

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2013 00695

(22) Data de depozit: 23.09.2013

(41) Data publicării cererii:
30.03.2015 BOPI nr. 3/2015

(71) Solicitant:
• CELAC VASILE,
STR. ELENA VĂCĂRESCU NR. 15,
BL. XXI/4, SC. A, ET. 1, AP. 4, SECTOR 1,
BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:
• CELAC VASILE,
STR. ELENA VĂCĂRESCU NR. 15,
BL. XXI/4, SC. A, ET. 1, AP. 4, SECTOR 1,
BUCUREȘTI, B, RO

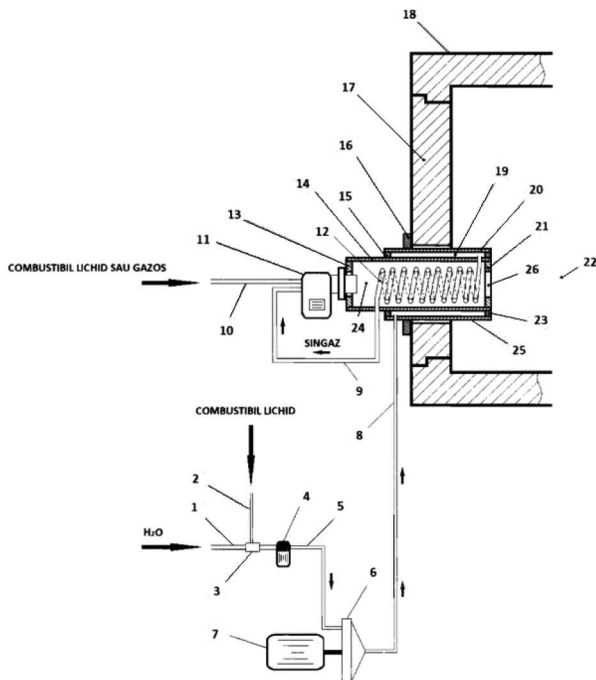
(74) Mandatar:
CABINET DOINA ȚULUCA, BD.LACUL TEI
NR.56, BL.19, SC.B, AP.52, SECTOR 2,
BUCUREȘTI

(54) PROCEDEU ȘI INSTALAȚIE PENTRU OBTINEREA GAZULUI DE SINTEZĂ

(57) Rezumat:

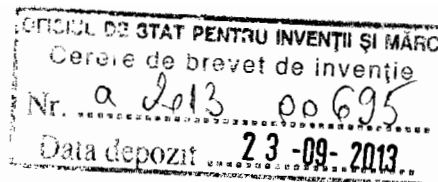
Invenția se referă la un procedeu și la o instalație de obținere a gazului de sinteză cu destinație de folosire ca și combustibil gazos alternativ. Procedeu conform invenției se caracterizează prin aceea că, având ajutorul unui injector (3), este format în flux continuu amestecul de apă și combustibil lichid, care este transformat într-un cavitator (6) rotativ de vaporizare într-un flux continuu de amestec gazos mixt, amestecul gazos mixt având temperatura de 150...250°C, este apoi supraîncălzit succesiv într-o zonă (19) cilindrică toroidală, din mantaua dublă a unui cuptor (25) cilindric orizontal, până la temperatura de 1100...1200°C, și apoi într-un tub (12) de reformare, aflat într-un focar (24) al acestui cuptor (25) cilindric orizontal, până la temperatura de circa 1400...1600°C, cuptorul (25) cilindric orizontal fiind cuplat la un capac (17) al unui cazan (18) utilizator, pentru folosirea gazelor de ardere fierbinți din focarul (24) cuptorului (25) cilindric orizontal, iar în urma succesiunii reacțiilor de piroliză și de reformare necatalitică cu abur la temperaturi înalte a hidrocarburii din amestec, se obține singazul, care este introdus în sistemul de alimentare al unui arzător (11) mixt, înlocuind arderea combustibilului clasic, utilizat în faza inițială la încălzirea cuptorului (25) cilindric orizontal și demararea procesului de obținere a singazului, căldura generată după aprinderea și arderea singazului fiind folosită în continuare atât la menținerea în cuptorul (25) cilindric orizontal a temperaturii necesare reacțiilor termochimice endoterme, în urma cărora este obținut în flux continuu singazul, cât și la producerea în cogenerare a energiei termice, electrice și/sau mecanice.

Revendicări: 7
Figuri: 2



Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).





PROCEDEU ȘI INSTALAȚIE DE OBTINERE A GAZULUI DE SINTEZĂ

Prezenta invenție se referă la un procedeu multifazic de obținere în flux continuu a gazului de sinteză (în continuare singaz) cu destinație de folosire ca și combustibil gazos alternativ. Procedeu se realizează cu ajutorul unui injector (3), în care se formează în flux continuu amestecul de apă și combustibil lichid, care este transformat în "cavitatorul rotativ de vaporizare" (6) într-un flux continuu de amestec gazos mixt. Amestecul gazos mixt având temperatura de 150...250 °C este apoi supraîncălzit succesiv în zona cilindrică toroidală (19) din mantaua dublă a unui cuptor cilindric orizontal (25) până la temperatura de 1100...1200 °C și apoi într-un tub de reformare (12), aflat în focarul (24) acestui cuptor, până la temperatura de circa 1400...1600 °C. Cuptorul cilindric (25) este cuplat la capacul (17) unui "cazan-utilizator" (18) pentru utilizarea gazelor de ardere fierbinți din focarul (24) cuptorului cilindric. În urma succesiunii reacțiilor de piroliză și de reformare necatalitică cu abur la temperaturi înalte a hidrocarburii din amestec se obține singazul, care este introdus în sistemul de alimentare al arzătorului (11), înlocuind arderea combustibilului clasic, utilizat în faza inițială la încălzirea cuptorului cilindric și demararea procesului de obținere a singazului. Căldura generată după aprinderea și arderea singazului este folosită în continuare atât la menținerea în cuptorul cilindric (25) a temperaturii necesare realizării reacțiilor termochimice endoterme, în urma cărora este obținut în flux continuu singazul, cât și la producerea în cogenerare a energiei termice, electrice și/sau mecanice.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este obținerea unui combustibil gazos alternativ care permite reducerea semnificativă a costurilor de producție a energiei termice, a consumului de hidrocarburi, precum și a emisiilor de bioxid de carbon în mediul înconjurător, comparativ cu arderea tradițională a combustibililor lichizi clasici, raportându-ne la aceeași cantitate de energie termică produsă.

Conceptul de "singaz - cogenerare" (metoda "SGC") introdus în invenția de față definește obținerea și utilizarea concomitentă în aceeași instalație a gazului de sinteză și producerea prin cogenerare a energiei termice, electrice și/sau mecanice (grup "cavitator rotativ de vaporizare" - cuptor cilindric cu tub de reformare, "cazan-utilizator", turbină, generator curent, motor cu abur).

Invenția se poate folosi în industria termoelectrică și se referă la un procedeu tehnologic multifazic de obținere a singazului prin operațiuni succesive de "cavitare" la rece, pirogenare și reformare necatalitică cu abur la temperaturi înalte a combustibililor lichizi din rândul hidrocarburilor complexe (păcură, CLU, motorină, gudron, naftă, uleiuri minerale, uleiuri de șist, uleiuri vegetale, biodiesel, etc.), precum și a reziduurilor lor și utilizarea lui ca combustibil gazos alternativ la producerea energiei termice.

În prezent industria chimică și energetică la fabricarea singazului folosește deja tehnologii consacrate precum reformarea catalitică cu vapori de apă în cuptoare de reformare, definită prin aceea că în prima fază, prin adăugare de aburi la o temperatură de circa 450...500 °C și o presiune de 25-30 bar, hidrocarburile complexe se descompun în metan, hidrogen, monoxid de carbon precum și în bioxid de carbon. În faza a doua în ansamblul de reformare metanul intră în reacție cu apa în mediul catalizatorului la o temperatură de circa 800...900 °C și o presiune de 25-30 bar rezultând singazul. Singazul este format în general din hidrogen și monoxid de carbon în diferite proporții. Materia primă cea mai utilizată este gazul natural.

Ecuția generală este: $C_nH_m + nH_2O \leftrightarrow (n+m/2)H_2 + nCO$

Procedeele tehnologice la nivel industrial sunt bine puse la punct, însă câteva caracteristici economico-financiare precum consumul de combustibil clasic necesar pentru întreținerea reacțiilor de reformare puternic endoterme, prezența catalizatorului scump, costurile mari și complexitatea tehnică a echipamentelor necesare realizării tehnologiei se cer a fi îmbunătățite prin reducerea costurilor de operare prin:

- excluderea din procesul tehnologic a catalizatorului
- reducerea consumului total de combustibil clasic folosit la producerea energiei termice necesare derulării reacțiilor puternic endoterme de reformare cu abur
- asigurarea parcurgerii reacțiilor de reformare la presiuni mai mici
- asigurarea derulării procesului tehnologic cu echipamente și utilaje de complexitate mai redusă
- producerea concomitentă în cogenerare în aceeași instalație a singazului și a energiei termice, electrice și/sau mecanice

Este cunoscut procedeu, apropiat prezentei invenții, de obținere a singazului prin reformarea cu abur a diferitor produse solide sau lichide ce conțin carbon (CA 2581288), cuprinzând fazele ce urmează.

Alimentarea materiei prime în cuptorul de reformare rotativ, prevăzut cu mijloace de încălzire din exterior, în care produsele sunt amestecate intens și încălzite până la temperatura de 650...1100 °C în prezența apei sau aburului. Energia termică necesară încălzirii constante a cuptorului de reformare precum și timpul de staționare a materiei prime în cuptor trebuie să fie de așa măsură încât să permită gradul de reformare cât mai apropiat de 100%. În urma realizării reacțiilor termochimice de reformare cu abur rezultă singazul, care este compus în general din hidrogen și monoxid de carbon. Acest procedeu prezintă însă unele dezavantaje deoarece necesită un consum mare de combustibil clasic pentru menținerea temperaturii înalte în cuptorul rotativ, o perioadă mare de timp pentru aducerea instalației din starea “oprită” în starea “generare singaz” precum și echipamente relativ complexe și costisitoare pentru realizarea procedurii.

Se cunoaște din stadiul tehnicii că pentru obținerea unei Gcal/h de energie termică prin procedeele cunoscute se consumă o cantitate de hidrocarbură clasică lichidă cuprinsă între 60-120 l/h în funcție de puterea calorică a combustibilului și a performanțelor echipamentului de ardere.

Procedeu de obținere în flux continuu a singazului prin “cavitarea” la rece, pirogenarea și reformarea necatalitică succesivă cu abur a hidrocarburilor la temperaturi înalte, conform invenției de față, cuprinde fazele ce urmează.

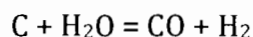
Formarea unui flux continuu de **amestec de apă și combustibil lichid** din rândul hidrocarburilor complexe, raportul de masă a celor două componente fiind de la 4:1 până la 8:1. Amestecul este obținut prin injectarea unei cantități de combustibil în fluxul de apă. Cu acest amestec lichid mixt este alimentat un “cavitator rotativ de vaporizare”. “Cavitatorul rotativ de vaporizare” reprezintă zona de omogenizare intensă și gaziefiere în flux continuu prin formarea curgerii în vârtejuri critice și “cavitarea” amestecului lichid alimentat. Ca rezultat, în urma acestor operațiuni, se obține instantaneu la esirea din “cavitatorul rotativ de vaporizare” un amestec gazos mixt, compus din picături minuscule de hidrocarbură primară și hidrocarburi noi formate, dispersate uniform în masa vaporilor de apă, amestecul având o temperatură de 150...250 °C și o presiune de 0,4...0,5 MPa.

Amestecul gazos mixt astfel format este introdus continuu în mantaua metalică dublă a unui cuptor cilindric orizontal. Constructiv cuptorul este de tipul cilindru în cilindru. Spațiul din cilindrul interior formează focarul cuptorului, iar spațiul dintre cilindrul interior și exterior formează zona cilindrică toroidală de încălzire și realizare a reacțiilor de piroliză în fluxul de amestec gazos mixt. Cuptorul este încălzit din interior prin

arderea unui combustibil lichid sau gazos clasic cu ajutorul unui arzător mixt (dublu injector), amplasat în capul cuptorului, iar gazele de ardere fierbinți sunt evacuate prin fundul cuptorului direct în focarul unui "cazan-utilizator", la capacul căruia este cuplat cuptorul. Arderea acestui combustibil va asigura temperatura înaltă în focarul cuptorului pe o perioadă de timp, necesară numai pentru demararea procesului continuu de obținere a singazului și începerea arderii lui, după care alimentarea arzătorului cu acest combustibil clasic este întreruptă, încălzirea cuptorului fiind asigurată în continuare în totalitate numai de la arderea singazului obținut, conform procedurii prezentat. Mantaua dublă a cuptorului joacă rolul unui schimbător de căldură radiant și este zona cilindrică toroidală de supraîncălzire a amestecului gazos mixt, în flux continuu, până la temperatura de circa 1100...1200 °C, fiind temperatura realizării reacțiilor de piroliză termică cu abur a hidrocarburilor la presiune atmosferică, fără catalizator, cunoscută din stadiul actual al tehnicii. Această supraîncălzire este efectuată prin regenerarea prin peretele focarului cuptorului cilindric a unei părți de căldură de la arderea unui combustibil clasic (lichid sau gazos) sau a singazului. Deplasarea amestecului gazos mixt prin zona cilindrică toroidală din mantaua cuptorului cilindric este în sens paralel cu gazele de ardere. Ca efect al acestei încălziri înalte, picăturile de hidrocarburi din amestec (primară și hidrocarburi noi formate în urma "tratamentului prin cavitație" din faza anterioară), sunt supuse reacțiilor "primare" și "secundare" de piroliză, în urma cărora are loc descompunerea lor termică în carbon, hidrogen și alte hidrocarburi noi, ce au o stabilitate relativă mai mare la aceste temperaturi.



În această fază aburul din amestec are rolul de a împiedica efectul de cocsificare, ce poate apărea în urma reacțiilor "secundare" de piroliză la temperaturi înalte, prin fluidizarea carbonului din zona de pirogenare și concomitent prin realizarea reacției endoterme de descompunere a unei părți de abur din amestec în așa-numitul "gaz de apă"



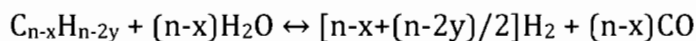
în urma căreia se obține monoxid de carbon și hidrogen.

Un rol esențial în viteza și adâncimea realizării reacțiilor de descompunere termică a hidrocarburilor (primară și cele noi formate) din amestecul gazos mixt și obținerea gazului de apă, pe lângă temperatura înaltă, îl are și acel fapt, că hidrocarburile sunt inițial uniform dispersate în picături extrem de mici în toată masa vaporilor de apă în faza

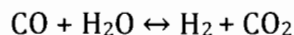
anterioară a procesului, obținându-se aceleași efecte pozitive la realizarea reacțiilor termochimice ca și în cazul gazeificării în strat fluidizat circulant a particulelor de combustibili solizi, metodă folosită la scară largă în industrie.

Amestecul gazos complex astfel format și compus în general din hidrogen, monoxid de carbon, diferite hidrocarburi noi formate și rest de abur este introdus într-un tub de reformare, aflat în focarul cuptorului.

Amestecul gazos complex în timpul deplasării prin interiorul tubului de reformare, în contrasens cu gazele de ardere, este supraîncălzit până la temperatura realizării reacțiilor de reformare a hidrocarburilor cu abur, fara catalizator, de circa 1400...1600 °C prin regenerarea căldurii gazelor fierbinți din flacără. Aceste temperaturi permit realizarea reacțiilor de reformare fără catalizator în timpi de ordinul a 1...2 secunde, fapt cunoscut din stadiul actual al tehnicii. Ca urmare, în urma realizării reacției de reformare necatalitică cu abur la temperaturi supraînalte a hidrocarburilor din amestec, formate în faza anterioară,



și a reacției de conversie a monoxidului de carbon cu abur (fiind temperatura prea mare numai a unei părți de monoxid de carbon)



este obținut la ieșirea din tubul de reformare, în flux continuu, singazul, compus în general din hidrogen, monoxid și bioxid de carbon, cu un raport mare de hidrogen/monoxid de carbon.

În continuare **singazul** este direcționat în circuitul de alimentare al arzătorului mixt pentru a fi aprins cu sistemul de aprindere al arzătorului și ars. Aerul de combustie primar și secundar necesar arderii este asigurat de ventilatorul arzătorului. Temperatura flăcării de la arderea singazului ca combustibil gazos alternativ este de peste 2000 °C. După începerea arderii stabile a singazului alimentarea arzătorului cu combustibil clasic este întreruptă. Căldura obținută în continuare de la arderea singazului este utilizată atât la menținerea temperaturii înalte în focarul cuptorului cilindric, necesare derulării reacțiilor de piroliză și de reformare pentru obținerea în flux continuu a singazului, cât și la producerea prin cogenerare a energiei termice (cazan-utilizator), electrice și/sau mecanice (grup cazan-utilizator, turbină, generator curent, motor cu abur).

Prin aplicarea procedeului conform invenției se obțin următoarele avantaje:

- reducerea drastică, de câteva ori, a costurilor de producere a energiei termice datorită faptului că, în singaz ca combustibil alternativ se substituie în mare parte combustibilul lichid clasic cu hidrogenul generat din apă, totodată eficiența energetică de la arderea singazului fiind mai ridicată decât cea de la arderea tradițională a unui combustibil lichid clasic;
- echipamentele tehnologice în instalația de producere a singazului au dimensiuni și complexitate tehnică redusă, ceea ce duce la reducerea costurilor de fabricație și investiții destul de mici;
- simplitatea procedeului din punct de vedere tehnologic precum și excluderea necesității stocării singazului produs, datorită faptului că este aprins și ars în totalitate, prezintă riscuri minore de avarie sau accidente în timpul funcționării instalației;
- nu sunt folosite elemente "clasice" de încălzire și nu se formează depuneri de calcar în "cavitatorul rotativ de vaporizare", apa utilizată ca materie primă în procesul de obținere a singazului nu necesită pretratare chimică și poate fi de orice natură (industrială, riziduală, sărată);
- în cazul obținerii singazului din amestec de apă cu biodiesel sau uleiuri vegetale, energia termică generată în urma arderii lui este o energie regenerabilă, deoarece biodieselul sau uleiurile vegetale sunt surse de energie regenerabilă, iar apa se regenerează prin oxidarea (arderea) hidrogenului din singaz și se regăsește în gazele de emisie în stare de vapori de apă, care condensându-se refac la loc cantitatea de apă inițial utilizată la formarea amestecului;
- utilizarea singazului ca combustibil alternativ permite reducerea semnificativă a emisiilor de bioxid de carbon în mediul înconjurător comparativ cu arderea tradițională a combustibililor lichizi clasici, raportându-ne la aceeași cantitate de energie termică produsă, deoarece singazul este un combustibil gazos cu un conținut comparativ mai mare de hidrogen și mai scăzut de carbon. În urma arderii (oxidării) hidrogenului din singaz se formează numai vapori de apă.

Figura 1 reprezintă schema instalației pentru obținerea singazului și producerea agentului termic prin cogenerare.

Figura 2 reprezintă o secțiune prin cuptorul cilindric.

În continuare se dă un exemplu de realizare a invenției cu referire la figura 1 și figura 2, care reprezintă schematic instalația folosită pentru realizarea procedeei conform invenției. Exemplul următor ilustrează invenția fără să o limiteze.

Procedeul începe cu formarea **amestecului de apă și combustibil lichid** clasic din rândul hidrocarburilor complexe, raportul de masă a celor două componente fiind de la 4:1 până la 8:1. Proporția aleasă depinde de mărimea procentuală a conținutului de carbon din combustibil: cu cât ea este mai mare cu atât mai mare poate fi și proporția. Pentru formarea amestecului printr-o conductă (1) cu ajutorul unei pompe electrice (4) este aspirată apa dintr-un rezervor nepresurizat (nu este arătat). Presiunea în rezervor este cea atmosferică iar temperatura apei de cel puțin +5 °C. Cu ajutorul unui injector (3) direct în fluxul apei este injectată cantitatea de combustibil lichid necesară formării amestecului în proporția prestabilită. Combustibilul lichid este aspirat printr-o conductă (2) dintr-un rezervor nepresurizat (nu este arătat). Presiunea în rezervor este cea atmosferică iar temperatura lui este temperatura minimă ce-i asigură fluiditatea. Injectorul poate fi de tipul unui injector Venturi, folosit în industrie în mod uzual pentru formarea în flux continuu a amestecului de lichide în proporțiile dorite. Cantitatea necesară de amestec este asigurată prin reglarea debitului pompei electrice, care poate fi o pompă de apă folosită în mod uzual în industrie.

Preomogenizarea fluxului de amestec astfel format are deja loc la traversarea lui prin sistemul hidraulic al pompei (4) (sistem cu rotor, roți dințate, etc.) în timpul pompării. Mai departe prin conducta de refulare (5) amestecul preomogenizat apă/combustibil lichid este introdus cu o presiune de 0,1...0,2 MPa, asigurată de pompa de apă, în "cavitatorul rotativ de vaporizare" (6) pentru o omogenizare intensă și transformarea lui din starea lichidă în starea gazoasă. În caz concret, pentru utilizarea în procedeul din invenția de față, se poate indica "cavitatorul rotativ de vaporizare" de tipul celui prezentat în brevetul de model utilitar (RU 52976 U1) și care este deja realizat în producție de serie. El este constructiv format dintr-un sistem de discuri statice și discuri ce se rotesc cu o viteză de 3000 rot/min. Rotirea discurilor este asigurată de un motor electric (7). Ca urmare, formarea amestecului gazos mixt în "cavitatorul rotativ de vaporizare" are loc instantaneu, în flux continuu, datorită forțelor hidrodinamice la care este supus amestecul lichid, exprimate în general prin tensiuni extrem de mari de forfecare a lichidului, vârtejuri

turbulente la viteze critice și cavitație. Temperatura la suprafața discurilor ajunge până la 300 °C, iar amestecul gazos mixt la esire din "cavitatorul rotativ de vaporizare" are o temperatură de circa 150...250 °C și o presiune de circa 0,4...0,5 MPa. Aceste fenomene de curgere în vârtejuri critice și de "cavitare" a unui amestec de lichide, dintre care unul este apă și celălalt o hidrocarbură, precum și efectele termodinamice rezultate, asociate acestor fenomene, sunt supuse unor cercetări fundamentale științifice în ultima perioadă de timp. Procesele termodinamice ce se petrec în timpul "tratamentului cu bule cavitationale" dintr-un cavitator pot fi asociate unui proces de "micro-cracare" al hidrocarbunii din amestec, în urma căruia au loc efecte distructive asupra unor legături chimice la nivel molecular cu formarea unor hidrocarburi noi cu greutate moleculară mai mică și divizarea parțială a apei cu formarea radicalilor de OH-OH, care sunt oxidanți foarte activi. Deoarece nu sunt folosite elemente "clasice" de încălzire și nu se formează depuneri de calcar, apa ca materie primă din amestec nu necesită pretratare chimică și poate fi de orice natură (industrială, reziduală, sărată).

Amestecul gazos mixt astfel format reprezintă o dispersie foarte fină și uniformă de picături minuscule de hidrocarbură primară și hidrocarburi noi formate în vapori saturați de apă conform proporției componentelor (apă/hidrocarbură primară) prestabilite în faza anterioară. Această proporție este păstrată uniform în tot fluxul de amestec gazos mixt generat de "cavitatorul rotativ de vaporizare". Menținerea constantă a proporției componentelor în fluxul de amestec gazos mixt este foarte importantă, fiindcă permite obținerea unui singaz cu o compoziție omogenă pe toată perioada formării lui și arderea singazului în arzător va fi uniformă, fără pulsații sau rupere de flacără.

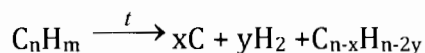
Din cavitatorul rotativ amestecul gazos mixt este introdus continuu printr-o conductă (8) în mantaua dublă a unui cuptor cilindric orizontal (25).

Cuptor cilindric orizontal (25) cuprinde o manta dublă formată din două "cămași cilindrice" concentrice din metal cu rezistență la temperaturi înalte, o „camașă interioară” (14) cu diametrul exterior d_2 , diametrul interior d_5 și o lungime b , o „camașă exterioară” (20) cu diametrul interior d_1 și lungime a , având raportul $d_2:d_1$ cuprins între 0,70 și 0,98 și raportul $a:b$ cuprins între 0,5 și 0,95, un capac (13) cu o gaură de acces (27), un fund (21) având o gaură de evacuare (26) cu diametrul d_4 , având un raport $d_4:d_5$ cuprins între 0,5 și 0,9, și spațiul dintre "cămașa cilindrică" interioară și exterioară, închis la capete ermetic prin sudarea unor flanșe (15),(23) care formează zona cilindrică toroidală (19) de supraîncălzire și realizare a reacțiilor de piroliză, iar spațiul din "cămașa cilindrică"

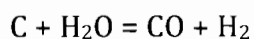
interioară formează focarul cuptorului (24), în care este amplasat un tub (12) în formă de arc elicoidal cilindric cu diametrul exterior al arcului **d3**, având raportul **d3:d5** cuprins între 0,4 și 0,95, dispus concentric cu "cămășile cilindrice" (14),(20) ale mantalei cuptorului, în interiorul tubului realizându-se reacțiile de reformare necatalitică cu abur, un capăt al tubului fiind introdus în zona cilindrică toroidală (19) din mantaua cuptorului iar celălalt este cuplat la o conductă (9) din sistemul de alimentare al arzătorului mixt (11).

Cuptorul este încălzit din interior prin arderea unui combustibil lichid sau gazos uzual cu ajutorul unui arzător clasic (11) mixt (dublu injector) de tipul "gaze - gaze" sau "combustibil lichid - gaze" cu tiraj forțat de aer, amplasat în gaura de acces (27) și cuplat la placa frontala (13) a cuptorului cilindric (25), iar gazele de ardere fierbinți sunt evacuate prin gaura de evacuare (26) din fundul cuptorului (21) direct în focarul (22) unui "cazan-utilizator" (18), la placa frontală (17) al căruia cuptorul cilindric este cuplat cu ajutorul unei flanșe de cuplaj (16) de pe mantaua cuptorului. Arderea acestui combustibil va asigura temperatura înaltă în focarul cuptorului pe o perioadă de timp, necesară numai pentru demararea procesului continuu de obținere a singazului și începerea arderii lui stabile, după care alimentarea arzătorului cu acest combustibil clasic este întreruptă.

Mantaua dublă a cuptorului joacă rolul unui schimbător de căldură radiant cu alimentare și evacuare continuă, unde amestecul gazos mixt este încălzit, în flux continuu, până la temperatura de 1100...1200 °C prin transferul termic al căldurii de la gazele de ardere din focarul cuptorului (24) prin peretele "cămășii" interioare (14) a cuptorului. Deplasarea amestecului gazos mixt este realizată în sens paralel cu gazele de ardere. Ca efect al acestei încălziri înalte, picăturile de hidrocarburi din amestec sunt supuse reacțiilor "primare" și "secundare" de piroliză, în urma cărora are loc descompunerea lor termică în carbon, hidrogen și alte hidrocarburi noi, ce au o stabilitate relativă mai mare la aceste temperaturi



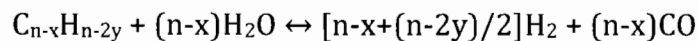
În această fază aburul din amestec are rolul de a împiedica efectul de cocsificare, ce poate apărea în urma reacțiilor "secundare" de piroliză la temperaturi înalte, prin fluidizarea carbonului din zona de pirogenare și concomitent prin realizarea reacției de descompunere a unei părți de abur din amestec în așa-numitul "gaz de apă"



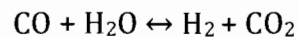
în urma căreia se obține monoxid de carbon și hidrogen.

Amestecul gazos complex astfel format și compus în general din hidrogen, monoxid de carbon, diferite hidrocarburi noi formate și rest de abur este direcționat într-un tub de reformare (12) metalic, poziționat în focarul (24) cuptorului.

Tubul de reformare (12) joacă rolul unui schimbător de căldură radiant de temperatură înaltă cu alimentare și evacuare continuă și constructiv reprezintă un monotub în formă de arc elicoidal cilindric, dispus concentric cu "cămășile cilindrice" (14),(20) ale mantalei cuptorului. În spațiul din interiorul tubului de reformare (12) se realizează reacțiile de reformare a hidrocarburilor cu abur la temperaturi înalte. Amestecul gazos complex în timpul deplasării prin interiorul lui, în contrasens cu gazele de ardere, este supraîncălzit până la temperatura de 1400...1600 °C prin regenerarea căldurii gazelor fierbinți din flacără. Ca urmare, în urma realizării reacției de reformare necatalitică cu abur la temperaturi înalte a hidrocarburilor noi din amestecul gazos complex, formate în faza anterioară de piroliză,



și a reacției de conversie a monoxidului de carbon cu abur (fiind temperatura prea mare numai a unei părți de monoxid de carbon)



este obținut la ieșirea din tubul de reformare, în flux continuu, **singazul**, compus în general din hidrogen, monoxid și bioxid de carbon, cu un raport mare de hidrogen/monoxid de carbon.

Întrucât în amestecul gazos mixt, format în "cavitatorul rotativ de vaporizare" (6), cantitatea de vapori de apă este în surplus stoechiometric față de necesarul reacțiilor de reformare cu abur al hidrocarbunii primare, singazul obținut conform procedurii din invenția de față are un raport mare de hidrogen/monoxid de carbon. Aceasta se datorează faptului că cantitatea de abur în surplus din amestecul gazos este suficientă atât pentru reformarea cu un grad apropiat de 100% a hidrocarbunii primare pe parcursul procesului tehnologic în H₂ și CO cât și pentru conversia a unei părți de CO în H₂ și CO₂. Astfel raportul de H₂ față de CO în singazul obținut este adus la maxim.

Dimensiunile mantalei cuptorului, al tubului de reformare și cantitatea de amestec gazos mixt livrată din “cavitatorul rotativ de vaporizare” trebuie să fie corelate în așa fel ca să permită petrecerea cu un grad cât mai apropiat de 100% a reacțiilor din procesul de obținere a singazului.

Un rol pozitiv la diminuarea timpului necesar petrecerii acestor reacții îl are acel fapt, că amestecul gazos mixt reprezintă o dispersie foarte fină și uniformă de picături minuscule de hidrocarburi în vapori de apă, obținută în urma efectelor de “micro-cracare”, omogenizare intensă și vaporizare din “cavitatorul rotativ de vaporizare”.

Printr-o conductă (9) singazul astfel obținut este direcționat în sistemul de alimentare al arzătorului mixt (11) pentru a fi aprins și ars în calitate de combustibil gazos alternativ. Temperatura reacțiilor de piroliză și reformare la demararea procesului de obținere a singazului este asigurată în prima etapă prin alimentarea printr-o conductă (10) a unui combustibil clasic (lichid sau gazos) și arderea lui în arzătorul mixt (11) pe o perioadă de timp de 2-3 minute. După aprinderea și începerea arderii stabile a singazului obținut, alimentarea arzătorului cu combustibil clasic este întreruptă, sistemul de ardere-producere singaz se stabilizează din punct de vedere al echilibrului termic, iar căldura obținută de la arderea lui este utilizată:

- în interiorul cuptorului cilindric (25) pentru menținerea temperaturii înalte necesare procesului tehnologic de obținere a singazului și
- în interiorul “cazanului-utilizator” (18) la producerea agentului termic (cazan de aburi și/sau apă fierbinte), electricitate sau lucru mecanic (grup cazan aburi - turbină, generator curent sau motor cu abur).

Deoarece temperatura flacarei de ardere al singazului, bogat în hidrogen, este de peste 2000 °C materialele folosite trebuie să reziste în timp la aceste temperaturi.

Demararea de la rece a procesului de obținere a singazului în flux continuu, precum și începerea arderii lui, conform invenției de față, este efectuat în timpi de ordinul minutelor (în general doar 2-3 minute) întrucât acesta este timpul necesar pentru intrarea în regimul optim de funcționare (producerea amestecului gazos mixt) al “cavitatorului rotativ de vaporizare” (6) și pentru supraîncălzirea, prin arderea unui combustibil clasic, a zonei cilindrice toroidale (19) și a tubului de preformare (12) până la temperatura necesară realizării reacțiilor de piroliză și reformare. Oprirea procesului de formare a singazului se realizează instantaneu prin oprirea alimentării cu energie electrică

a motoarelor electrice ce antrenează “cavitatorul rotativ de vaporizare” (6) și pompa de apă (4). Ca urmare se oprește instantaneu producerea de amestec gazos mixt, ca materie primă, din care este obținut singazul.

În urma combustiei singazului cu oxigenul din aerul de combustie gazele reziduale emise din “cazanul-utilizator” (18) vor fi compuse în general dintr-un amestec gazos de vapori de apă și dioxid de carbon, aflat în stare liberă. Cu o instalație de separare/condensare abur (nu este arătată) se poate separa dioxidul de carbon liber din gazele reziduale. Apa obținută în urma condensării aburului este direcționată spre rezervorul de apă (nu este arătat) și poate fi folosită iarăși ca materie primă în procesul de obținere a singazului, iar dioxidul de carbon poate fi captat sau eliminat în atmosferă.

Tot procesul de obținere și ardere în condiții sigure a singazului poate fi corespunzător automatizat.

În continuare în Tabelul 1 se prezintă un exemplu al parametrilor de realizare a procedurii într-o instalație, conform invenției, ce funcționează pe bază amestecului de apă/biodiesel.

Tabel 1

Caracteristici tehnice instalație	Unitatea de măsură	Valoare
Consum apă	L/h	28,3
Consum biodiesel	L/h	4,7
Consum energie electrică (pompa apă + cavitatorul rotativ + arzătorul)	Kw/h	22
Raportul de masă apă/biodiesel din amestec		6:1
Temperatura flăcării de la arderea singazului în cuptorul cilindric	°C	2000÷2200
Energie termică produsă de la arderea singazului și utilizată în “cazanul-utilizator”	Gcal/h	0,6

REVEDICĂRI

1. Un procedeu de obținere în flux continuu a gazului de sinteză (în continuare singaz) prin succesiunea operațiilor de “micro-cracare” la rece, pirogenare și reformare necatalitică cu abur la temperaturi înalte a combustibililor lichizi din rândul hidrocarburilor complexe (păcură, CLU, motorină, gudron, bitum, naftă, uleiuri minerale, uleiuri de șist, uleiuri vegetale, biodiesel, etc.), precum și a reziduurilor lor și utilizarea lui ca combustibil gazos alternativ la producerea energiei termice, **caracterizat prin aceea că** în prima fază demararea procesului se efectuează prin formarea **amestecului lichid mixt de apă/hidrocarbură**, în a doua faza amestecul lichid format este introdus într-un “cavitator rotativ de vaporizare” (6) pentru tratament hidrodinamic și transformare instantanee într-un **amestec gazos mixt**, în a treia faza amestecul gazos mixt format este introdus pentru supraîncălzire succesivă în flux continuu, la început în zona cilindrică toroidală (19) din mantaua metalică dublă (14),(20) a unui cuptor cilindric orizontal (25), apoi într-un tub metalic de reformare (12), amplasat în focarul (24) acestui cuptor, obținându-se în urma supraîncălzirii succesive la ieșirea din tubul de reformare un singaz, care este direcționat în arzătorul (11) al cuptoului spre a fi aprins și ars ca combustibil gazos alternativ, asigurându-se în continuare prin arderea lui căldura necesară pentru întreținerea procesului de obținere a singazului în flux continuu precum și pentru funcționarea unui “cazan-utilizator” (18) energetic în scopul producerii prin cogenerare a agentului termic (apă fierbinte și/sau abur).
2. Un procedeu conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** amestecul de apă și combustibil lichid din rândul hidrocarburilor complexe, raportul de masă a celor două componente fiind de la 4:1 până la 8:1, este realizat cu un injector (3) de tipul Venturi prin injectarea, conform proporției prestabilite, a hidrocarburi în fluxul de apă din conducta de aspirație (1) a pompei de apă electrice (4), iar prin conducta de refulare (5), amestecul astfel format, este introdus cu o presiune de 0,1...0,2 MPa în “cavitatorul rotativ de vaporizare” (6), antrenat de un motor electric (7), spre omogenizare intensă și vaporizare.

3. Un procedeu conform revendicarii 1, **caracterizat prin aceea că, amestecul gazos mixt**, având o presiune de 0,4...0,5 MPa, o temperatură de 150...250 °C și reprezentând o dispersie uniformă de picături de hidrocarburi în vapori saturați de apă, este obținut fără elemente "clasice" de încălzire cu ajutorul unui "cavitator rotativ de vaporizare" (6), în care sunt realizate efectele hidrodinamice de curgere al lichidelor în vârtejuri critice și de cavitație.
4. Un procedeu conform revendicarii 1, **caracterizat prin aceea că** amestecul gazos mixt este introdus printr-o conductă (8) în zona cilindrică toroidală (19) din mantaua dublă a cuptorului cilindric (25), unde este supraîncălzit în flux continuu până la temperatura de 1100...1200 °C, evacuat în continuare direct în tubul de reformare (12), unde este supraîncălzit în flux continuu până la temperatura de 1400...1600 °C și ca urmare singazul, obținut în urma acestor supraîncălziri succesive, compus în general din hidrogen, monoxid și bioxid de carbon este evacuat din tubul de reformare printr-o conductă (9) direct în sistemul de alimentare al arzătorului mixt (11).
5. Un procedeu conform revendicarii 1, **caracterizat prin aceea că** cuptorul cilindric (25) este încălzit din interior prin arderea în focarul lui (24), în prima etapă, la demararea procesului, a unui combustibil lichid sau gazos clasic, până la temperatura necesară obținerii singazului, după care, în a doua etapă, încălzirea cuptorului se realizează prin arderea singazului obținut din tubul de reformare (12).
6. Un procedeu conform revendicarii 1 și 5, **caracterizat prin aceea că** aprinderea și arderea unui combustibil lichid sau gazos clasic, în prima etapă, și a singazului, în a doua etapă, este efectuată cu ajutorul unui arzător clasic (11) mixt (dublu injector) de tipul "gaze - gaze" sau "combustibil lichid - gaze" cu tiraj forțat de aer de combustie primar și secundar, amplasat în gaura de acces (27) din capacul cuptorului cilindric (13), un injector al arzătorului fiind folosit la arderea unui combustibil clasic și celălalt la arderea singazului, iar gazele de ardere fierbinți sunt evacuate printr-o gaură (26) din fundul cuptorului (21) direct în focarul unui "cazan-utilizator" (18), în gaura de acces din placa frontală (17) al căruia, cuptorul

cilindric este amplasat și fixat cu ajutorul unei flanșe de cuplaj (16) de pe mantaua cuptorului.

7. Un cuptor cilindric orizontal (25) pentru supraîncalzirea amestecului gazoz mixt obținut prin procedeul conform revendicărilor de la 1 la 6, **caracterizat prin aceea că** acesta cuprinde o manta dublă formată din două “cămăși cilindrice” concentrice din metal cu rezistență la temperaturi înalte, o “cămașă interioară” (14) cu diametrul exterior **d2**, diametrul interior **d5** și o lungime **b**, o “cămașă exterioră” (20) cu diametrul interior **d1** și lungime **a**, având raportul **d2:d1** cuprins între 0,70 și 0,98 și raportul **a:b** cuprins între 0,5 și 0,95, un capac (13) cu o gaură de acces (27), un fund (21) cu o gaură de evacuare (26) cu diametrul **d4**, având un raport **d4:d5** cuprins între 0,5 și 0,9, și spațiul dintre “cămașa cilindrică” interioară și exterioră, închis la capete ermetic prin sudarea unor flanșe (15),(23) care formează zona cilindrică toroidală (19) de supraîncălzire și realizare a reacțiilor de piroliză iar spațiul din “cămașa cilindrică” interioară formează focarul cuptorului (24), în care este amplasat un tub (12) în formă de arc elicoidal cilindric cu diametrul exterior al arcului **d3**, având raportul **d3:d5** cuprins între 0,4 și 0,95, dispus concentric cu “cămășile cilindrice” (14),(20) ale mantalei cuptorului, în interiorul tubului (12) realizându-se reacțiile de reformare necatalitică cu abur, un capăt al tubului fiind introdus în zona cilindrică toroidală (19) din mantaua cuptorului iar celălalt este cuplat la o conductă (9) din sistemul de alimentare al arzătorului mixt (11).

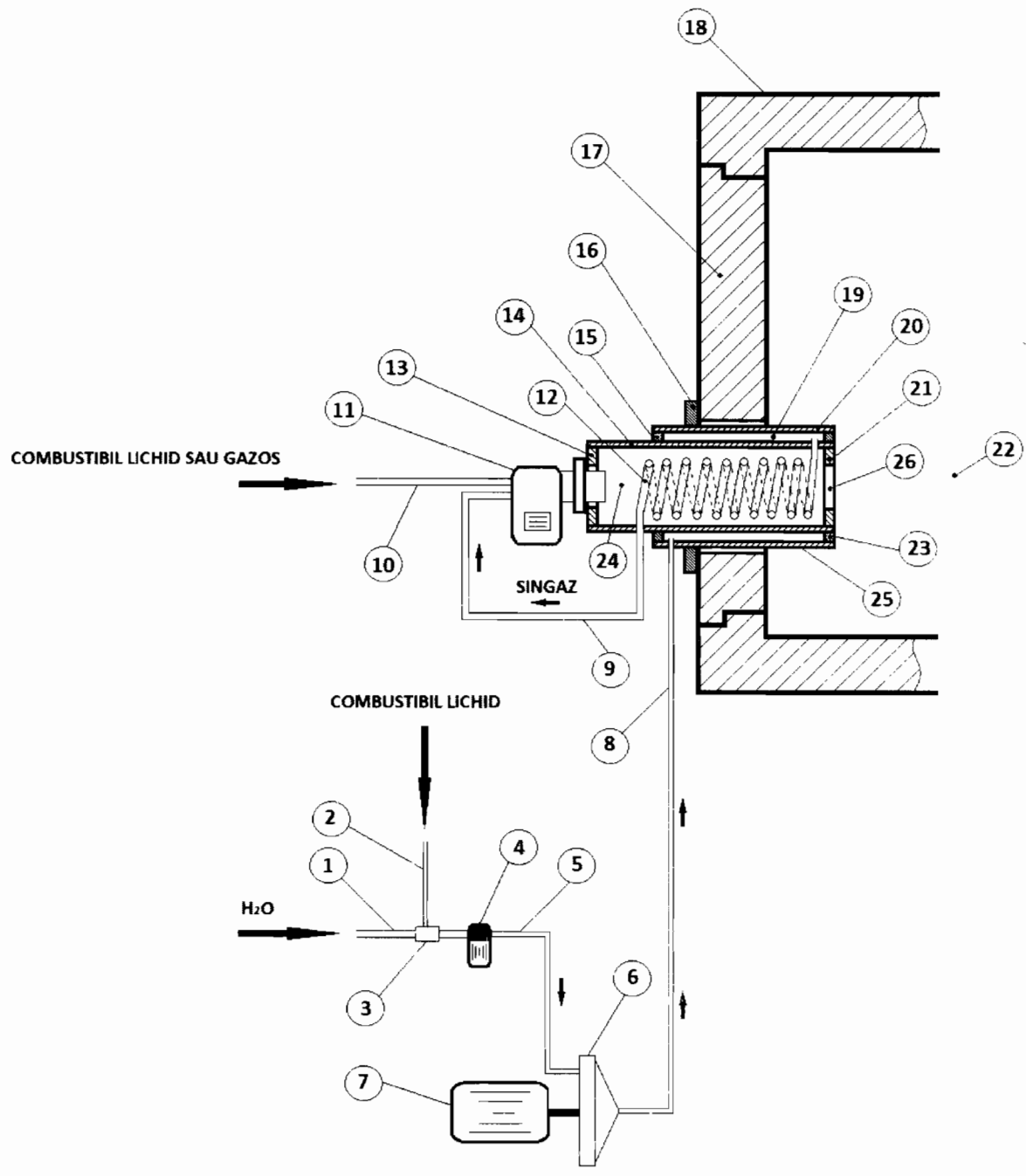


Fig. 1

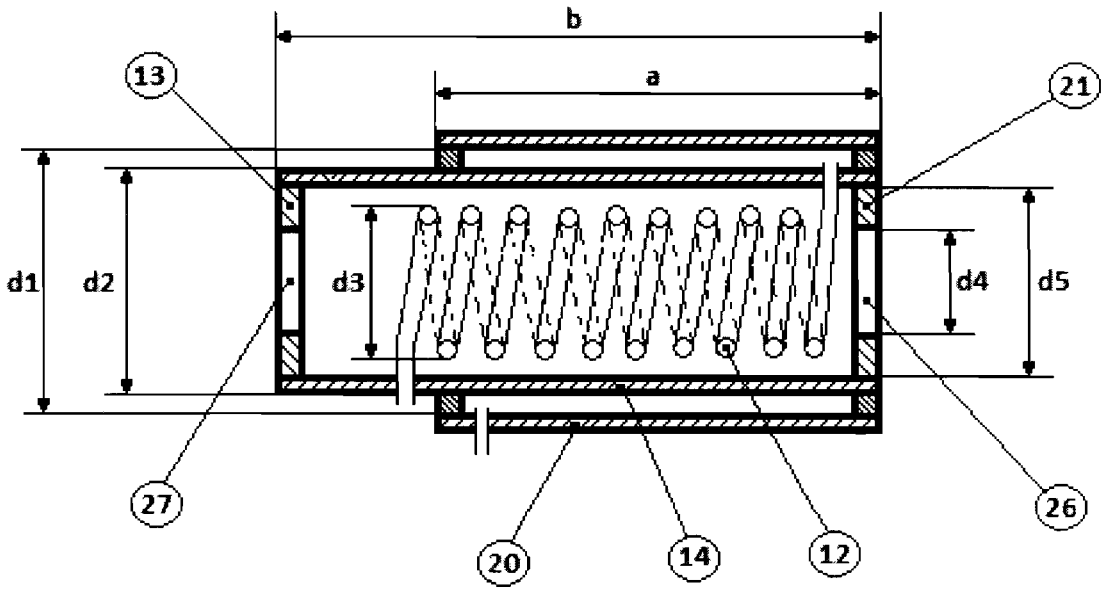


Fig. 2