



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 21.04.75 (P. 179812)

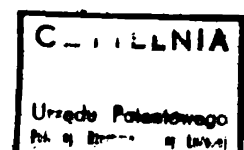
Pierwszeństwo: 24.04.74 Stany Zjednoczone
Ameryki

Zgłoszenie ogłoszono: 27.03.76

Opis patentowy opublikowano: 31.12.1977

MKP C10b 2/14

Int. Cl.² C10B 2/14



Twórca wynalazku: _____

Uprawniony z patentu: Texaco Development Corporation, Nowy Jork
(Stany Zjednoczone Ameryki)

Ciągły sposób wytwarzania gazu syntezowego

1

Przedmiotem wynalazku jest ciągły sposób wytwarzania gazu syntezowego, będącego mieszaniną wodoru, tlenku węgla, dwutlenku węgla i pary wodnej, z ewentualną domieszką gazów takich jak siarkowodór, tlenosiarczki węgla, metan, argon i azot lub ich mieszaniny oraz zawierającego rozdrobniony węgiel, przez częściowe utlenianie paliwa węglowodorowego.

Znane jest dodawanie związków organicznych zawierających związany tlen, takich jak aldehyd izomasłowy i melasa, do paliwa węglowodorowego poddawanego niekatalitycznemu, częściowemu utlenianiu przy swobodnym przepływie przez wytwornicę gazu syntezowego, w celu zmniejszenia zużycia wolnego tlenu. Związki te ulegają zużyciu w toku procesu i nie chronią ogniotrwałego wyłożenia z tlenku glinowego komory reakcyjnej wytwornicy gazu przed uszkodzaniem jej przez występujące zwykle w paliwach węglowodorowych metale ciężkie, np. nikiel, wanad i żelazo i ich związki, które mogą wiązać się z ogniotrwałą wykładziną, tworząc spinele o strukturze różniącej się od struktury wykładziny, powodujące łuszczenie się wykładziny.

W ciągłym procesie wytwarzania gazowych mieszanin zawierających H_2 , CO , CO_2 i H_2O oraz ewentualnie gazy takie jak H_2S , COS , CH_4 , Ar i N_2 lub ich mieszaniny, jak również rozdrobniony węgiel, polegającym na częściowym utlenianiu paliwa węglowodorowego zawierającego na milion części wa-

2

gowych mniej niż 300 części wagowych metali alkalicznych, takich jak sód, potas i lit lub ich mieszaniny, to częściowe utlenianie odbywa się za pomocą gazu zawierającego wolny tlen w ilości odpowiadającej stosunkowi atomowemu tlenu do węgla w paliwie węglowodorowym około 0,8:1 do 1,1:1, w obecności moderatora temperatury, podczas swobodnego przepływu przez nie wypełnioną strefę reakcyjną w wytwornicy gazu, w temperaturze około 815—1930°C i pod ciśnieniem około 1—200 atm. Zgodnie z wynalazkiem, do strefy reakcji wprowadza się wraz z innymi składnikami dodatkową ilość związków metali alkalicznych, takich jak sód, potas i lit lub mieszanin, w celu zwiększenia stężenia tych metali do powyżej 350 części wagowych na 1 milion części wagowych węglowodorowego paliwa.

Wynalazek ma na celu ulepszenie ciągłego procesu wytwarzania gazowych mieszanin zawierających głównie H_2 , CO , CO_2 i H_2O oraz ewentualnie gazy takie jak H_2S , COS , CH_4 , Ar , N_2 lub ich mieszaniny, jak również około 0,01—20% wagowych rozdrobnionego węgla (w stosunku do masy paliwa), polegającego na częściowym utlenianiu węglowodorowego paliwa za pomocą gazu zawierającego wolny tlen, w obecności moderatora temperatury, np. pary wodnej oraz dodatkowej ilości metalu alkalicznego z I grupy okresowego układu pierwiastków, np. sodu, potasu lub litu albo mieszanin związków tych metali.

Stwierdzono, że dodanie związków metalu alkalicznego do strumienia produktów wyjściowych wprowadzanych do wytwornicy gazu syntezowego polepsza wykorzystanie tlenu przy wytwarzaniu tlenku węgla i w obecności metali alkalicznych, przy danej zawartości tlenu, wytwarzanie rozdrobnionego węgla ulega zmniejszeniu, albo też przy danej ilości wytwarzanego węgla można zmniejszyć ilość doprowadzanego tlenu. Poza tym, metal alkaliczny ułatwia ochronę ogniotrwałej wykładziny komory reakcyjnej z tlenku glinowego przed niszczeniem przez ciężkie metale, takie jak nikiel, wanad i żelazo oraz ich związki, zawarte w węglowodorowym paliwie, doprowadzanym do wytwornicy gazu.

W procesie prowadzonym sposobem według wynalazku, strumień mieszaniny gazów wytwarzanej w wyłożonej ogniotrwałą wykładziną strefie reakcyjnej wytwornicy gazu. Strefa ta nie zawiera wypełnienia i przepływ przez nią jest swobodny, przy czym węglowodorowe paliwo ulega częściowemu utlenieniu za pomocą tlenu. Wytwornica gazu korzystnie stanowi pionowy reaktor stalowy o swobodnym przepływie, mający ogniotrwałą wykładzinę, np. według opisu patentowego St. Zjedn. Ameryki nr 3 097 081. Produkty wyjściowe wprowadza się do wytwornicy gazu za pomocą odpowiedniego palnika. Korzystnie stosuje się palnik typu jednopierscieniowego, taki jak znany z opisu patentowego St. Zjedn. Ameryki nr 2 928 460, albo palnik wielopierscieniowy, znany z opisu patentowego St. Zjedn. Ameryki nr 3 705 108.

Produkty wyjściowe są poddawane reakcji w wytwornicy gazu w temperaturze gazów wynoszącej około 815–1930°C i pod ciśnieniem około 1–200 atm. Czas trwania reakcji w wytwornicy gazu wynosi około 1–20 sekund.

Liczne produkty organiczne zawierające węgiel lub paliwa węglowodorowe mogą być poddawane procesowi w wytwornicy gazu, w celu otrzymania gazu syntezowego. Określenie „paliwo węglowodorowe” oznacza tu różne odpowiednie produkty wyjściowe i obejmuje węglowodory gazowe, ciekłe i stałe, substancje węglowe i ich mieszaniny, które pojedynczo lub zmieszane ze sobą mogą w stanie gazowym reagować bez obecności katalizatora z tlenem, dając tlenek węgla.

Sposób według wynalazku można stosować do takich paliw węglowodorowych, które zawierają mniej niż 300 części wagowych metalu alkalicznego z grupy sodu, potasu, litu, albo ich mieszaniny na milion części wagowych paliwa. Na przykład, można stosować dające się pompować zawiesiny stałych paliw węglowych, takich jak węgiel kamienny, rozdrobniony węgiel, koks naftowy, stężony szlam ściekowy i ich mieszaniny z wodą lub olejem albo emulsje z wodą lub olejem, jak również zawiesiny ciała stałego w gazie, takie jak drobno zmielone, stałe paliwa węglowe zdyspergowane w gazie będącym moderatorem temperatury lub w gazowym węglowodorze, a także dyspersje gaz–ciecz–ciało stałe, takie jak rozpylone ciekłe paliwo węglowodorowe i rozdrobniony węgiel, zdyspergowane w gazowym moderatorem temperatury.

Określenie „ciekły węglowodór” oznacza odpo-

wiednie ciekłe produkty wyjściowe i obejmuje różne materiały, takie jak upłynniony gaz naftowy, ropa naftowa, surowe pozostałości, ciężkie destylaty z ropy naftowej, asfalt, olej gazowy, smoła piaszkowa i olej łupkowy, olej węglowy, węglowodory aromatyczne, takie jak benzen, toluen i frakcje ksylenowe, smoła węglowa, gazowy olej zawracany z procesu katalitycznego krakowania w fazie ciekłej, wyciąg furfurołowy z gazowego oleju koksowniczego i ich mieszaniny.

Określenie „gazowe paliwo węglowodorowe” oznacza odpowiednie gazowe produkty wyjściowe, takie jak metan, etan, propan, butan, pentan, gaz ziemny, gaz wodny, gaz koksowniczy, gaz rafineryjny, gaz reszkowy po syntezie acetyleny, gaz otrzymany przy produkcji etylenu, gaz syntezowy i ich mieszaniny. Paliwa gazowe i ciekłe mogą być mieszane i stosowane równocześnie i mogą zawierać związki parafinowe, olefinowe, naftenowe i aromatyczne w dowolnym stosunku.

Określenie „paliwo węglowodorowe” obejmuje również organiczne substancje węglowodorowe utlenione, takie jak węglowodory, produkty celulozowe, aldehydy, kwasy organiczne, alkohole, ketony, utleniony olej opałowy, ciecze odpadowe i uboczne produkty procesów chemicznych zawierające utlenione organiczne substancje węglowodorowe i mieszaniny tych produktów.

Kierowany do procesu wyjściowy produkt węglowodorowy może mieć temperaturę pokojową lub może być wstępnie ogrzany do temperatury około 315–650°C, ale korzystnie stosuje się go w temperaturze niższej od temperatury krakowania. Węglowodorowy produkt wyjściowy można wprowadzać do palnika w stanie ciekłym lub w postaci gazowej mieszaniny z moderatorem temperatury.

Stosowanie moderatora temperatury w celu łagodzenia temperatury w strefie reakcji zależy zwykle od stosunku zawartości węgla do wodoru w produkcie wyjściowym i zawartości tlenu w czynniku utleniającym. W przypadku niektórych gazowych paliw węglowodorowych stosowanie moderatora temperatury może nie być konieczne, ale zwykle stosuje się go przy użyciu ciekłych paliw węglowodorowych oraz przy użyciu zasadniczo czystego tlenu.

Jak wyżej wspomniano, moderator temperatury może być wprowadzany do wytwornicy gazu syntezowego w mieszaninie z jednym lub z oboma składnikami reakcji. Można też wprowadzać moderator temperatury do strefy reakcji w wytwornicy oddzielnym przewodem w palniku paliwa. Odpowiednim moderatorem temperatury jest para wodna, gaz o dużej zawartości CO₂, ochłodzony czysty gaz z wytwornicy gazu lub z turbiny gazowej, przy czym można go wprowadzać za miejscem wprowadzania składników reakcji, ewentualnie z dodatkami powietrza, azotu będącego produktem ubocznym z opisanego dalej urządzenia do oddzielania powietrza. Można też stosować mieszaniny tych substancji.

Określenie „gaz zawierający wolny tlen” oznacza powietrze, powietrze wzbogacone w tlen, to jest zawierające więcej niż 21% molowych tlenu, albo zasadniczo czysty tlen, to jest zawierający

więcej niż 95% molowych tlenu (resztę stanowi azot i gazy szlachetne). Gaz zawierający wolny tlen można wprowadzać do palnika w temperaturze od temperatury otoczenia do 650°C. Stosunek zawartości wolnego tlenu w środku utleniającym do węgla w produkcie wyjściowym (atom tlenu do atomu węgla) wynosi od około 0,80:1 do 1,1:1 korzystnie od 0,84:1 do 0,97:1. Korzystnie stosuje się zasadniczo czysty tlen, gdyż wówczas zawartość azotu i innych gazowych zanieczyszczeń w otrzymanym produkcie gazowym jest niewielka.

Nieoczekiwanie stwierdzono, że gdy całkowita zawartość jonów sodu, potasu i litu w paliwie węglowodorowym i wodzie wprowadzanej do strefy częściowego utleniania w wytwornicy gazu syntezowego jest mniejsza niż około 300 ppm, wówczas reakcję częściowego utleniania można usprawnić przez dodanie związku metalu alkalicznego z grupy obejmującej sód, potas i lit albo mieszaniny takich związków, do jednego lub większej liczby strumieni wprowadzanych do wytwornicy gazu, w celu zwiększenia stężenia tego metalu alkalicznego w strefie reakcji do około 350—13 000 ppm lub powyżej tej wartości.

Zwiększanie zawartości tych metali alkalicznych powyżej 13 000 ppm nie daje gospodarczych korzyści. Dzięki temu zabiegowi można zmniejszać ilość wytwarzanej sadzy dla określonego stosunku zawartości wolnego tlenu w środku utleniającym do zawartości węgla w surowcu (stosunek atomowy O : C). Odwrotnie też, utrzymując ilość wytwarzanej sadzy na określonym poziomie, można zmniejszyć stosunek atomowy O : C. Korzystnie utrzymuje się zawartość sadzy większą niż 1,0% wagi w stosunku do całkowitej ilości węgla wprowadzonego do wytwornicy.

Jako związki sodu, litu i potasu, odpowiednie w procesie prowadzonym sposobem według wynalazku, stosuje się węglany, wodorowęglany, wodorotlenki, krzemiany, siarczany, siarczyny, gliniany, stearyniany, oleiniany, nafteniany, octany i borany. Można też stosować wodziany tych związków i produkty odpadkowe o dużej zawartości tych związków. Halogenki metali alkalicznych są mniej odpowiednie i zwykle należy ich unikać, aby nie powodować korozji nierdzewnej stali lub innych stopów żelaza w dalszych częściach urządzenia, np. w układzie szybkiego chłodzenia i oczyszczania.

Jako ciekłe i stałe paliwa węglowodorowe przydatne w procesie prowadzonym sposobem według wynalazku stosuje się paliwa naftowe zawierające z natury związki ciężkich metali, takie jak surowa ropa naftowa, surowe pozostałości i ciężkie destylaty z ropy i koks naftowy, zawierające wanad, nikiel i żelazo. Podczas częściowego utleniania paliw zawierających ciężkie metale, w strefie reakcji wytwornicy gazu oprócz żadanego gazu otrzymuje się węgiel (sadza), nikiel, wanad, żelazo i ich związki. Metale te atakują ogniotrwałą wykładzinę komory reakcyjnej, zwykle składającą się z tlenku glinu.

Nikiel, żelazo i wanad łączą się z wykładziną, tworząc związki typu spinelu, różniące się strukturą od pierwotnej wykładziny. Szczególnie niszcząco działa nikiel i wanad, które z tlenkiem glinu

wykładziny tworzą krystaliczny $\text{NiO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ i $\text{V}_2\text{O}_5 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, powodujące łuszczenie się wykładziny. W temperaturze 815—1930°C i w korzystnie stosowanej temperaturze w strefie reakcyjnej, wynoszącej około 980—1540°C, wykładzina ta może złuszczyć się, ulegając zniszczeniu w ciągu stosunkowo krótkiego czasu, niekiedy w ciągu kilku godzin.

Podczas procesu częściowego utleniania ogniotrwałe ściany wytwornicy gazu ochrania się przed działaniem niklu i wanadu uwalniając dostateczną ilość węgla zawartego we wprowadzonym paliwie węglowodorowym jako rozdrobniony węgiel (wolny węgiel w postaci sadzy), który otacza metale i ich produkty reakcji, odprowadzając je ze strefy reakcyjnej. Jednakże wytwarzanie nadmiaru sadzy zmusza do instalowania złożonego urządzenia do płukania gazu uchodzącego z wytwornicy i do odzyskiwania sadzy, którą następnie wprowadza się wraz z produktem wyjściowym do wytwornicy gazu.

Obecność metali alkalicznych sprzyja również ochronie ogniotrwałej wykładziny w strefie reakcji przed niszczącym działaniem ciężkich metali, to jest wanadu, niklu i żelaza. Jeżeli związki sodu, potasu lub litu albo ich mieszaniny wprowadzi się do strefy reakcyjnej wytwornicy gazu, to działają one jak topniki na nikiel, wanad, żelazo i inne substancje tworzące popiół na powierzchni wykładziny i powodują powstawanie polewy osłaniającej tę powierzchnię, co zabezpiecza ją przed niszczącym działaniem ciężkich metali. W takich warunkach wytwornica może pracować przy małej zawartości sadzy, uważanej dotychczas za taką, przy której nieuniknione jest uszkodzanie ogniotrwałej wykładziny ścian.

Strumień gazu syntezowego opuszczający strefę reakcji unosi drobne cząstki węgla, związki sodu, potasu lub litu albo ich mieszaniny, a także związki niklu, wanadu i żelaza lub ich mieszaniny. Ten strumień gorącego gazu chłodzi się wodą w strefie chłodzenia. Odpowiednie urządzenie do chłodzenia jest opisane w opisie patentowym St. Zjedn. Ameryki nr 2 896 927. Gorący strumień gazu można też przepuszczać przez wymiennik ciepła, w którym oddaje on pośrednio swoje ciepło wodzie, przy czym wytwarza się parę wodną. Gaz chłodzi się do temperatury około 260—480°C, po czym płucze go wodą w zwykłej płuczce gazowej, w celu usunięcia zawartych w nim cząstek węgla i innych stałych cząstek.

Korzystnie postępuje się w ten sposób, że otrzymaną zawiesinę węgla w wodzie, otrzymaną w urządzeniu do chłodzenia i w płuczce gazowej, wprowadza się do strefy oddzielania (dekantacji), w której na zawiesinę działa się ciekłym węglowodorem o małej gęstości, np. ciężką benzyną lub naftą. Węgiel zostaje przy tym oddzielony od wody i tworzy zawiesinę w węglowodorze, pływającą na powierzchni wody. Związki sodu, potasu i litu rozpuszczają się w wodzie, a związki niklu, wanadu i żelaza tworzą kłaczkowatą zawiesinę w wodzie. Warstwę zawierającą węgiel w węglowodorze można odprowadzać i mieszać z ciężkim olejem opałowym, np. olejem surowym, po czym mieszaninę tę rozdestylowuje się i frakcję ciężkiej benzyny

zawraca do strefy rozdzielania, a zawieszinę węgla w ciężkim oleju opałowym wprowadza do wytwornicy gazu jako części produktu wyjściowego.

Kłaczkowatą zawieszinę zawierającą związki niklu, wanadu i żelaza można rozdzielać znanymi sposobami, np. przez sączenie lub osadzanie, przy czym stanowią one cenne produkty uboczne. Wodę zawierającą jony sodu, potasu i litu, mającą wartość pH około 6–10, zawraca się do wytwornicy gazu jako część wody stanowiącej moderator temperatury.

Przykład I. Próbę nr 1 prowadzi się w znany sposób. W ciągu 1 godziny do wytwornicy gazu syntezowego pracującej przy swobodnym przepływie, przez palnik pierścieniowy wprowadza się w temperaturze 143°C około 262 kg paliwa węglowodorowego, stanowiącego pozostałość otrzymywaną przy destylowaniu kalifornijskiej ropy naftowej pod zmniejszonym ciśnieniem. Wprowadzany olej ma ciężar według API równy 5,3 i lepkość według Saybolta wynoszącą 7000 sekund w temperaturze 50°C oraz ciepło spalania 9900 kcal/kg.

Skład wprowadzanego paliwa w procentach wagowych jest następujący: 85,92% C, 10,99% H, 0,89% N, 3,00% S i 0,10% popiołu. Poza tym paliwo zawiera w stosunku wagowym 75 ppm niklu, 100 ppm wanadu i 90 ppm żelaza. W ciągu 1 godziny do wytwornicy wprowadza się również 261 kg zasadniczo czystego tlenu (99,5% O₂) o temperaturze 16°C. Stosunek wagowy H₂O do paliwa wynosi 0,186:1 i stosunek atomowy tlenu do węgla zawartego w paliwie wynosi 0,851:1. Wprowadzone składniki procesu zawierają mniej niż 300 ppm związków sodu, potasu i litu lub ich mieszanin.

Reakcję prowadzi się pod ciśnieniem 70 atm, w temperaturze 1180°C. Komora reakcyjna ma pojemność 60 litrów i składniki reakcji przebywają w tej komorze 3,9 sekundy. Na skutek reakcji częściowego utleniania otrzymuje się w ciągu 1 godziny 741 m³ gazu w przeliczeniu na gaz wysuszony, pod normalnym ciśnieniem.

Skład suchego gazu w procentach molowych jest następujący: 51,61% CO, 43,75% H₂, 2,74% CO₂, 1,25% CH₄, 0,18% N₂+Ar i 0,46% H₂S. Poza tym w ciągu 1 godziny otrzymuje się 19,96 kg rozdrobnionej sadzy, zawierającej 94,49% wagowych węgla, co stanowi 9,04% wagowych węgla zawartego w produkcie wyjściowym. Sadza ta jest umorzona przez gaz ulatujący z wytwornicy.

Gaz odpływający z wytwornicy chłodzi się do temperatury 315°C przez bezpośrednie zraszanie wodą w zbiorniku do chłodzenia, przy czym burzliwie doprowadzana woda powoduje usuwanie sadzy z gazu i zawieszinę węgla w wodzie odprowadza się. Resztę sadzy usuwa się z gazu w zwykłej płuczce gazowej. Razem z sadzą z gazu usuwa się praktycznie biorąc całkowicie nikiel, wanad i żelazo.

Próbie nr 2 prowadzi się podobnie jak próbę nr 1, ale przy większym stosunku atomowym tlenu do węgla i większym stosunku wagowym H₂O do paliwa, przy czym ilość wytworzonej sadzy jest mniejsza. Wyniki obu prób nr 1 i 2 podano w tablicy.

Przykład II. Próby nr nr 3, 4 i 5 prowadzi

się sposobem według wynalazku, a mianowicie podobnie jak próbę 1, ale zgodnie z wynalazkiem do produktu wyjściowego stosuje się dodatek jonów sodu. W próbie nr 5 wszystkie jony sodu są zawarte w wodzie traktowanej zeolitem, przy czym sód zastąpił wapń i magnez zawarte pierwotnie w wodzie. W próbach nr 3 i nr 4 sód dodaje się w postaci węglanu sodowego. Stosunek atomowy tlenu do węgla zmienia się w granicach od 0,87:1 do 0,91:1.

Wyniki prób podano w tablicy, przy czym wyniki prób nr 4 i nr 5 uwidoczniają wpływ zwiększenia stężenia jonów sodu na przebieg procesu częściowego utleniania w wytwornicy. Mianowicie, gdy zawartość jonów sodu w doprowadzanej wodzie wzrasta z 460 ppm do 4100 ppm, wówczas stosunek atomowy tlenu do węgla ulega zmniejszeniu z 0,91:1 do 0,87:1. Odwrotnie zaś, porównanie wyników prób nr 1 i nr 4 świadczy o tym, że przy stałym stosunku atomowym tlenu do węgla ilość wytworzonej sadzy maleje z 9,0% do 4,1% wagowych w stosunku do całkowitej ilości węgla w paliwie.

Tablica

Zasilanie wytwornicy	Numer próby				
	1	2	3	4	5
Na ⁺ w wodzie (ppm)	0	0	2300	4100	460
Stosunek atomowy O : C	0,85	0,92	0,91	0,87	0,91
Stosunek H ₂ O : paliwa (kg : kg)	0,19	0,31	0,33	0,33	0,31
Gaz odpływający					
Zawartość sadzy w % wagowych do zawartości węgla w paliwie	9,04	4,58	3,40	4,10	4,05
Zawartość CH ₄ w % molowych w suchym gazie	1,25	1,16	1,60	2,71	1,15

Zastrzeżenia patentowe

1. Ciągły sposób wytwarzania gazu syntezowego, będącego mieszaniną H₂, CO, CO₂, H₂O i ewentualnie zawierającego gazy takie jak H₂S, COS, CH₄, Ar, N₂ i ich mieszaniny, jak również zawierającego rozdrobnione cząstki węgla, przez częściowe utlenianie węglowodorowego paliwa, zawierającego na milion części wagowych mniej niż 300 części wagowych metali alkalicznych, takich jak sód, potas i lit lub ich mieszaniny, za pomocą gazu zawierającego wolny tlen w ilości umożliwiającej uzyskanie stosunku atomowego tlenu do węgla zawartego w węglowodorowym paliwie, wynoszącego od około 0,80:1 do około 1,1:1, w obecności moderatora tem-

peratury, przy czym reakcję częściowego utleniania prowadzi się przy swobodnym przepływie przez strefę reakcyjną wytwornicy gazu nie zawierającą wypełnienia, w temperaturze około 815—1930°C, pod ciśnieniem 1—200 atm, **znamienny tym**, że razem ze składnikami reakcji do komory reakcyjnej wprowadza się dodatkową ilość związku metalu alkalicznego, takiego jak sód, potas i lit lub mieszaniny takich związków, zwiększając zawartość tych metali alkalicznych w strefie reakcji do więcej niż 300 części wagowych na milion części wagowych węglowodorowego paliwa.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że związek metalu alkalicznego wprowadza się do strefy reakcyjnej co najmniej częściowo w mieszaninie z moderatorem temperatury.

3. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że związek metalu alkalicznego wprowadza się do

strefy reakcyjnej co najmniej częściowo w mieszaninie z węglowodorowym paliwem.

4. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że gaz odpływający ze strefy reakcyjnej chłodzi się i płucze wodą w strefie chłodzenia i płukania, otrzymując strumień czystego gazu i dyspersję wodną, zawierającą rozdrobnione cząstki węgla, związki metali ciężkich i ich mieszaniny oraz rozpuszczone związki metali alkalicznych i ich mieszaniny, po czym roztwór zawierający związki metali alkalicznych oddziela się od wodnej dyspersji i części oddzielonej wody zawraca się do strefy reakcyjnej jako co najmniej część moderatora temperatury i źródło dodatkowych metali alkalicznych.

5. Sposób według zastrz. 4, **znamienny tym**, że część wody oddzielonej od dyspersji zawraca się do strefy chłodzenia i płukania.