



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 79 12 17 (P. 220 476)

Pierwszeństwo: 78 12 18 Holandia

Zgłoszenie ogłoszono: 80 09 08

Opis patentowy opublikowano: 1985 12 23

Int. Cl¹

C10F 5/00

C10L 9/08

CZYTELNIA

Urzędu Patentowego
Polskiej

Twórca wynalazku: _____

Uprawniony z patentu: Shell Internationale Research Maatschappij B. V.,
Haga (Holandia)

Sposób wzbogacania niskouwęglonego węgla

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób wzbogacania niskouwęglonego węgla. W niniejszym opisie i zastrzeżeniach termin „Węgiel niskouwęglony” oznacza węgiel brunatny oraz inne substancje węglowe takie jak torf, lignit, drewno lub odpady węglowe.

Węgiel niskouwęglony może zawierać do 90% wagowych wody, jednak zwykle zawiera wodę w ilości od 40 do 70%. Woda może występować w różnych postaciach, na przykład związana chemicznie, w formie żelu lub w postaci wody zaadsorbowanej.

Ze względu na efektywność transportu pożądane jest usunięcie z węgla większości zawartej w nim wody. Zabieg ten podnosi również wartość opałową węgla oraz poprawia jego właściwości spalania.

Wodę można usuwać z węgla albo częściowo, na drodze suszenia w podwyższonej temperaturze, albo całkowicie, na drodze obróbki termicznej.

Woda usunięta na drodze suszenia w podwyższonej temperaturze zostaje zwykle po pewnym czasie ponownie zaadsorbowana, natomiast woda usunięta na drodze obróbki termicznej nie powraca z powrotem do węgla z uwagi na dokonane w nim, w trakcie tej obróbki, zmiany chemiczne.

Obróbkę termiczną węgla można podzielić na dwa odrębne etapy: odwodnianie i dekarboksylację, tj. usuwanie grup zawierających atomy tlenu. Odwodnianie prowadzi się zwykle w temperaturze około 200°C, powodując w wyniku usunięcie

2

znacznej części związanej wody. W tym przypadku po oddzieleniu wody od węgla nie pojawia się tendencja do ponownego absorbowania wody.

Dekarboksylację prowadzi się w temperaturze nieco wyższej, zwykle w temperaturze około 300°C, uzyskując w wyniku dalsze zmiany strukturalne węgla. Poddany takiej obróbce węgiel staje się wyraźnie hydrofobowy, co wynika z usunięcia bogatych w tlen grup polarnych, odpowiedzialnych za hydrofilowe właściwości węgla.

W przypadku niektórych gatunków węgla można stosować z powodzeniem suszenie w podwyższonej temperaturze, jednakże w przypadku węgla o dużej zawartości wody metoda ta jest mniej skuteczna, z uwagi na konieczność doliczenia utraconego ciepła parowania wody. A ponieważ w procesie takim nie zachodzą praktycznie żadne zmiany strukturalne węgla, więc uzyskany wysuszony produkt pozostaje hydrofilowy i jeśli nie zastosuje się specjalnych środków ostrożności będzie ponownie adsorbował wodę z otoczenia. Ponadto, wartość opałowa tak wysuszonego węgla nie będzie dostatecznie wysoka by pozwoliła na uzyskanie ceny, która mogłaby pokryć koszt transportu węgla na większą odległość.

Zgodnie ze sposobem opisanym w opisie patentowym W. Brytanii nr 1471049 wodną zawiesinę drobno sproszkowanego węgla ogrzewa się pod zwiększonym ciśnieniem do temperatury powyżej 150°C w celu odwodnienia zawartego w niej wę-

gła. Aby zapobiec odparowywaniu wody ciśnienie [procesu utrzymuje się powyżej ciśnienia pary wodnej w tej temperaturze. Najskuteczniejsze wzbogacanie węgla zachodzi w stosunkowo wysokich temperaturach, wymaga to jednak prowadzenia procesu pod bardzo wysokim ciśnieniem, jeśli woda ma pozostać w fazie ciekłej. Jednakże, z uwagi na duże ilości poddawanej obróbce węgla bardzo wysoki byłby koszt niezbędnych do tego celu reaktorów ciśnieniowych. Sposób według wynalazku pozwala uniknąć tych mankamentów.

Według wynalazku, sposób wzbogacania niskouwęglonego węgla polega na tym, że w pierwszym etapie węgiel ogrzewa się w obecności wody do temperatury w granicach 150–300°C i pod ciśnieniem co najmniej równym ciśnieniu pary wodnej w temperaturze procesu, a następnie, w drugim etapie, po oddzieleniu węgla od przynajmniej części ciekłej fazy wodnej, obecnej po pierwszym etapie procesu, ogrzewa się węgiel do temperatury powyżej 300°C, a korzystnie poniżej 400°C, pod ciśnieniem niższym od ciśnienia pary wodnej w temperaturze 300°C.

Istotną korzyścią tak prowadzonego procesu jest fakt, że znaczną część wody zawartej w węglu usuwa się w pierwszym etapie bez potrzeby jej odparowywania, co pozwala na uzyskanie znacznej dekarboksylacji i przetworzenia węgla w etapie drugim, który można prowadzić w wyższej temperaturze, unikając kłopotów związanych z potrzebą utrzymania ciśnienia dostatecznie wysokiego, by nie następowało odparowanie wody w temperaturze stosowanej w drugim etapie.

W większości przypadków nie uważa się za korzystne przekraczanie temperatury 400°C z uwagi na to, że powyżej tej temperatury może rozpocząć się zgazowywanie węgla. Jednak w szczególnym przypadku procesu prowadzonego sposobem według wynalazku, kiedy ze względów ekonomicznych może być korzystne przekroczenie tej temperatury, nie ma do tego żadnych technicznych przeciwwskazań.

Podczas obróbki wydziela się często z węgla znaczna ilość lekkich smół. Jest to wartościowy produkt, który może być wydzielany z wody lub korzystnie estrahowany z węgla za pomocą rozpuszczalnika np. toluenu.

Przewodnictwo cieplne węgla brunatnego jest bardzo słabe. W celu zwiększenia przenikania ciepła do węgla w pierwszym etapie i ułatwienia jego odwodnienia można do węgla dodać wody. Węgiel można wprowadzać do procesu w postaci drobno sproszkowanej, często w postaci nadającej się do pompowania papki, co ułatwia manipulowanie nim i sprzężanie.

Na zakończenie pierwszego etapu procesu węgiel można po prostu odsączyć lub pozbyć się wody w inny typowy sposób, np. na drodze odwirowywania lub aglomeracji rozdrobnionego węgla.

W drugim etapie węgiel korzystnie ogrzewa się bezpośrednio parą wodną, a jeszcze lepiej przegrzaną parą wodną o temperaturze w granicach 500–540°C.

Ciśnienie zastosowane w pierwszym etapie powinno być takie, by wystarczyło do utrzymania

wody w fazie ciekłej. W obu etapach korzystnie jest stosować ciśnienie w granicach 30–45 X10⁵ Pa, przy czym wygodnie jest stosować takie samo ciśnienie w pierwszym i drugim etapie procesu. W pierwszym etapie węgiel podgrzewa się korzystnie do temperatury w granicach 180–260°C, przy czym optymalny zakres temperatur wynosi 200–230°C, natomiast w drugim etapie stosuje się temperatury z zakresu 300–340°C.

Odwodnienie prowadzone w pierwszym etapie zachodzi stosunkowo szybko, tak że nie trzeba stosować praktycznie żadnego dodatkowego czasu przebywania w strefie reakcji, gdyż do odwodnienia węgla wystarcza czas niezbędny do ogrzania węgla do temperatury odwodnienia. Natomiast proces dekarboksylacji prowadzony w drugim etapie trwa nieco dłużej, więc w zależności od zastosowanej temperatury oraz pożądanego stopnia przereagowania węgiel może pozostać w strefie reakcji do 5 godzin, zwykle jednak pozostawia się go w niej w ciągu 5–30 minut. Należy zauważyć, że optymalny czas przebywania ustala się zwykle na podstawie analizy kosztów całego procesu, przy uwzględnieniu rodzaju węgla, wartości dodanej i podatności węgla na ten rodzaj obróbki.

Sposób według wynalazku można stosować korzystnie nawet do węgla w dużych kęsach o wymiarach ziarn dochodzących na przykład do 150 mm. Częstki rzędu 5 mm łatwiejsze są do obróbki w przypadku, gdy węgiel wprowadza się w postaci szlamu. Natomiast mniejsze cząstki węgla trudno oddzielić od fazy wodnej po zakończeniu pierwszego etapu procesu.

Wynalazek można zrealizować stosując urządzenie składające się z pierwszego reaktora dostosowanego do zasilania węglem niskouwęglonym i wodą oraz podgrzewania wsadu do temperatury w granicach 150–300°C pod ciśnieniem wyższym od ciśnienia pary wodnej w temperaturze procesu, elementów do oddzielania ciekłej fazy wodnej od węgla, i drugiego reaktora dostosowanego do zasilania węglem z pierwszego reaktora i podgrzania go do temperatury powyżej 300°C pod ciśnieniem niższym od ciśnienia pary wodnej w temperaturze 300°C.

Pierwszy reaktor może być korzystnie wyposażony w układ zasilania przystosowany do wprowadzania węgla i wody do pierwszego etapu obróbki. W przypadku gdy surowiec zawiera dostateczną ilość wody, do podawania go do reaktora można stosować pompę.

W celu jak największego obniżenia potrzeb energetycznych procesu jako wodę wprowadzaną w pierwszym etapie stosuje się wodę wyekstrahowaną z pierwszego reaktora. Podobnie ciepło potrzebne do pierwszego etapu reakcji może być dostarczane z parą wodną wyprowadzaną z drugiego reaktora.

W jednym z korzystnych zastosowań sposobu według wynalazku reaktory umieszcza się jeden nad drugim, a mianowicie pierwszy nad drugim, tak by po wyrównaniu ciśnienia w obu reaktorach produkt z pierwszego przesuwiał się pod własnym ciężarem do drugiego reaktora.

W innym zastosowaniu sposobu według wynalaz-

ku wsad z pierwszego reaktora przenosi się, po odciągnięciu wody, do reaktora drugiego za pomocą urządzenia mechanicznego, takiego jak przenośnik śrubowy. Ma to tę zaletę, że węgiel z pierwszego do drugiego reaktora można przesyłać praktycznie systemem ciągłym.

Alternatywne urządzenie do prowadzenia procesu sposobem według wynalazku składa się z co najmniej jednego reaktora, przy czym każdy z takich reaktorów przystosowany jest do prowadzenia obu etapów sposobu według wynalazku. W najprostszej postaci każdy z reaktorów dostosowany jest do zasilania węglem niskowęglonym oraz wodą i podgrzewania takiego wsadu do temperatury w granicach 150—300°C pod ciśnieniem wyższym od ciśnienia pary wodnej w temperaturze procesu. Reaktory zaopatrzone są w elementy do oddzielania wody w stanie ciekłym od węgla (lub odwrotnie) po zakończeniu pierwszego etapu procesu, po czym węgiel można podgrzać w reaktorze do temperatury powyżej 300°C pod ciśnieniem niższym od ciśnienia pary wodnej w temperaturze 300°C. Ze względów ekonomicznych, wokół centralnego układu zasilania węglem można umieścić wiele reaktorów połączonych w taki sposób, by umożliwić przepływ wody i/lub pary wodnej z reaktora o wyższej temperaturze do reaktora o niższej temperaturze. Proces może być prowadzony okresowo, przy czym wsad pozostaje w każdym z poszczególnych reaktorów w ciągu całego czasu trwania procesu, a np. para wodna z reaktora, w którym prowadzony jest drugi etap procesu, przepływa do reaktora, w którym trwa etap pierwszy, natomiast woda z pierwszego etapu będzie użyta do wstępnego podgrzania świeżego, nieprzerobionego węgla w innym reaktorze.

Można również proces ten prowadzić systemem ciągłym w pojedynczym reaktorze. Wówczas stosowany reaktor może obejmować dwie strefy reakcji: strefę pierwszą, w której prowadzi się pierwszy etap procesu i strefę drugą do prowadzenia etapu drugiego, oraz może zawierać urządzenie mechaniczne do przesuwania węgla wzdłuż reaktora ze strefy pierwszej do drugiej. Reaktor może być korzystnie pochylony, tak by woda miała tendencję do pozostawania w strefie niższej, która w efekcie będzie strefą niższej temperatury. Natomiast parę wodną o wysokiej temperaturze, wprowadzaną do strefy wyższej, kieruje się następnie do strefy niższej w przeciwnym kierunku z węglem, dzięki czemu temperatura węgla wzrasta wzdłuż reaktora od dołu do góry.

W ten sposób uzyskuje się optymalne wykorzystanie doprowadzanej energii, gdyż para wodna jest najbliższa punktowi kondensacji w momencie, gdy osiąga dolną granicę pierwszej strefy reakcji, natomiast woda odparowana z węgla w wyższej części reaktora ponownie kondensuje przepływając w dół, wobec czego utajone ciepło parowania nie zostaje stracone.

Jako urządzenia mechaniczne można w tym przypadku zastosować przenośnik wyposażony w sito, czerpak lub łapy, które poruszają się systemem ciągłym lub okresowym, albo przesuwają się szybko lub wolno. W korzystnym zastosowaniu sposobu

według wynalazku przenośnik zaopatrzony jest w większą ilość składanych czerpaków, łap lub wideł osadzonych na napędzanym elemencie centralnym, które podczas surwu do góry zagarniają węgiel i podnoszą go, za pomocą elementu a z poziomu A na nowy poziom B. Podczas ruchu powrotnego elementy składane przenośnika składają się w kierunku elementu napędzanego, a element a powraca do swej pierwotnej pozycji A, pozostawiając węgiel na poziomie B. Z poziomu B węgiel przenoszony jest za pomocą elementu b na wyższy poziom itd. Taki przenośnik wstrząsowy posiada tę zaletę, że przesuwając węgiel wolno przez reaktor zapewniając jego łagodne mieszanie bez rozdrabniania. Urządzenie może być napędzane hydraulicznie, co nie wymaga stosowania żadnych skomplikowanych uszczelnień pomiędzy przestrzenią wewnętrzną i zewnętrzną reaktora z uwagi na utrzymywane w reaktorze ciśnienie. Można tu również zastosować przenośnik śrubowy.

Reaktor może mieć postać pochylonego, stalowego pojemnika rurowego wyposażonego ewentualnie w izolację cieplną, lub może stanowić pojemnik ze zbrojonego betonu o dowolnym przekroju poprzecznym, który nie musi być jednakowy na całej długości reaktora. Reaktor o takim kształcie nie tylko pozwala na lepsze umieszczenie przenośnika, lecz również ułatwia odprowadzanie wody z węgla.

Węgiel wychodzący z drugiej strefy reakcji można bez kłopotu odprowadzać za pomocą ekstrudera i w razie potrzeby zbrylać lub pozostawiać w kęsach zlepionych głównie własną smołą.

W przypadku, gdy obróbka wzbogacająca jest dość głęboka, z węgla uwalniają się wartościowe produkty smoliste, które można usuwać wraz z wodą, a następnie oddzielać w typowy sposób, lub ekstrahować z przerobionego węgla rozpuszczalnikiem.

Sposób według wynalazku opisany zostanie dalej na przykładzie załączonych rysunków, (Fig. 1—4).

Fig. 1 przedstawia schemat blokowy procesu prowadzonego sposobem według wynalazku. Fig. 2 przedstawia schemat urządzenia służącego do prowadzenia procesu przedstawionego na fig. 1 systemem okresowym. Fig. 3 przedstawia schemat urządzenia służącego do prowadzenia procesu przedstawionego na fig. 1 systemem półciągłym. Fig. 4 przedstawia schemat urządzenia służącego do prowadzenia procesu przedstawionego na fig. 1 systemem ciągłym.

Zgodnie ze schematem przedstawionym na fig. 1 mieszaninę zawierającą węgiel niskowęglony i 40—50% wagowych wody wprowadza się rurociągiem 10 do pierwszej strefy reakcji 12, gdzie mieszaninę ogrzewa się pod ciśnieniem 30—45 X 10⁵ Pa do temperatury w granicach 200—250°C. W podanych warunkach ciśnienie całkowite wyższe jest od ciśnienia pary wodnej w tej temperaturze, wobec czego woda pozostaje w fazie ciekłej, a do układu nie trzeba dostarczać ciepła potrzebnego na pokrycie utajonego ciepła parowania. Po upływie pożądanego czasu przebywania, zależnego od charakterystyki i wieku węgla oraz temperatury procesu, węgiel wyprowadza się z pierwszej strefy 12 i rurociągiem 14 przesyła do drugiej strefy 16. Na tym

etapie procesu węgiel jest już częściowo wzbogacony oraz pozbawiony trzech czwartych początkowej ilości wody. Ponieważ węgiel taki jest mniej hydrofilowy, można przesłać go do drugiej strefy 16 z niewielkim nadmiarem wody.

Ciepłota w strefie 16 jest praktycznie takie samo jak w pierwszej strefie, natomiast temperatura jest wyższa, w granicach 320–350°C. W tej temperaturze i pod tym ciśnieniem woda znajduje się w fazie parowej, tak więc w drugiej strefie procesu reszta wody powierzchniowej zawartej w węglu odparowuje; odparowuje również uwolniona woda związana chemicznie. Grupy polarne zawierające tlen przechodzą głównie w CO₂.

Ciepło dostarcza do drugiej strefy procesu przegrzana para wodna o temperaturze 500–540°C doprowadzana rurociągiem 18. Następnie parę wodną kieruje się rurociągiem 20 do pierwszej strefy 12.

Po opuszczeniu drugiej strefy przerobiony węgiel przesyła się rurociągiem 22 do aparatu 24, gdzie następuje redukcja ciśnienia i oddzielenie gazów i resztek pary wodnej, które odprowadza się rurociągiem 26. Odprowadzane gazy zawierają zwykle parę wodną, trochę H₂S, śladowe ilości innych gazów takich jak lekkie węglowodory oraz znaczną ilość CO₂ wytworzonego w drugiej strefie procesu w wyniku zachodzącej tam reakcji dekarboksylacji. Pewną ilość gazów odprowadza się również ze strefy pierwszej rurociągiem 28. W przypadku, gdy gazy te są dostatecznie bogate w węglowodory, można ich użyć częściowo lub w całości do dostarczania ciepła niezbędnego do prowadzenia procesu, które jest procesem słabo endotermicznym.

Wodę usuwa się z pierwszej strefy rurociągiem 30 w takiej ilości, by utrzymać stosunek ilościowy wody do węgla w pożądanym zakresie, zwykle zbliżonym do 1:1. Jak stwierdzono, woda jest niezbędna nie tylko do przeprowadzenia procesu wzbogacania, lecz również do zapewnienia skutecznego i wydajnego sposobu przenoszenia ciepła do węgla. Wodę tę o temperaturze 200–250°C można zawracać rurociągiem 32 do rurociągu 10, w celu utworzenia szlamu z przygotowanym do obróbki węglem, ewentualnie można wykorzystać jej ciepło do podgrzania, znajdującego się pod zwiększonym ciśnieniem, strumienia surowca w rurociągu 10 (szczegół nie pokazany na rysunku). Ścieki wodne wypuszczane rurociągiem 34 wymagają dodatkowej obróbki przed usunięciem do środowiska naturalnego. Obróbka taka ma na celu usunięcie zanieczyszczeń takich jak substancje mineralne, rozpuszczone związki siarki itp., oraz ewentualne obniżenie temperatury.

Na rysunku fig. 2 węgiel przepuszcza się kolejno przez cztery pojemniki 36, 12, 16 i 24 w celu przeprowadzenia procesu sposobem według wynalazku.

Zmierzoną ilość ziarna węgla o wymiarach głównie z zakresu 20–150 mm dostarcza się za pomocą przenośnika 40 do górnego lejka samowyladowczego 36, do którego również doprowadza się rurociągiem 42 wodę w celu zwiększenia zawartości wody niezwiązanej w mieszaninie do 60% wagowych, tj. obniżenia zawartości węgla w mieszaninie do 40% wagowych.

Po opróżnieniu pierwszego reaktora 12 cały wsad przygotowany w leju samowyladowczym 36 wprowadza się do reaktora 12 przelotem 44, zamykanym, po zapełnieniu reaktora, zaworem 46. Przegrzaną parę wodną o temperaturze 315–350°C i ciśnieniu 35 X 10⁵ Pa doprowadza się do reaktora rurociągiem 48 i tak długo przedmuchiwa nia wsad, aż jego temperatura osiągnie wartość 230°C pod ciśnieniem 45 X 10⁵ Pa. Gazy oraz nieskroploną parę wodną usuwa się z reaktora rurociągiem 28.

Woda wyciekająca z reaktora rurociągiem 50 zwracana jest częściowo do zmieszania z nowym wsadem w leju samowyladowczym 36, a częściowo usuwana jako ściek rurociągiem 38 i następnie poddawana odpowiedniemu oczyszczaniu i wymianie ciepła. Z typowej próbki węgla brunatnego Victorian, przygotowanej w postaci wsadu zawierającego 40 kg węgla i 60 kg wody, usuwa się w wyniku obróbki w reaktorze 12, 40 kg wody.

Pozostałe 60 kg wilgotnego węgla kieruje się do drugiego reaktora 16 przelotem 52 łączącym oba reaktory. Po załadowaniu drugiego reaktora zamyka się zawór 53 i rozpoczyna przedmuchiwanie wsadu przegrzaną parą wodną o temperaturze 540°C i ciśnieniu 45 X 10⁵ Pa, doprowadzaną rurociągiem 54. Przedmuchiwanie kontynuuje się aż do uzyskania przez węgiel temperatury 340°C. Nieco chłodniejsza, lecz ciągle przegrzana para wodna opuszcza drugi reaktor 16 rurociągiem 48, który doprowadza ją, jak wspomniano powyżej, do pierwszego reaktora 12.

W chwili, gdy wsad znajdujący się w drugim reaktorze 16 osiągnie pożądaną temperaturę przerywa się dopływ pary wodnej, a zawartość reaktora wyladowuje się przelotem 56 do niższego lejka samowyladowczego 24. Po całkowitym rozładowaniu reaktora zamyka się zaworem 57 przelot 56, a otwiera zawór 58 na rurociągu odpowietrzającym 60, zmniejszając ciśnienie w leju 24.

W podanych wyżej warunkach około 96% wag. wytworzonego gazu stanowi zwykle CO₂. Ponadto gaz zawiera śladowe ilości H₂S i lekkie węglowodory.

Po odgazowaniu i schłodzeniu, ziarna przerobionego węgla dozuje się z lejka samowyladowczego na przenośnik 62.

Proces periodycznie prowadzony w opisany wyżej sposób ma tę zaletę, że jest bardzo elastyczny, dzięki czemu różne rodzaje węgla można przerabiać w optymalnych warunkach temperatury i czasu przebywania. Inną zaletą takiego procesu jest stosunkowo prosta aparatura.

Instalacja przedstawiona na fig. 3 jest zmodyfikowaną wersją instalacji z rysunku fig. 2, a jej zaletą jest przystosowanie do prowadzenia procesu systemem półciągłym.

Pierwszy reaktor 12 zasilany jest pod ciśnieniem, poprzez rurociąg 64, szlamem ziarna węgla o wymiarach około 5 mm w wodzie. Surowiec ten ma podwyższoną temperaturę z uwagi na to, że do przygotowania szlamu użyto gorącej wody pochodzącej z procesu, którą doprowadzono do zbiornika szlamu 68 rurociągiem 66. Tak jak poprzednio, do podgrzania szlamu do temperatury 220°C pod ciśnieniem 30–35 X 10⁵ Pa używa się pary wodnej o tempera-

turze 315–350°C. Ziarna węgla wolno przesuwają się w dół reaktora, podczas gdy woda odsączana jest przez sito 70. Na koniec ziarna węgla dostają się do przenośnika śrubowego 72, który przesuwa je do drugiego reaktora 16.

Wodę odprowadza się z dna pierwszego reaktora rurociągiem 74, przy czym część wody kieruje się, jak uprzednio, rurociągiem 66 do przygotowywania szlamu. Pozostała część usuwa się rurociągiem 76 i po oczyszczeniu i wymianie ciepła wypuszcza jako ściek. Zużyta parę wodną wychodzącą z pierwszego reaktora 12 rurociągiem 28 można wykorzystać do podgrzania wody lub szlamu.

Drugi reaktor 16, mniejszy niż pierwszy, zaopatrzony jest we wlot 80, którym doprowadza się przegrzaną parę wodną o temperaturze 540°C i ciśnieniu 40 X10⁵ Pa, w celu przedmuchania częściowo odwodnionych ziarn węgla. Część pozostałej ilości wody odparowuje i przechodzi wraz z parą wodną rurociągiem 82 do pierwszego reaktora, gdzie wykrapla się ponownie w panujących tam warunkach, dzięki czemu nie zostaje stracone utajone ciepło parowania.

Zawartość drugiego reaktora 16 wypuszcza się okresowo zamykanym przelotem 56 do leja samowyladowczego 24. Ciśnienie w leju 24 redukuje się wypuszczając wydzielony z węgla gaz rurociągiem 60. Następnie węgiel wyladowuje się wylotem 84 z leja samowyladowczego 84 na przenośnik 62.

Gdy wzbogacony węgiel stosuje się bezpośrednio do zgazowywania lub brykietowania, albo poddaje się go dalszej obróbce, wylot z leja samowyladowczego można odpowiednio zmodyfikować w celu wykorzystania ciepła i/lub ciśnienia wsadu.

Instalacja przedstawiona na fig. 4 dostosowana jest do pracy systemem ciągłym i nadaje się do przerobu dużych ilości węgla. Tak jak w przypadku instalacji pokazanej na fig. 2, urządzenie składa się z zasadzie z pojemnika surowca 36, reaktora 88 podzielonego na pierwszą strefę reakcji 12, w której prowadzi się odwadnianie, i drugą strefę reakcji 16, w której prowadzi się dekarboksylację, oraz zbiornika wyladowczego 24.

Po załadowaniu pojemnika surowca 36 węglem i dodaniu rurociągami 42 i 86 wody, mieszanie kieruje się do pierwszej strefy reakcji 12 reaktora 88.

Reaktor 88 stanowi wydłużony, cylindryczny zbiornik, w którym dwie strefy reakcji 12 i 16 o różnych średnicach połączone są częścią stożkową 92, przy czym pierwsza strefa reakcji 12 ma średnicę większą niż strefa druga. Oś reaktora 88 wznosi się ukośnie od strefy 12 do strefy 16, zwykle pod kątem od 5 do 15°; w przypadku instalacji przedstawionej na fig. 4 kąt ten wynosi około 12,5°. Gdy instalacja znajduje się w ruchu, węgiel przemieszczany jest wzdłuż reaktora 88 za pomocą przenośnika śrubowego 94 napędzanego umieszczonym na zewnątrz silnikiem 96.

W pierwszej strefie reakcji 12 oprócz węgla znajduje się również woda o temperaturze 240°C i pod ciśnieniem 45 X10⁵ Pa, tj. takim, jakie utrzymywane jest w reaktorze. Węgiel z pojemnika 36 doprowadzany jest do reaktora rurociągiem 64, a następnie przesuwany wolno przenośnikiem 94 do drugiej strefy reakcji 16 poprzez część stożkową 92.

Woda pozostaje głównie w pierwszej strefie reakcji. Nadmiar jej zbierany jest w zbiorniku ściekowym 98, skąd odprowadza się ją rurociągiem 100 do zbiornika osadowego 108.

W osadniku 108 wodę oddziela się od pochodzącej z węgla lekkiej smoly, którą usuwa się rurociągiem 101. Wodę odprowadza się rurociągiem 114, przy czym można ją, jak wspomniano wyżej, zwrócić do pojemnika 36 rurociągiem 42. Gazy i nieskropioną parę wodną usuwa się z reaktora 88 rurociągiem 28 do koagulatora 102, skąd wodę, lekką smolę i gazy odprowadza się odpowiednimi rurociągami 86, 104 i 106.

Ze względu na pochylenie reaktora oraz z uwagi na to, że lekko ubity węgiel tylko częściowo wypełnia przenośnik śrubowy 94 umożliwiając przepływ w przeciwnym kierunku pary wodnej z drugiej strefy reakcji 16 do pierwszej, większość wody pozostaje w pierwszej strefie reakcji, podczas gdy węgiel przesuwany jest stopniowo ze strefy pierwszej do drugiej.

Przegrzana para wodna o temperaturze 540°C doprowadzana jest do drugiej strefy reakcji krótcem 116. Ciśnienie panujące w drugiej strefie jest praktycznie takie samo jak w strefie pierwszej i wynosi 45 X10⁵ Pa, tak więc reszta wody pozostałej w węglu szybko odparowuje. Węgiel zostaje podgrzany parą wodną do temperatury około 340°C, po czym pozostaje w tej temperaturze w ciągu odpowiednio długiego czasu. Następnie węgiel usuwa się z reaktora pionowym kanałem 120 do zbiornika wyladowczego 24. Gazy wydzielające się z węgla odprowadza się na zewnątrz, a wzbogacony węgiel, po schłodzeniu, nadaje się do transportu lub dalszego przerobu, np. ekstrakcji rozpuszczalnikami w celu usunięcia lekkiej smoly wytworzonej podczas procesu wzbogacania.

Jak już zaznaczono wyżej, węgiel może być wprowadzany do reaktora w postaci szlamu za pomocą układu samowyladowczego przedstawionego na fig. 2. Można go również wprowadzać do reaktora za pomocą pompy lub mechanizmu śrubowego, tak więc prostokąt oznaczony numerem 36 oznacza dowolne urządzenie zasilające. Podobnie węgiel wzbogacony można wyprowadzać z reaktora za pomocą układu samowyladowczego przedstawionego na fig. 2, lub np. mechanizmu śrubowego połączonego z granulatorem.

Przykład I. 150 g brunatnego węgla australijskiego o wymiarach ziarn około 10 mm poddano obróbce w obecności 90 ml wody w autoklawie o pojemności 350 cm³. Temperaturę w reaktorze podnoszono stopniowo, co 8°C w ciągu minuty. Przeprowadzono następujące trzy doświadczenia:

Doświadczenie 1: Węgiel ogrzewano do temperatury 250°C pod ciśnieniem 45 X10⁵ Pa.

Doświadczenie 2: Węgiel ogrzewano do temperatury 340°C pod ciśnieniem 200 X10⁵ Pa.

Doświadczenie 3: Węgiel ogrzewano do temperatury 250°C pod ciśnieniem 45 X10⁵ Pa, odprowadzono w tej temperaturze wodę, po czym pozostałość ogrzewano parą wodną do temperatury 340°C pod ciśnieniem 50 X10⁵ Pa.

Zarówno dla surowca jak i produktów oznaczono ciepło spalania oraz wilgotność równowagową (me-

toda standardowa oznaczania wilgotności równowagowej dla węgla przy wilgotności względnej 96—97% i w temperaturze 30°C (ASTM D-1412-74), na podstawie zawartości suchej oraz bezpopiołowej części organicznej (D.A.F.).

Uzyskane wyniki przedstawia poniższa tablica:

Tablica

	Ciepło spalania kJ/kg D.A.F.	Wilgotność równowagowa	
		kg/kg D.A.F.	% wag.
wsad węglowy	28 400	1,5	60
doświadczenie 1	29 700	0,6	37
doświadczenie 2	31 700	0,1	9
doświadczenie 3	32 600	0,1	9

Najlepsze wyniki uzyskano w doświadczeniu 3, które zostało przeprowadzone sposobem według wynalazku.

Przykład II. 654,5 g brunatnego węgla australijskiego o zawartości 256,2 g substancji organicznych, 397,4 g, tj. 60,3% wag. wody i 3,6 g popiołu, oraz posiadającego wartość opałową 26600 kJ/kg D.A.F. i ciężar objętościowy 0,21 kg substancji organicznej/litr poddano wraz z 65,5 g wody obróbce w autoklawie o pojemności 2 l. Mieszaninę ogrzewano w ciągu 80 minut do temperatury 200°C pod ciśnieniem 45×10^5 Pa, po czym odsączono wytworzoną wodę. Pozostałość ogrzewano w ciągu 35 minut do temperatury 340°C utrzymując ciśnienie 50×10^5 Pa, a następnie schłodzono do temperatury pokojowej i rozprężono. Uzyskany pro-

dukt zawierał 227 g substancji organicznej, 3,7 g popiołu i 33,3 g, tj. 12,6% wag. wody. Ciężar objętościowy wynosił 0,46 kg substancji organicznej/litr, a wartość opałowa 28700 kJ/kg D.A.F. W trakcie drugiego etapu procesu wydzielilo się 9,9 l, tj. 19,6 g CO_2 i 3,4 g smoły.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wzbogacania niskouwęglonego węgla, **znamienny tym**, że w pierwszym etapie węgiel ogrzewa się w obecności wody do temperatury w granicach 150—300°C i pod ciśnieniem co najmniej równym ciśnieniu pary wodnej w temperaturze procesu, a następnie, w drugim etapie, po oddzieleniu węgla od przynajmniej części ciekłej fazy wodnej obecnej po pierwszym etapie procesu, węgiel ogrzewa się do temperatury powyżej 300°C, pod ciśnieniem niższym od ciśnienia pary wodnej w temperaturze 300°C.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że w drugim etapie węgiel podgrzewa się do temperatury poniżej 400°C.

3. Sposób według zastrz. 1 albo 2, **znamienny tym**, że w drugim etapie węgiel ogrzewa się bezpośrednio parą wodną.

4. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że w pierwszym etapie węgiel ogrzewa się do temperatury w granicach 180—260°C.

5. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że w drugim etapie węgiel ogrzewa się do temperatury w granicach 300—340°C.

6. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że w obu etapach stosuje się ciśnienie w granicach $30\text{--}45 \times 10^5$ Pa.

7. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że ciśnienie w pierwszym etapie jest praktycznie takie samo jak w etapie drugim.

8. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że oddziela się smołę wydzielającą się w drugim etapie procesu.

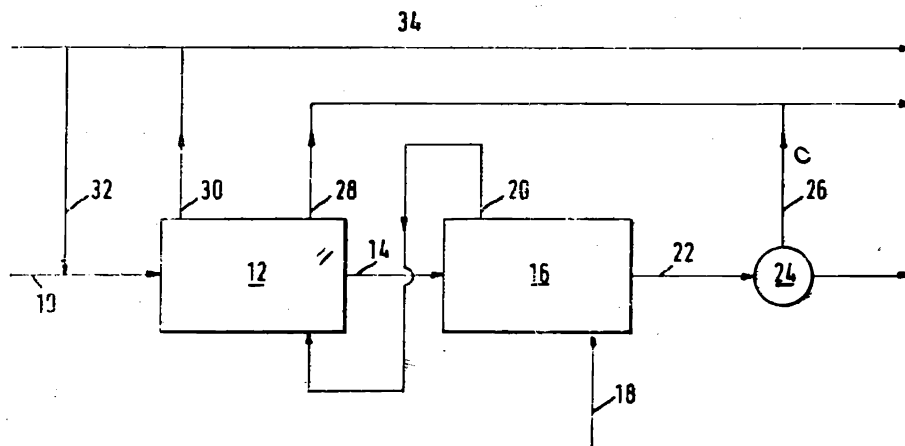


FIG.1

