



Patent dodatkowy

do patentu nr _____

Zgłoszono: 08.06.1972 (P. 155 889)

Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 30.05.1973

Opis patentowy opublikowano: 31.03.1977

MPK B01j 11/02

Int. Cl.³ B01J 21/20

Twórca wynalazku: _____

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

Sposób regeneracji katalizatora

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób regeneracji katalizatora, zwłaszcza katalizatorów stosowanych w procesach krakingu katalitycznego prowadzonego w warstwie fluidalnej.

Znane są sposoby regeneracji, w których zawierający koks, zużyty katalizator fluidalny regeneruje się w strefie regeneracji. W szczególności, szeroko przebadano sposoby regeneracji zużytego katalizatora fluidalnego służącego do krakingu katalitycznego lub odwodornienia. W tych opisach patentowych, w których usiłowano rozwiązać problemy dotyczące regeneracji zużytego katalizatora fluidalnego, zwykle proponowano rozwiązanie problemu maksymalnego usunięcia koksu osadzonego na katalizatorze, usiłując jednocześnie zapobiec, lub wyeliminować utlenianie tlenu węgla do dwutlenku w przestrzeni regeneracyjnej. Spowodowane to było potrzebą zabezpieczenia cyklonów lub innych urządzeń znajdujących się w strefie regeneracji przed zniszczeniem, gdyż dopalaniu towarzyszą zwykle bardzo wysokie temperatury w fazie rozcieńczonej lub gazowej, w przestrzeni regeneracyjnej. Wysokie koszty, związane z projektowaniem i budową urządzeń wytrzymujących wysokie temperatury dopalania w strefie regeneracji, zniechęcały zwykle do stosowania tego systemu. W dodatku, groźba eksplozji wywołanej zapaleniem strumienia zawierającego tlenek węgla, w wielkim urządzeniu, w którym istnieje nadmiar wolnego tlenu, odstrasza od prób zastosowania dopalania w regeneratorach.

2

Specjaliści zajmujący się problemami rafineryjnymi próbowali najpierw wykorzystywać ciepło spalania tlenu węgla do dwutlenku węgla (dopalanie), przepuszczając gaz spalinowy (gaz poregeneracyjny) z regeneratora do kotła, w którym ciepło wydzielające się podczas utleniania tlenu węgla, wykorzystywano do wytwarzania pary wysokociśnieniowej lub do podgrzewania surowca. Dodatkową korzyścią, wynikającą z tak prowadzonego procesu, było wyeliminowanie tlenu węgla z gazu wypuszczanego do atmosfery.

Przykładem badań, w których próbowano kontrolować dopalanie tlenu węgla, jest sposób według opisu patentowego St. Zjedn. Ameryki nr 3 161 583. W tym opisie, oraz w wielu innych, podobnych rozwiązaniach, zaadoptowano taki system sterowania procesem, w którym pomiary temperatur w fazie gęstej i rozrzedzonej regeneratora wykorzystywano do regulowania ilości doprowadzanego powietrza do regeneracji, w celu zapobieżenia dopalaniu w strefie regeneracji. W innych opisach mierzono zawartość tlenu w gazie spalinowym i ilość produktów regeneracji w gazie przepuszczanym przez strefę regeneracji, w celu utrzymywania zawartości wolnego tlenu w gazie spalinowym na możliwie najniższym poziomie (korzystnie jest, utrzymywanie stężenia tlenu w gazie poregeneracyjnym poniżej 1% objętościowego). Oczywiście we wszystkich tych sposobach kontroli dąży się do niedopuszczenia do dopalania, w jakiegokolwiek części strefy regeneracji.

Nieoczekiwanie stwierdzono, że możliwe jest bezpieczne zainicjowanie i prowadzenie dopalania w strefie regeneracji. Dokładniej mówiąc, możliwe jest prowadzenie reakcji całkowitego dopalania w gęstej warstwie katalizatora fluidalnego, znajdującej się w dolnej części strefy regeneracji.

Ta dotychczas nieznana i niepraktykowana metoda, daje możliwość uzyskania znacznych korzyści, takich jak: zmniejszenie ilości wydalanego tlenku węgla, możliwość kontroli temperatury katalizatora, wpuszczanego do strefy reakcji fluidalnej w temperaturze wyższej niż uzyskiwana w zwykłych procesach regeneracji. W dotychczasowych sposobach regeneracji, dodaniu ciepła do układu fluidalnego towarzyszyło zwykle użycie — jako surowca — cięższej frakcji, co powoduje wzrost ilości osadzonego koksu, lub podgrzanie surowca do wyższej temperatury.

Zwiększona ilość ciepła nie pochodzi z utleniania tlenku węgla. Stwierdzono, że przez zastosowanie sposobu według wynalazku dopalania w gęstej warstwie w strefie regeneracji, można wyeliminować powyższe sposoby doprowadzania ciepła. Dodatkowe ciepło można wytwarzać i odpowiednio odzyskiwać z gęstej warstwy katalizatora w strefie regeneracji. Korzystne jest utrzymywanie reakcji dopalania w gęstej warstwie, gdyż, jeśli reakcja dopalania obejmuje część fazy rozrzedzonej regeneratora, a szczególnie tę część, w której znajdują się cyklony lub inne urządzenia, powstają miejscowe przegrzania, spowodowane brakiem odpowiedniej gęstości katalizatora w fazie rozrzedzonej, czyli czynnika odprowadzającego ciepło wydzielane podczas utleniania. Natomiast w gęstej warstwie strefy regeneracji, gdzie gęstość katalizatora jest znacznie większa niż w fazie rozrzedzonej, można prowadzić dopalanie, gdyż obecny tam katalizator, jako czynnik odprowadzający ciepło, zapobiega zniszczeniu urządzeń w strefie regeneracji.

Stwierdzono również, że w celu zainicjowania i prowadzenia dopalania w gęstej warstwie strefy regeneracji, należy utrzymywać w tej warstwie pewną minimalną temperaturę.

Sposób według wynalazku polega na kontrolowanym utlenianiu tlenku węgla do dwutlenku węgla, w gęstej warstwie katalizatora, w urządzeniu do jego regeneracji. Podczas utleniania kontroluje się szybkość dopływu świeżego gazu regeneracyjnego do strefy regeneracji, przez pomiar temperatury w gęstej warstwie tej strefy.

Sposób według wynalazku obejmuje kontrolę utleniania tlenku węgla do dwutlenku węgla w strefie regeneracji, w procesie konwersji na katalizatorze fluidalnym, w którym w strefie regeneracji utrzymuje się gęstą fazę zużytego katalizatora, z osadzonym na nim koksem. Sposób ten obejmuje dalej przepuszczanie świeżego, zawierającego tlen gazu regeneracyjnego, z szybkością kontrolowaną w podany wyżej sposób, przez gęstą warstwę, w warunkach regeneracji. Warunki te obejmują utlenianie osadzonego na katalizatorze koksu oraz utlenianie tlenku węgla (będącego produktem utleniania koksu), do dwutlenku węgla, we wspomnianej gęstej warstwie, a następnie usu-

wanie świeżo zregenerowanego katalizatora i zużytego gazu poregeneracyjnego ze strefy regeneracji.

Do regulowania szybkości dopływu gazu regeneracyjnego do strefy regeneracji wykorzystuje się punktowy pomiar temperatury w gęstej warstwie katalizatora. Gaz doprowadza się z taką szybkością, by utrzymywać stałą temperaturę w miejscu pomiaru temperatury w warstwie.

Sposób według wynalazku polega na tym, że temperaturę gęstej warstwy złoża fluidalnego podnosi się do 649°C przez co inicjuje się dopalanie — spalanie CO do CO₂, a następnie przy stałym mierzeniu temperatury gęstej warstwy złoża reguluje się dostarczanie gazu zawierającego tlen do komory regeneracji tak, aby utrzymać temperaturę gęstej warstwy złoża na poziomie powyżej 649°C, w której zachodzi zasadniczo całkowite spalanie CO do CO₂.

Inne zastosowanie sposobu według wynalazku polega na połączeniu procesu konwersji na katalizatorze fluidalnym, który, po zużyciu, regeneruje się w strefie regeneracji gazem zawierającym tlen, a po regeneracji wychodzi z tej strefy wraz z zużytym gazem poregeneracyjnym, z utrzymywaniem gęstej warstwy zużytego katalizatora w strefie regeneracji, w warunkach regeneracji, które obejmują utlenianie koksu osadzonego na zużytym katalizatorze oraz utlenianie tlenku węgla (będącego produktem utleniania koksu) do dwutlenku w gęstej warstwie, oraz z układem regulacji, obejmującym połączenie regulatora ze strefą regeneracji, w celu regulowania szybkości doprowadzania świeżego gazu regeneracyjnego do tej strefy w zależności od sygnału wyjściowego, połączenie czujnika temperatury ze strefą regeneracji, dla określania temperatury gęstej warstwy strefy regeneracji i wytwarzania sygnału temperaturowego odpowiedniego do wskazanej temperatury, oraz porównywanie odebranego sygnału temperaturowego i wytwarzanie sygnału wyjściowego przesyłanego do regulatorów utrzymujących żadaną temperaturę, w gęstej warstwie strefy regeneracji.

Dawniej panowała w przemyśle rafineryjnym powszechna jednomyślność co do tego, że dopalanie tlenku węgla do dwutlenku węgla powinno być wykonywane wyłącznie w kotłach, umieszczonych u wylotu gazu spalinowego ze strefy regeneracji.

W sposobie według wynalazku regeneracja może się odbywać w urządzeniu z materiału odpornego na wysokie temperatury i ścieranie, które ma miejsce w procesach regeneracji w fazie fluidalnej. W sposobie regeneracji według wynalazku można stosować takie urządzenia regulacyjne jak: zawory regulacyjne do regulacji dopływu i odpływu z regeneratora, układy alarmowe do sygnalizacji przekroczenia temperatury górnej i dolnej, pomocniczy układ doprowadzenia powietrza, który można wykorzystać w strefie regeneracji dla uzyskania dodatkowej ilości powietrza w gęstej warstwie katalizatora; (powietrze to można użyć do uzyskania maksymalnego dopalania lub do schłodzenia urządzeń w fazie rozrzedzonej), urządzenia do regulacji ciśnienia strumieni wejściowych i wyjściowych, co pozwala na utrzymywanie od-

powiedniego stałego ciśnienia w strefie regeneracji i urządzeniach towarzyszących, układy doprowadzenia pary wodnej, służącej do chłodzenia części regeneratora lub katalizatora w regeneratorze oraz, w pewnych przypadkach, urządzenia do podgrzewania wchodzącego strumienia świeżego gazu regeneracyjnego. Są dwa powody użycia kotłów dla dopalania tlenku węgla: pierwszy to możliwość odzyskania ciepła wytwarzanego w reakcji utleniania tlenku węgla do dwutlenku węgla (dopalamie), drugi — który od niedawna stał się niezmiernie ważny — to zmniejszenie ilości tlenku węgla wydalanego do atmosfery.

Zwykle odzyskiwane w ten sposób ciepło dopalania wykorzystuje się do wytwarzania pary wodnej, którą można zużyć w rafinerii.

Ponieważ wytwarzanie pary wodnej jest użyteczne w procesie rafineryjnym, więc ciepło wydzielone z reakcji spalania może być wykorzystane jeszcze lepiej, jeśli odzyska się je w procesie konwersji. W sposobie według wynalazku jest możliwość przeprowadzenia takiego procesu, w którym dopalamie zachodzi w gęstej warstwie strefy regeneracji. Sposób według wynalazku można wykonywać w obecnych urządzeniach regeneracyjnych, bez, lub po niewielkiej modyfikacji. Jedną z korzyści, wynikających z zastosowania sposobu według wynalazku jest, oprócz zmniejszenia ilości tlenku węgla wydalanego do atmosfery, znaczne odzyskanie ciepła wydzielanego w reakcji dopalania (prowadzonej w gęstej warstwie strefy regeneracji) przez katalizator znajdujący się w tej strefie.

W wyniku tego, zregenerowany katalizator przesyła się ostatecznie do strefy reakcji w wyższej temperaturze, co jest korzystne przy prowadzeniu krakingu katalitycznego w fazie fluidalnej, przy którym pożądanym produktem końcowym jest benzyna oraz wartościowe, alkilowane lżejsze parafiny i olefiny. Również pomiar i kontrola reakcji dopalania, prowadzona prawie wyłącznie w gęstej warstwie w strefie regeneracji pozwala na całkowite wyeliminowanie możliwości zniszczenia instalacji. Wysoka gęstość katalizatora w warstwie działa jak nośnik ciepła, odbierający ciepło wydzielone w reakcji dopalania.

We wcześniejszych badaniach, dopalamie w strefie regeneracji uważano powszechnie za niebezpieczne i niepożądane, ponieważ występowały miejscowe przegrzania wywołujące reakcję dopalania. Dopalamie, które występowało we wcześniejszych sposobach, zwykle miało miejsce w fazie rozrzedzonej. Ponieważ gęstość katalizatora w fazie rozrzedzonej jest zwykle mniejsza niż $14,4 \text{ kg/m}^3$, ilość katalizatora w tym obszarze jest zbyt mała, by nastąpiło skuteczne odprowadzenie ciepła z tej części regeneratora. Gęstość katalizatora w gęstej fazie w strefie regeneracji, wynosi od około 32 kg/m^3 do około 240 kg (lub więcej) na m^3 . W fazie tej jest więc wystarczająca ilość katalizatora umożliwiającą odpowiednie odprowadzanie ciepła dopalania.

W celu zainicjowania dopalania w gęstej warstwie strefy regeneracji, niezbędne jest podniesienie temperatury tej warstwy do pewnej, granicznej temperatury, potrzebnej dla zainicjowania

reakcji. Graniczną temperaturę, pozwalającą na znaczne dopalamie w gęstej warstwie, jest zwykle temperatura około 649°C , a korzystnie powyżej 704°C . Korzystną temperaturą gęstej warstwy, przy której niezwłocznie rozpoczyna się dopalamie, jest zwykle temperatura powyżej 704°C , a korzystnie około 760°C . Oczywiście, przy istniejącym wyposażeniu, można żądać utrzymywania temperatury gęstej warstwy na poziomie niższym, na przykład 704°C dla zapobieżenia uszkodzeniom wyposażenia podczas ciągłego dopalania.

W celu osiągnięcia temperatury granicznej, niezbędne jest zmiana pewnych warunków prowadzenia procesu, dla podwyższenia temperatury gęstej warstwy i zainicjowanie dopalania.

Znaleziono sposoby podniesienia temperatury gęstej warstwy i wzmocnienia lub zainicjowania dopalania. Jeden ze sposobów polega na redukcji, przez odpędzanie zużytego katalizatora doprowadzanego do strefy regeneracji, co pozwala większości węglowodorów przejść do strefy regeneracji, gdzie następuje ich utlenienie, powodujące wzrost temperatury gęstej warstwy.

Stwierdzono, że do gęstej warstwy strefy regeneracji można doprowadzać olej opałowy i utleniać go tam, w celu podniesienia temperatury gęstej warstwy powyżej temperatury, niezbędnej dla wywołania dopalania. Stwierdzono również, że można podnosić temperaturę gęstej warstwy strefy regeneracji przez podniesienie temperatury podgrzania surowca. Pozwala to na znaczne podniesienie temperatury warstwy katalizatora.

Inną metodą podniesienia temperatury gęstej warstwy w strefie regeneracji, jest użycie w strefie reakcji surowca, posiadającego odpowiednio wysoką liczbę Conradsona zawartości węgla. Powyższe sposoby podnoszenia temperatury gęstej warstwy w strefie regeneracji, podają tylko kilka metod podnoszenia tej temperatury.

Katalizator, który może być użyty w procesach, w których zachodzi dopalamie i regeneracja, jest zwykle w postaci niewielkich, nadających się do fluidyzacji cząstek. Szczególnie, w procesach krakingu katalitycznego w fazie fluidalnej, katalizator może zawierać krystaliczne glinokrzemiany, a w procesach odwodornienia lub reformingu w fazie fluidalnej, katalizator może składać się z glinu lub krzemianu i glinu w stanie bezpostaciowym, nasyconym metalami wywołującymi korzystną reakcję. Orkeślenie „zużyty katalizator” odnosi się zwykle do katalizatorów przepuszczonych przez strefę reakcji i zawierających dostateczną ilość osadzonego na nim koksu, ażeby poddać go regeneracji, dla podniesienia jego aktywności. W określonych przypadkach, zawartość koksu na zużytym katalizatorze może wahać się od około 0,5% wagowych do 5% wagowych lub więcej. Zwykle zużyty katalizator zawiera od około 0,5% wagowych do około 1,5% wagowych koksu.

Katalizatorem zregenerowanym, nazywa się katalizator opuszczający strefę regeneracji, w której w wyniku zetknięcia z zawierającym tlen gazem, nastąpiło częściowe lub prawie całkowite usunięcie koksu z katalizatora. W pewnych wypadkach, katalizatorem zregenerowanym jest katalizator po-

siadający niższą zawartość koksu niż katalizator zużyty i posiadający wszędzie zawartość koksu mniejszą niż 1%. Korzystnie, jeśli zregenerowany katalizator zawiera, z grubsza mniej niż około 0,3% wagowych koksu.

Określenie „świeży gaz regeneracyjny”, odnosi się do gazu doprowadzanego do strefy regeneracji, w celu utleniania koksu osadzonego na katalizatorze, oraz tlenku węgla powstałego w wyniku utleniania koksu. Określenie to odnosi się szczególnie do zawierających tlen gazów, takich jak powietrze lub powietrze wzbogacone tlenem.

Określenie „zużyty gaz poregeneracyjny” odnosi się do gazu, który stykał się z gęstą warstwą katalizatora w strefie regeneracji i zawiera bardzo mało tlenku węgla lub nie zawiera go wcale. Określenie to odnosi się szczególnie do gazu opuszczającego strefę regeneracji i zawierającego azot, dwutlenek węgla, wodę i trochę wolnego tlenu. Korzystne jest jeśli gaz poregeneracyjny zawiera trochę tlenku węgla, zwykle kilka części na milion tlenku węgla w gazie spalinowym.

Określenie „wolny tlen” odnosi się do tlenu znajdującego się w zużytym gazie poregeneracyjnym. Korzystnie, jeśli zawartość wolnego tlenu w strumieniu gazu poregeneracyjnego jest większa niż około jedna-dziesiąta procentu objętościowego. Zwykle, ilość wolnego tlenu w gazie poregeneracyjnym wynosi w każdym miejscu od 0% objętościowych do około 20% objętościowych lub więcej. Korzystnie, jeśli zawartość wolnego tlenu waha się wszędzie, od około 1/2% objętościowego do około 5% objętościowych gazu poregeneracyjnego. Jeszcze korzystniej, jeśli zawartość ta waha się od około 1% objętościowego do 2% objętościowych gazu poregeneracyjnego. Przez utrzymywanie nadmiaru wolnego tlenu w gazie poregeneracyjnym możliwe jest ograniczenie dopalania, do gęstej warstwy w strefie regeneracji, oraz praktycznie nie wypuszczanie tlenku węgla do atmosfery.

Czujniki temperatury zawierają urządzenia mierzące temperaturę dokładnie i szybko. Szczególnie, mogą to być termometry, termopary, urządzenie optyczne lub jakiegokolwiek inne, znane w technice urządzenia. Czujniki temperatury można połączyć do przetwornika lub bezpośrednio do regulatora sprzężonego z elementem wykonawczym.

Czujniki temperatury można umieścić gdziekolwiek, w gęstej warstwie katalizatora. Korzystnie jest, umieścić je w pobliżu tego miejsca w gęstej warstwie, w którym pojawia się dopalanie. Średnia temperatura warstwy może być obliczona lub wyprowadzona z dwóch lub więcej czujników umieszczonych w różnych miejscach warstwy. Mierzone temperatury mogą być temperaturami maksymalnymi lub średnimi. Zależy to od tego, które dokładniej oddają przebieg dopalania w strefie regeneracji. Czujniki temperatury można również umieścić w fazie rozrzedzonej lub w rurociągu gazu spalinowego.

Regulatorami nazywamy urządzenia pozwalające regulować ilość świeżego gazu regeneracyjnego, doprowadzanego do strefy regeneracji. Typowe regulatory składają się z urządzenia mierzącego szybkość kompresora lub ciśnienie u jego wylotu.

Parametry te oddają szybkość dopływu świeżego gazu regeneracyjnego do strefy regeneracji. Korzystnie, jeśli regulator jest dość precyzyjny i pozwala na dokładne regulowanie ilości świeżego gazu doprowadzanego do strefy regeneracji, w zależności od sygnału wejściowego.

Regulatory temperatury powiązane są zwykle z czujnikami temperatury lecz można je połączyć z innymi czujnikami. Regulator ma jakąś zadaną temperaturę, zwykle temperaturę pomiędzy 649°C a 704°C lub wyższą. Jest to temperatura, którą regulator musi utrzymywać. Regulator otrzymuje sygnał wyjściowy z czujnika temperatury, i jeśli zachodzi tego potrzeba, wysyła sygnał do elementu wykonawczego, w celu zmiany szybkości dopływu świeżego gazu regeneracyjnego do strefy regeneracji. W ten sposób przez podtrzymywanie dopalania w gęstej warstwie, utrzymuje się temperaturę tej warstwy na pożądanym poziomie. Jeśli temperatura gęstej warstwy spada poniżej temperatury zadanej, do strefy regeneracji wpuszcza się dodatkową ilość gazu regeneracyjnego, który, powodując dodatkowe dopalanie, podnosi temperaturę gęstej warstwy.

W pewnych przypadkach, temperatura gęstej warstwy może spadać odpowiednio do nadmiaru gazu wpuszczonego do regeneratora. Nadmiar gazu chłodzi gęstą warstwę, powodując spadek temperatury. W tym przypadku należy zmniejszyć szybkość dopływu gazu. Najlepszym sposobem zabezpieczenia przed takimi przypadkami jest zainstalowanie dodatkowego układu, gdy występuje taki nadmiar gazu regeneracyjnego i odpowiednio wyrównującego szybkość dopływu gazu do regeneratora. Temperatury zadane wahają się, od temperatury około 649° do 704°C lub wyżej. Korzystne jest utrzymywać temperaturę gęstej warstwy w granicach od temperatury około 649°C do około 815°C.

Załączony rysunek przedstawia regenerator wraz z dodatkowymi urządzeniami do wykonywania sposobu według wynalazku. W strefie regeneracji 1 utrzymywana jest gęsta warstwa 3 katalizatora. Świeżo zregenerowany katalizator usuwa się z gęstej warstwy 3 strefy regeneracji 1, rurociągiem 4, którym można go przesłać dalej, do strefy reakcji. Strefa reakcji składa się z pojedynczych lub wielokrotnych pionowych układów reakcji z gęstą warstwą katalizatora lub z katalizatorem w układzie cyklonu. Zawór 5 umieszczony na rurociągu 4, wykorzystywany jest do regulowania ilości świeżo zregenerowanego katalizatora odprowadzonego ze strefy regeneracji 1 i doprowadzonego do strefy reakcji.

Zużyty katalizator doprowadza się do strefy regeneracji 1 rurociągiem 9. Katalizator ten pochodzi ze strefy reakcji i zawiera zwykle wielkie ilości koksu. Rurociągiem 14 połączonym z rurociągiem 9, doprowadza się strumień gazu strippingowego, składającego się z pary wodnej lub lekkich substancji gazowych, który usuwa zaadsorbowane na katalizatorze węglowodory przed wpuszczeniem katalizatora do strefy regeneracji.

Użycie strumienia gazów strippingowych zapobiega stratom wydajności i może zapobiegać powstawaniu wysokich temperatur w strefie regene-

racji, spowodowanych utlenianiem nieodpędzonych węglowodorów. Świeży gaz regeneracyjny doprowadza się rurociągiem 6 do dolnej części strefy regeneracji 1. Gaz regeneracyjny po przejściu przez sito 8, styka się z katalizatorem, zawierającym osadzony na nim węgiel, który utlenia się do tlenku węgla i CO_2 . Trochę koksu utlenia się również do wody. W gęstej warstwie 3 zachodzi proces nazywany zwykle dopalaniem, który w tym wypadku ogranicza się w zasadzie do obszaru zwanego gęstą warstwą. Do strefy regeneracji doprowadza się rurociągiem 6 nadmiar tlenu potrzebnego do przeprowadzenia dopalania.

Gaz poregeneracyjny lub jak to się zwykle nazywa w chemii, gaz spalinowy, wychodzi ze strefy regeneracji 1 rurociągiem 10, z szybkością regulowaną zaworem 11. Zaworu tego można również używać do utrzymywania zadanego ciśnienia w regeneratorze. Zawór 11 połączony jest z czujnikiem ciśnienia, umieszczonym na głównej kolumnie do krakingu katalitycznego w warstwie fluidalnej. Cyklon 12 umieszczony w strefie regeneracji 1, pozwala na oddzielenie katalizatora zawartego w rozrzedzonej fazie 2, od gazu poregeneracyjnego. Mieszanina rozrzedzona fazy 2, w przestrzeni 2, dostaje się do wlotu cyklona 12, gdzie następuje oddzielenie katalizatora od gazów spalinowych. Gazy spalinowe wychodzą ze strefy 1 rurociągiem 10, a oddzielony w cyklonie katalizator, rurką 13, spada do gęstej warstwy 3.

Regulator 7 umieszczony na rurociągu 6 doprowadzającym świeży gaz do regeneracji i regulujący ilość doprowadzanego gazu, działa pod wpływem sygnału wysyłanego z czujnika temperatury 15. Regulatorem 7 może być jakiegokolwiek urządzenie przy pomocy którego można regulować, w zależności od sygnału wejściowego, ilość doprowadzanego gazu. W pewnych wypadkach, regulatorem może być kompresor tłoczący gaz rurociągiem 6 z pożądaną szybkością.

Kompresor lub dmuchawa mogą, zmieniając szybkość lub obniżając ciśnienie, zmieniać szybkość przepływu gazu do regeneracji, w rurociągu 6, w zależności od pomiaru temperatury w gęstej warstwie lub w jakimkolwiek innym miejscu strefy regeneracji. Inne układy regulacji składają się z zaworów do regulacji przepływu, w rurociągu, gazu do regeneracji lub, z połączonych pętli regulacji przepływu, obejmujących kryzę połączoną z regulatorem i zaworem regulacyjnym, w sposób umożliwiający regulację dopływu świeżego gazu regeneracyjnego, poprzez rurociąg, do strefy regeneracji.

Jako czujników temperatury 15, używa się termopary umieszczonej w odpowiedniej części gęstej warstwy 3 w strefie regeneracji 1. Typowym czujnikiem temperatury 15 jest termopara, lecz można użyć jakiegokolwiek innego urządzenia, dającego dokładny i szybki pomiar temperatury w gęstej warstwie katalizatora. Czujnik temperatury 15 można połączyć z przetwornikiem 16, przetwarzającym elektryczne impulsy wytwarzane przez termoparę 15 ma impulsy elektryczne przesyłane do regulatora 17.

Regulator temperatury 17 jest typowym regula-

torem elektronicznym, porównującym temperaturę zmierzoną czujnikiem 15 z temperaturą zadaną i przesyłającym sygnał wyjściowy przewodem 19 do członu wykonawczego 7, zmieniającego ilość świeżego gazu regeneracyjnego, w zakresie niezbędnym dla utrzymania temperatury na zadanym poziomie, w gęstej warstwie katalizatora. Przewód 18 przedstawia temperaturę zadaną w regulatorze temperatury 17.

Temperatura zadana w regulatorze może mieć jakąkolwiek wartość z podanego poprzednio zakresu temperatur.

W pewnych przypadkach czujnik temperatury 15 można bezpośrednio połączyć z regulatorem 17. Wówczas, regulator temperatury 17 powinien zawierać odpowiednie urządzenie elektroniczne do przetwarzania sygnału elektrycznego z czujnika lub jakiegokolwiek innego sygnału z czujników temperatury, w odpowiedni sygnał elektroniczny, który porównuje się z temperaturą zadaną, w celu ewentualnej zmiany szybkości podawania świeżego gazu regeneracyjnego do strefy regeneracji.

Stwierdzono, że obwód elektroniczny zaworu regulacyjnego 7, regulatora temperatury 17 i przetwornika 16, można połączyć w jedną całość, w konstrukcję pozwalającą na przeprowadzenie wyżej podanych czynności. Stwierdzono również, że można wykorzystać sygnał alarmowy w przypadku, gdy temperatura gęstej warstwy katalizatora spada poniżej zadanej temperatury minimalnej lub przekracza zadaną temperaturę maksymalną.

Układ alarmowy można połączyć z regulatorem 7 w celu zabezpieczenia przed podaniem zbyt wielkiej ilości świeżego gazu regeneracyjnego do strefy regeneracji.

Poniższe przykłady ilustrują sposób według wynalazku bez ograniczania jego zakresu.

Przykład I. W przykładzie tym prowadzi się regenerację przy temperaturze gęstej warstwy około 732°C . W regeneratorze utrzymuje się ciśnienie $28,12 \text{ kG/cm}^2$. Przez regenerator przepuszcza się około $944320 \text{ km}^3/\text{m}$ zużytego katalizatora, a powietrze dodaje się w takiej ilości aby wagowy stosunek powietrza do węgla wynosił około 14,60.

Szybkość powietrza doprowadzanego do regeneratora reguluje się przez utrzymywanie w gazie spalinowym około 1—2% objętościowych wolnego tlenu. Dopalenie jest całkowite i ograniczone do gęstej warstwy katalizatora w regeneratorze. W warstwie tej szybkość gazu wynosi około $85,34 \text{ cm/sekundę}$.

Dzięki regulacji dopalania w gęstej warstwie w regeneratorze, można podnieść temperaturę reaktora do 538°C , co zwiększa rozmiary konwersji i jakość produkowanej gazoliny oraz lżejszych związków.

Przykład II. Doświadczenie to prowadzi się w instalacji przemysłowej krakingu katalitycznego w fazie fluidalnej, w warunkach dopalania w gęstej warstwie w strefie regeneracji.

Reguluje się szybkość doprowadzanego powietrza, utrzymując nadmiar tlenu w gazie spalinowym.

Uzyskuje się następujące dane:

Temperatura reaktora	494°C
Temperatura surowca	266°C
Temperatura rozrzedzonej fazy regeneratora	749°C
Temperatura gęstej warstwy regeneratora	770°C
Niektóre składniki	objętościowe
gazu spalinowego	%
CO ₂	15,5
CO	0,6
CO ₂	1,5

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób regeneracji katalizatora usuwanego ze strefy reakcyjnej procesu fluidalnego krakingu katalitycznego, w którym zużyty katalizator zawierający osadzony koks wprowadza się w sposób ciągły do gęstej warstwy złoża fluidalnego znajdującego się w dolnej części komory regeneracyjnej, do której wprowadza się od dołu gaz zawierający tlen i przepuszcza go utrzymując gęstą warstwę złoża w stanie sfluidyzowanym, przy czym osadzony

koks utlenia się z wytworzeniem dwutlenku węgla i tlenku węgla, wytworzony gaz spalinowy przechodzi do góry z gęstej warstwy przez rzadką warstwę w górnej części komory i następnie jest usuwany, zregenerowany katalizator w sposób ciągły usuwa się z gęstej warstwy i z komory regeneracyjnej i zawraca do strefy reakcji krakowania, **znamienny tym**, że temperaturę gęstej warstwy złoża fluidalnego podnosi się do 649°C przez co inicjuje się dopalanie — spalanie CO do CO₂, a następnie przy stałym mierzeniu temperatury gęstej warstwy złoża reguluje się dostarczanie gazu zawierającego tlen do komory regeneracji tak, aby utrzymać temperaturę gęstej warstwy złoża na poziomie powyżej 649°C, w której zachodzi zasadniczo całkowite spalanie CO do CO₂.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że temperaturę gęstej warstwy złoża utrzymuje się na poziomie 649—815°C.

3. Sposób według zastrz. 1 albo 2 **znamienny tym**, że temperaturę gęstej warstwy złoża utrzymuje się powyżej 704°C.

