjnego, co umożliwia zmniejszenie ciśnienia w strefie regenerowania. Krótszy czas poddawania katalizatora działaniu wysokich temperatur przedłuża żywotność katalizatora i zmniejsza szybkość uzupełniania świeżego katalizatora.

Z punktu widzenia osiąganych oszczędności, innym ważnym skutkiem krótszego czasu przebywania katalizatora jest to, że następuje odpędzanie składników gazowych produktów spalania z regenerowanego katalizatora. Obecnie w przemyśle odpędza się jedynie zużyty katalizator: z zużytego katalizatora ze strefy reakcji odpędza się zaabsorbowane i znajdujące się między cząstkami węglowodory przed przesłaniem katalizatora do strefy regenerowania w celu odzyskania cennej benzyny i lekkich węglowodorów, które w przeciwnym razie uległyby spalaniu w strefie regenerowania. Jakkolwiek wiadomo, że dłuższe wystawienie na działanie pary powoduje dezaktywację katalizatora, para jest zwykle zalecanym czynnikiem desorpcyjnym, a nie gaz obojętny, ponieważ można ją skroplić i oddzielić przed osiągnięciem przez nią strefy stężania gazu w sposobie fluidal-

nego krakowania katalitycznego. Użyte ilości pary są małe, a krótki czas przebywania, niska temperatura i koks na katalizatorze zmniejszają dezaktywację do minimum. Składniki gazowych produktów spalania są porywane przez regenerowany katalizator do strefy reakcji i tam stają się częścią strumienia produktów.

Odpędzanie parą regenerowanego katalizatora dawniej nie było stosowane, z powodu dłuższego czasu przebywania katalizatora w strefie regenerowania, oraz dużej całkowitej ilości katalizatora, jaka jest zwykle zawarta w pojedynczej warstwie o dużym zagęszczeniu katalizatora. Poddanie tej ilości katalizatora działaniu pary w ciągu dłuższego okresu czasu spowodowałoby zwiększenie szybkości dezaktywacji katalizatora. Jakkolwiek gaz obojętny, taki jak azot, nie powodowałby dezaktywacji katalizatora, to zastąpiłby on jedynie składniki gazowych produktów spalania, które same są obojętne, i byłby przeniesiony do sekcji stężania gazu i fluidalnego krakowania katalitycznego.

Poniższy przykład ilustruje sposób według wynalazku.

Przykład I. Strumień wychodzący ze strefy reakcji fluidalnego krakowania katalitycznego zawiera nie tylko węglowodory, ale także parę desorpcji zużytego katalizatora i składniki gazowych produktów spalania w ilościach od około 0,1—0,3 kg na 100 kg katalizatora, znajdującego się w obiegu. W typowym układzie fluidalnego krakowania katalitycznego o średniej wielkości, w obiegu znajduje się około 1362000 kg katalizatora na godzinę, które przenoszą około 1943 kg na godzinę składników gazowych produktów spalania do strefy reakcji. Oznacza to, że w przeliczeniu na objętość strumień gazu wychodzący z reaktora zawiera około 1611 m³/godz. lub 38664 m³/dobę w temperaturze 0°C i przy ciśnieniu 1 atm składników gazowych produktów spalania, które muszą być przerobione w strefie reakcji. Całkowity strumień wychodzący ze strefy reakcji kieruje się do głównej kolumny, w której jest rozdzielony na gaz i niestabilizowaną benzynę, jako strumień produktu szczytowego kolumny oraz różne strumienie boczne kolumny. Ten strumień produktu szczytowego, zawierający składniki gazowych produktów spalania, lekkie gazy węglowodorowe, parę i benzynę, najpierw kieruje się do skraplacza szczytowego głównej kolumny, w którym skrapla się para i benzyna, a następnie do szczytowego odbieralnika głównej kolumny, w którym benzynę oddziela się od wody i wodę odbiera na zewnątrz.

W celu odzyskania i oddzielenia lekkich węglowodorów i stabilizowania benzyny, gaz i niestabilizowana benzyna przesyłane są do instalacji stężania gazu, składającej się z kompensora, kolumny absorpcyjnej i kolumny do destylacji frakcyjnej. W celu odzyskania lekkich węglowodorów, strumień gazowy z odbieralnika, zawierający składniki gazowych produktów spalania, najpierw spręża się do ciśnienia około 10,5—17,5 atm, przed skierowaniem do kolumn absorpcyjnych. Lekkie węglowodory, głównie zawierające 3 i 4 atomy węgla, są absorbowane przez strumienie cięższych ciekłych węglowodorów w kolumnach absorpcyj-

Tablica 3

Gaz wylotowy z absorbera		
Skład, w % molowych		
5	Dwutlenek węgla	3,8
	Tlen i argon	0,3
	Azot	22,8
	Tlenek węgla	4,5
	Wodór	8,9
10	Metan	23,6
	Etylen	11,8
	Etan	12,5
	Propylen	4,8
	Propan	1,4
15	Izobutylen i buten-1	0,7
	cis-buten-2	0,4
	trans-buten-2	0,5
	izobutan	1,7
	n-butan	0,5
20	izopentan	0,7
	n-pentan	0,2
	łącznie olefiny C ₆ i C ₈	0,9
		100,0

nych, pozostawiając niezaabsorbowany ubogi gaz, zawierający składniki gazowych produktów, jako strumień produktów z ostatniego absorbera. Wyniki analizy gazu wylotowego opuszczającego ostatni absorber są następujące:

Jak widać z tego zestawienia, unoszone składniki gazowych produktów spalania — azot, tlenek węgla i dwutlenek węgla — stanowią około 1/3 strumienia produktów, a mianowicie 31,1%. Z powodu krótkiego czasu przebywania katalizatora, stosowanego w sposobie według wynalazku, można stosować odpędzanie regenerowanego katalizatora, dzięki czemu większość tych substancji zostanie raczej zabrana ze strefy regenerowania, niż stanie się zasadniczą częścią tego strumienia produktu. Bez tych składników można osiągnąć znaczne oszczędności przez zastosowanie tańszej instalacji stężania gazu, to jest mającej mniejsze kompresory, mniejsze absorbenty i inne urządzenia do operowania gazem. Gaz wylotowy z absorbera, który zwykle stosowany jest jako paliwo, ma większą zawartość ciepła. W przypadku odpędzania regenerowanego katalizatora w drugiej warstwie o dużym zagęszczeniu, objętość złoża jest tak dobrana, aby zapewnić minimalne poddanie katalizatora działaniu pary. Objętość złoża jest tak dobrana, aby czas przebywania katalizatora był krótszy niż 1 minuta, a korzystnie krótszy od 30 sekund.

Temperatury stosowane w pierwszej warstwie o dużym zagęszczeniu, w której zachodzi utlenienie koksu, są w zakresie od około 677—760°C, a temperatury w rurze wznoszącej, w której zachodzi spalanie tlenku węgla i ewentualnie dodatkowego płynnego paliwa, w zakresie od około 685—787°C. Czasy działania tych wyższych temperatur na regenerowany katalizator w rurze wznoszącej katalizatora można zmieniać położeniem wlotu świeżego gazu regeneracyjnego do rury. W celu uzyskania krótszych czasów działania wlot do ru-

ry wznosnej powinien być umieszczony bliżej wylotu z podnośnika.

Temperatura w rurze wznosnej i czas działania na regenerowany katalizator w rurze są takie, aby ogrzać katalizator do temperatury dostarczania katalizatora wynoszącej co najmniej 677°C korzystnie 677—760°C. Katalizator dostarczony do strefy reakcji w tym zakresie temperatur nie tylko spowoduje przyspieszenie i wzrost wydajności lekkiego krakowania surowca zasilającego, lecz także zmniejszy wymagania odnośnie podgrzewania surowca zasilającego. Zwykle surowiec zasilający strefę reakcji jest podgrzewany wstępnie do temperatury około 260—370°C przed zetknięciem się z regenerowanym katalizatorem, co zapewnia dodatkową porcję ciepła. Gdyby ciepło spalania tlenku węgla w rurze wznosnej było niewystarczające do ogrzania katalizatora do pożądanej temperatury, wtedy dodaje się dodatkowe płynne paliwo i spala je. Płynne paliwo może być strumieniem gazu opałowego lub dowolnego ciekłego węglowodoru, włącznie z surowcem zasilającym. Należy zauważyć, że płynne paliwo mogłoby również dobrze być dodane do pierwszej warstwy katalizatora lub do strumienia zużytego katalizatora wchodzącego do pierwszej warstwy w celu podwyższenia temperatury dostarczania katalizatora.

Praktyczną i ekonomiczną zaletą całkowitego utlenienia tlenku węgla w strefie regenerowania jest wyeliminowanie problemu zanieczyszczania powietrza bez konieczności stosowania stosunkowo drogiego kotła CO. Z powodu coraz większego uświadomienia sobie na całym świecie wpływu zanieczyszczonego środowiska na zdrowie ludzkie, w szczególności tam gdzie ta świadomość znalazła wyraz w przepisach ograniczających zanieczyszczanie powietrza, ta zaleta wynalazku jest bardzo ważna.

Ciśnienia, które mają być zastosowane w sposobie według niniejszego wynalazku, wynoszą od około normalnego ciśnienia atmosferycznego do około 3,5 atm, przy czym zalecanym zakresem jest ciśnienie 0,7—2,8 atm. Z powodu lepszego kontaktu między gazem a ciałem stałym, wynikającym z większych prędkości i większej szybkości spalania koksu z powodu wyższych temperatur i większego stężenia tlenu, w sposobie według wynalazku można stosować niższe ciśnienia bez żadnego pogorszenia wydajności spalania koksu. Z tego powodu sposób ten może zmienić tendencję przemysłu w kierunku prowadzenia sposobów regenerowania pod wyższymi ciśnieniami. Dlatego można stosować tańsze reaktory i dmuchawy lub kompresory o mniejszych wartościach ciśnienia.

Zużyty katalizator, nazwa stosowania w opisie oznacza katalizator zabrany ze strefy reakcji z powodu zmniejszonej aktywności spowodowanej odkładaniem się koksu. Zużyty katalizator przechodzący do pierwszej warstwy może zawierać dowolną ilość koksu zawartą w granicach od kilku dziesiątych do około 5% wagowych, lecz zwykle w operacjach fluidalnego krakowania katalitycznego zużyty katalizator ze strefy reakcji zawiera od około 0,5 do około 1,5% wagowych koksu.

Określenie regenerowany katalizator stosowane w opisie oznacza katalizator, z którego nie można usunąć więcej koksu. W opisie za regenerowany katalizator uważa się katalizator opuszczający pierwszą warstwę o dużym zagęszczeniu; czas przebywania tego katalizatora w rurze wznosnej jest dostatecznie krótki, aby wykluczyć dalsze znaczne utlenienie koksu. Regenerowany katalizator zawiera zwykle od około 0,5% wagowych koksu do tak małej zawartości, jak około 0,02% wagowych, zależnie od stopnia przemiany i składu produktów.

Określenie gaz regeneracyjny, stosowane w opisie, oznacza każdy gaz, który ma się stykać z katalizatorem lub który stykał się z katalizatorem w strefie regenerowania. W szczególności, nazwa świeży gaz regeneracyjny obejmuje gazy zawierające tlen, takie jak powietrze lub powietrze wzbogacone w tlen lub zawierające zmniejszoną ilość tlenu, które przechodzi do pierwszej warstwy katalizatora w strefie regenerowania w celu utlenienia koksu na znajdującym się w nim zużytym katalizatorze. Nazwa częściowo zużyty gaz regeneracyjny odnosi się do gazu regeneracyjnego, który stykał się z katalizatorem, który zawiera zmniejszoną ilość wolnego tlenu. Zwykle częściowo zużyty gaz regeneracyjny zawiera wodę, azot, tlen, tlenek węgla i dwutlenek węgla. Nazwa zużyty gaz regeneracyjny oznacza gaz regeneracyjny, który nie zawiera tlenku węgla, oraz zawiera od około kilku dziesiątych do 15% molowych wolnego tlenu, dwutlenek węgla, azot i wodę.

Jedno lub więcej urządzeń do oddzielania gazu od ciał stałych może być użyte w celu oddzielenia zużytego gazu regeneracyjnego od uniesionego regenerowanego katalizatora. Zaleca się, lecz nie jest konieczne w sposobie według wynalazku, aby urządzenie do oddzielania katalizatora było połączone w celu odbioru i oddzielenia gazu regeneracyjnego od uniesionego katalizatora. Zalecanymi urządzeniami do oddzielania są oddzielacze cyklonowe, których konstrukcja i budowa są dobrze znane. Można użyć pojedynczy cyklon, lecz korzystne jest równoległe lub szeregowo użycie więcej niż jednego takiego cyklonu w celu uzyskania pożądanego stopnia oddzielenia.

Przykład II. Następujący przykład ma na celu porównanie sposobu według wynalazku regenerowania zużytego katalizatora z konwencjonalną jednoetapową metodą regenerowania. W obydwu przypadkach zastosowano dostępny w handlu katalizator typu sita molekularnego, który uprzednio kontaktowano z próżniowym olejem gazowym w warunkach krakowania w strefie reakcji i który następnie odpędzano przy użyciu pary w strefie odpędzania, a regenerowano przy użyciu powietrza. Koks zawierał około 10,1% wagowych wodoru a zawartość koksu na zużytym katalizatorze wynosiła około 0,9% wagowych. Konwencjonalna strefa regenerowania zawierała pojedynczą warstwę o dużym zagęszczeniu w dolnej części strefy z dużą przestrzenią oddzielania w strumieniu gazowym umieszczoną ponad tą warstwą, a gazowe produkty spalania z tej strefy regenero-

wania były spalane w zewnętrznym kotle CO. Analiza gazowych produktów spalania podana w

Tablica 4

Porównanie sposobu regenerowania		
	Konwencjonalny	Według wynalazku
1	2	3
Temperatura, °C		
warstwa o dużym zagęszczeniu ziarnistego katalizatora	643	676
strumień gazowy	640	—
podnośnik katalizatora	—	740
gazowe produkty spalania	675	737
drugie ściśle złożo (temperatura dostarczania)	—	726
regulowana temperatura dostarczania katalizatora	nie	tak
Ciśnienie, atm	1,7	1,4
ilość netto suchego powietrza do regeneratora, kg/godz.	105405	105005
stosunek suche powietrze/koks, kg/kg	11,13	14,51
wydajność koksu, % wagowych w stosunku do świeżego surowca zasilającego, dla konwersji w strefie reakcji wynoszącej 75%	6,61	5,05
zawartość koksu na regenerowanym katalizatorze, % wagowych	0,2	0,02
regulowana zawartość koksu	nie	tak
Średnica reaktora, cm	762	488
czas przebywania katalizatora, min.	3	0,9
Czas przebywania gazu, sek	15,5	5,5
prędkość powierzchniowa, cm/sek		
warstwa o dużym zagęszczeniu katalizatora	73,15	152,4
warstwa o małym zagęszczeniu katalizatora	73,15	609,6
Wyniki analizy gazowych produktów spalania, w % objętościowych		
CO ₂	9,2	14,9
Argon	1,1	1,0
N ₂	79,2	82,3
CO	10,2	0
C ₂	0,2	1,8
CH ₄	0,1	0
Odpędzanie regenerowanego katalizatora	nie	tak
Temperatura podgrzewania surowca, °C	211	136
Całkowita ilość katalizatora, ton	60	35

*) Rzeczywista zawartość wynosiła 270 ppm objętościowych.

tablicy 4 dotyczy próbki pobranej z linii gazowych produktów spalania przed kotłem CO.

W sposobie według wynalazku tlenek węgla, bez dodatkowego paliwa płynnego, był w zasadzie całkowicie spalony w rurze wznoszącej w strefie regenerowania. Próbkę gazowych produktów spalania, której wyniki analizy podano w tablicy 4, była pobrana tuż przed miejscem, w którym gazowe produkty spalania opuszczające strefę regenerowania były wypuszczane do atmosfery.

Porównanie sposobu według wynalazku z konwencjonalnym sposobem jednoetapowej regeneracji wykazuje przede wszystkim stosowanie wyższej temperatury i większego stężenia tlenu w sposobie według wynalazku. Jakkolwiek wlotowe stężenie tlenu jest w obu przypadkach takie samo (stężenie tlenu w powietrzu), to stężenie wylotowe w sposobie według wynalazku wynosi 1,8% objętościowych w porównaniu z 0,2% objętościowych ze zwykłego sposobu regenerowania.

Stosowanie wyższej temperatury regenerowanego katalizatora w sposobie według wynalazku zmniejszyło szybkość cyrkulacji katalizatora i w ten sposób zmniejszyła się wydajność koksu z 6,61% wagowych do 5,05% wagowych. Ta wyższa temperatura regenerowanego katalizatora także obniżyła wymaganą temperaturę podgrzewania surowca o 75°C i spowodowała szybsze i bardziej wydajne krakowanie surowca zasilającego w strefie reakcji, niż w przypadku niższej temperatury. Bardziej wydajne krakowanie daje większą wydajność ciekłych produktów ze strefy reakcji. Z powodu większej szybkości spalania koksu, wywołanej wyższą temperaturą i większym stężeniem tlenu, w sposobie według wynalazku zostaje wytworzony regenerowany katalizator o mniejszej zawartości resztkowej pozostałości koksu. Dzięki tej mniejszej zawartości resztkowej pozostałości koksu i wyższej temperaturze dostarczania regenerowanego katalizatora, skład produktów ze strefy reakcji, przesuwa się w kierunku lżejszych, cenniejszych produktów.

Należy także zauważyć, że nowy sposób, w odróżnieniu od sposobu konwencjonalnego, daje możliwość bezpośredniego niezależnego regulowania zarówno temperatury dostarczania regenerowanego katalizatora jak i resztkowej pozostałości koksu. Dlatego stanowi odpowiedni sposób do regulowania przemiany w strefie reakcji, składu produktów i własności produktów.

W tablicy 4 podane wyniki analizy gazowych produktów spalania wykazują, że przez spalanie tlenku węgla w strefie regenerowania, wyeliminowano problem zanieczyszczania powietrza bez konieczności użycia kotła CO. Należy zaznaczyć, że całkowite spalanie tlenku węgla oraz utlenienie koksu do mniejszej resztkowej pozostałości koksu osiągnięto przy użyciu mniejszej ilości powietrza i pod mniejszym ciśnieniem niż w sposobie konwencjonalnym.

Ponadto całkowita ilość katalizatora jest o około 40% mniejsza niż w sposobie konwencjonalnym i dlatego rozmiary reaktora regeneracyjnego są mniejsze. Ze względu na mniejszą całkowitą ilość katalizatora i krótszy czas przebywania ka-

talizatora, szybkości uzupełniania katalizatora będą mniejsze w nowym sposobie.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób regeneracji katalizatora fluidalnego zanieczyszczonego koksem, usuwanego ze strefy reakcyjnej i utlenianie tlenku węgla wytworzonego przez częściowe utlenienie koksu osadzonego na katalizatorze do dwutlenku węgla przy bezpośrednim kontrolowaniu temperatury regenerowanego katalizatora, **znamienny tym**, że zużyty katalizator razem ze świeżym gazem regeneracyjnym wprowadza się do pierwszej warstwy fluidalnej o dużym zagęszczeniu ziarnistego katalizatora w strefie regeneracji, koks osadzony na zużytym katalizatorze częściowo utlenia się, otrzymując częściowo zużyty gaz regeneracyjny zawierający CO i częściowo zregenerowany katalizator zawierający resztkowy koks, następnie częściowo zregenerowany katalizator i częściowo zużyty gaz regeneracyjny wprowadza się do przewodu wznosnego do transportu warstwy fluidalnej o małym zagęszczeniu ziarnistego katalizatora w strefie regeneracji, w którym tlenek węgla utlenia się do dwutlenku węgla i do strefy regeneracji wprowadza się płynne paliwo w ilości wystarczającej do uzyskania w trakcie utleniania zregenerowanego

katalizatora, ogrzanego do temperatury 677—700°C, a następnie zregenerowany katalizator oddziela się od zużytego gazu regeneracyjnego i wprowadza do drugiej warstwy fluidalnej o dużym zagęszczeniu ziarnistego katalizatora, z której zawraca się go do strefy reakcyjnej.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że zużyty gaz regeneracyjny desorbuje się ze zregenerowanego katalizatora w drugiej warstwie fluidalnej o dużym zagęszczeniu ziarnistego katalizatora przez skontaktowanie z gazem desorpcyjnym, korzystnie parą wodną.

3. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że zużyty katalizator pozostawia się w pierwszej warstwie o dużym zagęszczeniu ziaren mniej niż dwie minuty.

4. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że całkowity czas przebywania gazu regeneracyjnego w pierwszej warstwie o dużym zagęszczeniu ziarnistego katalizatora i w strefie transportu fluidalnego o małym zagęszczeniu katalizatora reguluje się poniżej 10 sekund.

5. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że utlenianie tlenku węgla do dwutlenku węgla prowadzi się w temperaturze 690—802°C i przy prędkości powierzchniowej gazu w zakresie 3,05—7,6 m/sek.

Fig 1

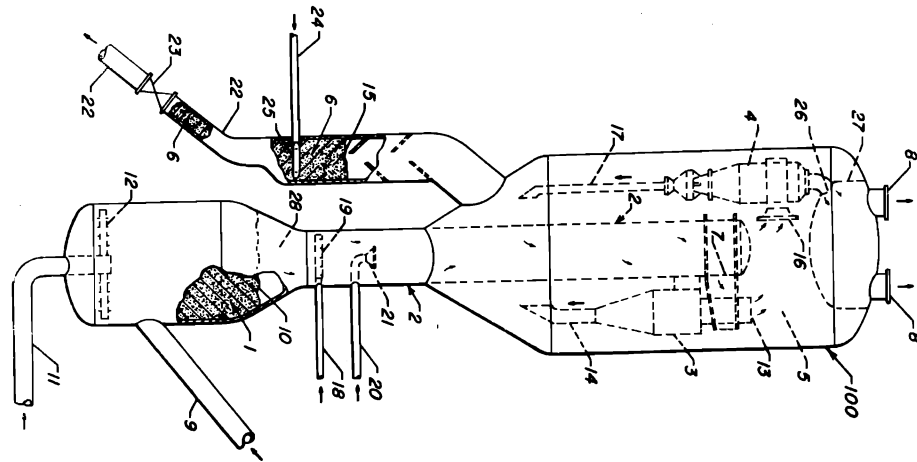


Fig 2

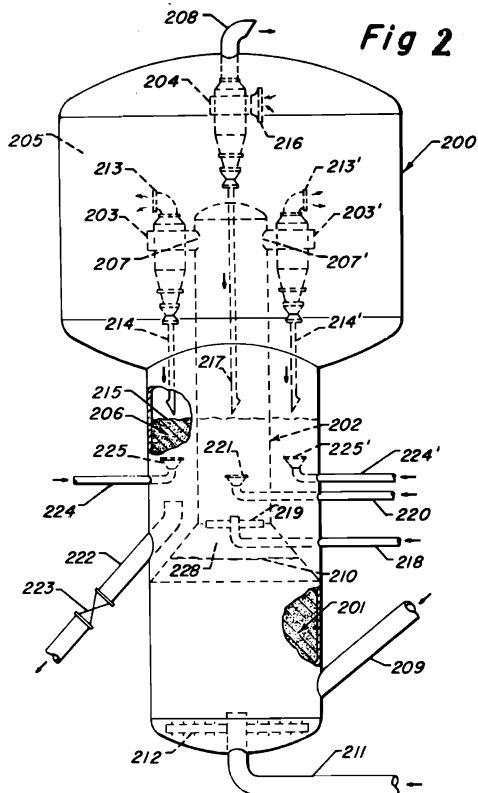


Fig 3

