



BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2000 00857**

(22) Data de depozit: **11.02.1999**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **28.04.2006** BOPI nr. 4/2006

(30) Prioritate:
27.02.1998 RU 98104821

(86) Cerere internațională PCT:
Nr. RU 99/00038 11.02.1999

(87) Publicare internațională:
Nr. WO 99/43765 02.09.1999

(73) Titular:
• **COOLBROOK LIMITED,**
MILL MALL, SUITE 6, WICKHAMS CAY
I.P.O.BOX. 3085, ROAD TOWN, TORTOLA,
VG

(72) Inventatori:
• **BUSHUEV VLADIMIR ANDREEVICH,**
UL. KUKHMISTEROVA, D.12/23, KV.281,
MOSCOVA, RU

(74) Mandatar:
ROMINVENT S.A.,
STR. ERMIL PANGRATTI NR.35,
SECTOR 1, BUCUREȘTI

(56) Documente din stadiul tehnicii:
US 4265735, 4589473

(54) **PROCEDEU ȘI DISPOZITIVE PENTRU OBTINEREA OLEFINELOR INFERIOARE**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un procedeu și la dispozitive pentru obținerea olefinelor inferioare, cu aplicabilitate în industria petrochimică. Procedeu conform invenției cuprinde preîncălzirea și evaporarea materiei prime, amestecarea cu abur ca diluant, încălzirea amestecului rezultat până la temperatura de piroliză, într-un reactor rotativ lamelar, răcirea gazului de cracare și separarea ulterioară a acestuia, în care încălzirea ameste-

până la temperatura de piroliză se realizează prin amestecarea cu gaz pirolizat fierbinte, care circulă într-o cavitate de lucru a reactorului, o perioadă de timp neglijabilă comparativ cu durata reacțiilor de piroliză.

Revendicări: 5
Figuri: 6



Invenția se referă la un procedeu pentru obținerea olefinelor inferioare, la un reactor pentru piroliza hidrocarburilor și la un dispozitiv pentru răcirea gazului de cracare, având aplicabilitate în industria petrochimică.

Este cunoscut că procesul de bază în producția comercială a olefinelor inferioare (etilene și propilene) constă în piroliza termică a hidrocarburilor. Ca materii prime se utilizează hidrocarburi ale căror molecule au doi sau trei atomi de carbon. În industrie se utilizează, în general, gaze de la rafinarea petrolului, ca și păcură sau fracțiuni de motorină.

În cadrul tehnologiei general acceptate, materia primă evaporată și amestecată cu abur este introdusă într-un tub de cracare plasat în interiorul secțiunii radiante a furnalului de piroliză, unde amestecul este încălzit rapid. Reacțiile de piroliză au loc cu absorbție mare de căldură. Un gaz de cracare având temperatura de ieșire de 750-950°C este răcit și transportat într-o instalație de fracționare a gazului, în care se separă etilena, propilena, butadiena, metanul, hidrogenul și alți produși de piroliză. Cel mai valoros produs rezultat din piroliză este etilena.

În timpul pirolizei hidrocarburilor, întotdeauna este implicată o hidrocarbură din care o parte este antrenată de gazul de cracare sub formă de particule de funingine, iar o altă parte formează depozite de cocs pe pereții tuburilor de cracare, ca și în instalațiile din aval. Depunerile de cocs măresc presiunea din tuburile de cracare și afectează procesul normal de transfer al căldurii din zona de reacție, rezultând supraîncălziri în tuburile de cracare, diminuarea productivității instalației de piroliză și scăderea producției de olefine inferioare. De aceea, depunerile de cocs sunt îndepărtate periodic, operațiune care se face uzual prin ardere cu aer sau cu un amestec aer/vapori de apă.

Printre reacțiile de piroliză termică se disting următoarele: reacțiile primare, din care rezultă olefine și reacțiile secundare, în timpul cărora olefinele deja formate se pierd. Prin creșterea temperaturii, aceste reacții sunt accelerate, atât cele primare, cât și cele secundare, dar viteza reacțiilor primare crește mai repede decât a celor secundare. Viteza reacțiilor primare nu depinde de presiune, în timp ce viteza reacțiilor secundare descrește cu scăderea presiunii. De aceea, pentru a mări randamentul în olefine se urmărește diminuarea presiunii parțiale a hidrocarburii în zona de reacție și creșterea temperaturii procesului în cadrul limitelor impuse. Presiunea parțială a hidrocarburii poate fi diminuată prin adăugarea aburului ca diluant. Cantitatea optimă de abur depinde de compoziția hidrocarburii utilizată ca materie primă. Pentru materii prime ușoare (metan sau propan), în mod uzual, cantitatea de abur reprezintă 20...40% din masa materiei prime. Pentru materiile prime grele, cum ar fi motorina, aburul poate ajunge până la 80...100% din masa materiei prime. Nu este recomandabil să se ridice temperatura de piroliză mai mult de 950...1000°C, deoarece aceasta accelerează brusc formarea cocsului și scade randamentul în acetilene valoroase în favoarea etilenei.

Printre dezavantajele reactorului de cracare tubular, folosit în scopuri comerciale, se pot enumera:

a. este necesar transferul unei cantități mari de căldură în zona de reacție prin pereții tubului de cracare. Datorită fluxului intens de căldură, temperatura pereților tubului de cracare depășește cu mult temperatura procesului de bază producând intensificarea producerii de cocs și diminuarea randamentului în produse utile. Datorită condițiilor impuse de transferul de căldură este imposibil să fie redusă presiunea în zona de piroliză, fiind necesar să se asigure o viteză mare de alimentare cu materii prime în această zonă.

b. încălzirea materiilor prime doar la trecerea prin tubul de cracare este insuficientă. Din această cauză, o cantitate inițială de olefine deja formate, la temperaturi relativ joase și antrenate din nou de fluxul de materie primă prin zonele din ce în ce mai intens încălzite,

RO 120574 B1

staționează un timp suplimentar, în aceste condiții, când reacțiile secundare se desfășoară cu intensitate mărită. Acest dezavantaj devine aparent major la piroliza fracțiunilor medii de petrol, precum păcura și motorina, care conțin atât hidrocarburi superioare de cracare ușoară, cât și hidrocarburi inferioare de cracare la temperaturi înalte.

În **US 5300216** se descrie metoda și utilajul pentru cracarea termică a hidrocarburilor în prezența aburului, trecând prin unde de șoc staționare de înaltă intensitate. Aburul supraîncălzit într-un încălzitor tubular până la temperatura de circa 1000°C este introdus la o presiune de aproape 2,7MPa printr-un ajutoraj supersonic în reactorul care cuprinde zone de amestecare și de piroliză. În zona de amestecare, materia primă (etan) preîncălzită la temperatura de circa 627°C este introdusă prin amestecătoare într-un flux de abur cu viteză supersonică. Amestecul rezultat formează un curent cu viteză supersonică care are o temperatură mai mică decât cea necesară inițierii reacțiilor de piroliză. Între amestecul amintit și zonele de piroliză se creează o zonă de compresie (undă de șoc continuă și staționară). La trecerea prin această zonă de compresie bruscă, energia cinetică a fluxului de alimentare este convertită în căldură. În zona imediat anterioară zonei de compresie bruscă, viteza fluxului de materiale scade la nivel subsonic și temperatura crește până la circa 1000°C și la o presiune de aproape 0,9MPa abs. Fluxul de materiale trece prin zona de piroliză pentru 0,005...0,05sec, iar temperatura sa scade până la aproape 863°C, ca urmare a căldurii absorbite de reacțiile de piroliză. Conversia etanului la etilena atinge 70%. Gazul de cracare traversează utilajul de răcire și schimbătoare de căldură din aval, fiind transportat mai departe spre separatorul de gaze. În acest utilaj toate dezavantajele amintite mai sus pentru reactoarele tubulare de piroliză sunt eliminate. Materiile prime ating temperatura maximă de piroliză extrem de rapid și pereții secțiunii de piroliză nu sunt folosiți pentru transferul de căldură în zona de reacție. Pe de altă parte însă, cantitatea necesară de abur per masă de hidrocarbură trebuie să fie de circa 500...667%. Legat de aceasta, utilizarea excesivă de energie per unitatea de etilena produsă este deosebit de mare și imposibil de diminuat în mod considerabil. Aceasta face ca instalația să fie neconcurențială în condițiile actuale legate de raportul prețurilor pentru energie și olefine.

Brevetul **US 4426278** descrie reactorul tubular de piroliză care include un supraîncălzitor de abur, un dispozitiv pentru amestecarea aburului supraîncălzit cu hidrocarbură și un tub de cracare poziționat în interiorul blocului de radiație. Aburul care vine de la supraîncălzitor cu o temperatură cuprinsă între 1000 și 1500°C este amestecat cu hidrocarbura de alimentare, obținându-se astfel, imediat, un amestec la temperatura de inițiere a reacțiilor de piroliză. În acest reactor, dezavantajul amintit anterior la punctul b) este parțial eliminat. Totuși, la temperatura de 1100°C, aburul trebuie introdus într-o proporție de 185...275% față de masa de hidrocarbură, iar la temperatura de 1430°C, într-o proporție de 120%. Prepararea aburului supraîncălzit la temperaturi atât de înalte este extrem de dificilă, iar consumul de energie este excesiv de mare.

Brevetul **US 3579601** descrie un reactor tubular de piroliză în care materia primă este introdusă în tubul de cracare prin mai multe puncte situate de-a lungul acestuia. Fiecare porțiune de materie primă introdusă atinge imediat o temperatură suficientă pentru pornirea reacțiilor de piroliză, datorită amestecării practic instantanee cu gazul fierbinte deja pirolizat, care circulă pe deasupra, prin tubul de cracare. Piroliza este menținută în continuare prin alimentare cu căldură prin pereții tubului de cracare. Această invenție elimină parțial dezavantajul de la pct. b)., însă dezavantajul de la pct. a) persistă. Randamentul în olefine și alte hidrocarburi nesaturate crește, iar depunerile de cocs și formarea metanului descresc. Dezavantajul acestei invenții constă în configurația complicată a tubului de cracare, ceea ce face dificilă poziționarea acestuia în interiorul camerei radiante a unui încălzitor.

1 Certificatul de autor **URSS 1189871** descrie procesul de cracare termică a păcurii și
 2 motorinei. Materia primă este separată în câteva fracțiuni prin fierbere la intervale de câte
 3 20...40°C. Fracțiunile astfel obținute sunt pirolizate în tuburi de cracare individuale în condiții
 4 termice optime pentru fiecare fracțiune. Acest procedeu permite diminuarea dezavantajului
 5 de la pct. b)., crește randamentul în olefine inferioare și diminuează formarea cocsului, însă
 6 realizarea tehnică a acestui procedeu este asociată cu complicarea esențială a structurii
 7 camerei radiante, deoarece aceasta necesită crearea unor condiții termice individuale în
 8 câteva tuburi de cracare, în condițiile existenței unei interrelații instabile între proporțiile de
 9 materiale din fluxul de alimentare.

10 Brevetul **US 4265732** descrie procedeul de cracare termică a hidrocarburilor gazoase
 11 într-un reactor construit ca un utilaj cu palete multietajate de tip axial. Căldura necesară piro-
 12 lizei este generată direct în interiorul gazului reactant, datorită cilindrului hidrodinamic al roto-
 13 rului cu palete, pus în mișcare de un dispozitiv. Această invenție elimină complet dezavan-
 14 tajul de la pct. a), dar nu și pe cel de la pct. b). Tipul de reactor axial cu palete multietajate,
 15 capabil să funcționeze la temperaturile de piroliză a hidrocarburilor nu a fost fabricat.

16 Brevetul **US 5271827** descrie un cuptor tubular de piroliză, dotat cu reactor tubular
 17 adiabatic plasat între ieșirea din tubul de cracare și intrarea în dispozitivul de răcire. În reac-
 18 torul tubular adiabatic piroliză continuă pe baza căldurii intrinseci a fluidului care reacțio-
 19 nează fără adaos de căldură din exterior. Utilizarea reactorului tubular adiabatic permite eco-
 20 nomisirea energiei suplimentare necesară pentru piroliză.

21 Componenta esențială a instalațiilor de piroliză constă în dispozitivul de răcire a gaze-
 22 lor de cracare, astfel încât să lase reactorul la o temperatură care să stopeze reacțiile secun-
 23 dare nedorite. Răcirea poate fi atât directă, prin injectare de abur, apă sau gudroane ușoare
 24 de piroliză, cât și indirectă, prin utilizarea unui schimbător de căldură. Răcirea directă este
 25 aplicată în mod uzual în cracarea termică a motorinelor. În cazul cracării termice a hidrocar-
 26 burilor ușoare, răcirea indirectă în schimbătoare de căldură este aplicată în mod uzual și
 27 pentru generarea simultană a aburului de înaltă presiune.

28 Cererea PCT **WO 95/32263** revendică un dispozitiv pentru răcirea gazului de cracare.
 29 Acest dispozitiv cuprinde două spații, separate de un perete: unul din spații este format din
 30 tuburile prin care circulă gazul de cracare, iar în cel de-al doilea este adusă la fierbere apa
 31 de răcire. Din cauza diametrului mic al acestor tuburi, dispozitivul de acest tip creează rezis-
 32 tență mare la curgere și favorizează depunerile de cocs. În mod normal, pierderea de pre-
 33 siune prin dispozitiv nu este mai mică de 0,02...0,03MPa, iar în zona cu depuneri aceasta
 34 atinge 0,07MPa și chiar mai mult, ceea ce face să crească presiunea interioară în fluxul aflat
 35 în partea superioară a reactorului de piroliză și, ca urmare scade randamentul în olefine.
 36 Este posibil să se diminueze pierderea de presiune prin dispozitiv prin creșterea diametrului
 37 tuburilor de transfer a căldurii. Dar această soluție nu este permisă, deoarece are ca rezultat
 38 diminuarea gradului de răcire.

39 Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă din elaborarea unui procedeu
 40 eficient care conduce la creșterea randamentului în produs util, cu posibilitate de automati-
 41 zare completă a operațiilor procesului.

42 Procedeul de obținere a olefinelor cu greutate moleculară mică, prin piroliza hidrocar-
 43 burilor, care cuprinde preîncălzirea și evaporarea materiei prime, amestecarea acesteia cu
 44 abur ca diluant, încălzirea amestecului rezultat până la temperatura de piroliză într-un reac-
 45 tor rotativ lamelar, răcirea gazului de cracare și separarea ulterioară a lui, conform invenției,
 46 elimină dezavantajele menționate mai sus prin aceea că încălzirea amestecului până la tem-
 47 peratura de piroliză se realizează prin amestecarea cu gaz pirolizat fierbinte care circulă
 48 într-o cavitate de lucru a reactorului rotativ lamelar pentru o perioadă de timp neglijabilă
 49 comparativ cu durata reacțiilor de piroliză.

RO 120574 B1

Reactorul pentru piroliza hidrocarburilor, care cuprinde o incintă prevăzută cu lamele staționare, un orificiu de intrare pentru alimentare cu materii prime, un orificiu de ieșire a gazului de cracare și o roată prevăzută cu o coroană de lamele, conform invenției, elimină dezavantajele menționate mai sus prin aceea că incinta are o cavitate inelară pentru circulația gazului pirolizat fierbinte, care conține lamelele staționare și înconjoară periferia roții cu coroana de lamele, iar orificiile de intrare a materiei prime și de ieșire a gazului de cracare comunică cu cavitatea menționată.	1
Dispozitivul pentru răcirea gazului de cracare, care cuprinde un schimbător de căldură având spații pentru fluide care se încălzesc și se răcesc, separate printr-un perete, elimină dezavantajele menționate prin aceea că este prevăzut cu un "T" și un ejector constituit dintr-un ajutor, o cameră de admisie și o cameră de amestecare, camera de amestecare a ejectorului și unul dintre orificiile "T"-ului comunicând cu spațiul în care se află fluidul răcit, iar camera de admisie a ejectorului fiind legată cu celălalt orificiu al "T"-ului.	9
Prin aplicare invenției se obțin următoarele avantaje:	13
- îmbunătățirea randamentului în olefine utile;	15
- consum redus de energie pentru desfășurarea procesului;	
- se realizează alimentarea cu o hidrocarbură încălzită la temperatura de piroliză pentru o perioadă de timp neglijabilă comparativ cu durata reacțiilor de piroliză;	17
- timp scurt de pornire a instalației și posibilitatea de automatizare completă a operațiilor și controlului acesteia care conduc la creșterea randamentului în produs util.	19
- cantitatea de abur adăugată ca diluant per greutatea hidrocarburi de alimentare nu depășește limitele reglementare acceptate în instalațiile de piroliză existente;	21
- configurația fantă-evacuare a reactorului permite construcția sa într-o variantă monofazică și din materiale cunoscute utilizate în prezent în tehnică.	23
Prima invenție din grupul de mai sus este procedeul pentru producerea olefinelor inferioare(cu greutate moleculară mică) prin piroliză termică a hidrocarburilor. Acest procedeu cuprinde următoarele faze: preîncălzirea și evaporarea materiei prime; amestecarea acesteia cu abur ca diluant; încălzirea amestecului până la temperatura de piroliză într-un reactor rotativ lamelar prin căldura generată în interiorul unui volum al amestecului de reacție datorată efectului hidrodinamic al rotorului cu lamele care se rotește în interior; răcirea gazului de cracare și separarea ulterioară a acestuia.	25
În acest procedeu, amestecul de reacție este încălzit la temperatura de piroliză într-o perioadă de timp neglijabilă comparativ cu durata reacțiilor de piroliză, deoarece amestecul cu gazul fierbinte rezultat din piroliză s-a făcut prin circulația acestuia într-o cavitate de lucru a reactorului lamelar.	27
Preîncălzirea materiei prime și a aburului utilizat ca diluant se poate realiza în două etape, cea de-a doua etapă având loc într-un schimbător de căldură, care utilizează căldura cedată de gazul de cracare care părăsește reactorul.	29
Comparativ cu procedeul descris în brevetul US 4265732 , prezentul procedeu conduce la creșterea randamentului în olefine utile, datorită încălzirii instantanee a amestecului de reacție până la temperatura maximă de piroliză prin amestecarea sa cu gazele fierbinți care tocmai au rezultat din procesul de piroliză și care mai sunt în circulație în cavitatea de lucru a reactorului. Căldura gazelor de cracare care părăsesc reactorul lamelar este utilizată-pentru preîncălzirea materiilor prime și a aburului diluant care se introduc în reactor, ceea ce permite simplificarea structurii schimbătorului de căldură datorită diminuării diferenței de presiune dintre secțiunile fierbinte și rece ale reactorului, conducând totodată la un consum mai redus de energie pentru desfășurarea procesului.	31
	33
	35
	37
	39
	41
	43
	45
	47

A doua invenție a grupului constă în construcția reactorului de piroliză a hidrocarburilor. Reactorul cuprinde o incintă prevăzută cu lamele **17**, **18** staționare, un orificiu **21** de intrare pentru alimentare cu materii prime, un orificiu **22** de ieșire a gazului de cracare și o roată **24** prevăzută cu o coroană **25** de lamele. Incinta are o cavitate inelară pentru circulația gazului fierbinte pirolizat, în care sunt plasate lamelele staționare **17** și **18**. Această cavitate înconjoară periferia roții **24** cu coroana de lamele, iar orificiile de intrare **21** și ieșire **22** comunică cu cavitatea menționată.

Incinta reactorului are o manta **8** și un strat **14** interior rezistent la căldură, îmbinate una de alta. Suprafața interioară a mantalei **8** este acoperită pe interior cu un strat izolator termic.

Spre deosebire de reactorul descris în brevetul **US 4265732**, prezentul reactor permite încălzirea practic instantanee până la temperatura maximă de piroliză a amestecului format din materii prime și abur diluant, datorită amestecării cu gazele fierbinți deja pirolizate, rezultând astfel un randament mai bun în olefine inferioare. Un alt avantaj al acestui reactor constă în configurația fantă-evacuare, care permite construcția sa într-o variantă monofazică și din materiale cunoscute și utilizate în prezent în tehnică.

A treia invenție a grupului se referă la dispozitivul de răcire a gazului de cracare. Dispozitivul cuprinde un schimbător de căldură alcătuit din două spații separate printr-un perete, pentru fluide care se încălzesc și se răcesc. Acest dispozitiv este prevăzut cu un "T" și cu un ejector având un ajutor **28**, o cameră **39** de admisie și o cameră **40** de amestecare. Camera de amestecare **40** și unul dintre ștuțurile **34** "T"-ului comunică cu spațiul în care se află fluidul răcit, iar camera **39** de admisie comunică cu celălalt ștuț **35** al "T"-ului.

Această configurație pentru răcirea gazului de cracare oferă atât un timp scurt pentru răcire, cât și o pierdere mică de presiune prin dispozitiv, astfel încât să se obțină diminuarea presiunii în fluidele din zona de reacție, contribuind la atingerea obiectivului principal - creșterea randamentului în olefine inferioare.

În continuare, se prezintă un exemplu de realizare a invenției în legătură cu fig. 1...6, care reprezintă:

- fig. 1, schema instalației pentru realizarea procedurii de obținere a olefinelor inferioare.

- fig. 2, o secțiune prin reactorul pentru piroliză hidrocarburilor;

- fig. 3, o secțiune pe linia **A - A** din fig. 2;

- fig. 4, o secțiune a lamelei radiale a reactorului;

- fig. 5, o reprezentare pe direcția săgeții **B** din fig. 4;

- fig. 6, o secțiune prin dispozitivul de răcire a gazului de cracare.

Instalația (fig. 1) pentru realizarea procedurii include un preîncălzitor **1**, niște dispozitive **2** și **3** pentru răcirea gazului de cracare, un reactor **4**, o turbina de gaz **5**, legată cu reactorul **4** printr-un ax **6**, iar cu preîncălzitorul **1**, printr-un exhaustor **7**.

Preîncălzirea materiilor prime și a aburului diluant într-o primă fază se realizează în preîncălzitorul **1**. Materia primă hidrocarbonată, care vine de la o sursă exterioară (nereprezentată în desene), este introdusă prin presiune în preîncălzitorul **1**, figurat, ca un schimbător de căldură tubular. Gazul evacuat de la turbina de gaz **5** este trecut prin spațiul inter-tubular al acestui schimbător de căldură. De la o sursă exterioară (nereprezentată în desen) se introduce apă sub presiune în preîncălzitorul **1**, în care apa este evaporată, iar aburul rezultat este amestecat cu materia primă hidrocarbonată.

Preîncălzirea materiei prime și a aburului diluant în faza a doua se realizează în dispozitivele **2** și **3** pentru răcirea gazului de cracare, utilizând căldura gazului de cracare

RO 120574 B1

care părăsește reactorul. Descrierea detaliată a dispozitivului pentru răcirea gazului de cracare va fi prezentată mai jos.	1
Amestecul de materie primă și abur diluant de la dispozitivele 2 și 3 pentru răcirea gazului de cracare este introdus în reactorul lamelar 4. Gazele pirolizate, fierbinți, circulă de-a lungul cavității inelare a reactorului și căldura necesară pirolizei este generată direct în interiorul volumului amestecului de reacție, datorită efectului hidrodinamic de rotație a roții cu lamele. Încălzirea amestecului de reacție până la temperatura de piroliză se realizează prin amestecarea acestuia cu gazele pirolizate fierbinți într-un interval de timp neglijabil comparativ cu durata reacțiilor de piroliză. Descrierea detaliată a structurii reactorului va fi prezentată în continuare.	3 5 7 9
Gazul de cracare preluat de la reactorul 4 este transportat la dispozitivele de răcire 2 și 3 prin interconectarea conductelor cu suprafețe netede pentru a preveni formarea de zone de curenți de separare. Toate aceste conducte sunt egale în volum. Gazul cracat este răcit în dispozitivele 2 și 3, și apoi este transportat într-o instalație de fracționare a gazului (nefigurat în desene). În fig. 1 sunt descrise două dispozitive pentru răcirea gazului de cracare, dar numărul acestora nu este limitat în cazul realizării practice a invenției.	11 13 15
Pentru acționarea reactorului, se utilizează motorul turbinei de gaz 5. Prezentat în fig. 1, motorul turbinei de gaz este alcătuit dintr-un ciclu termodinamic simplu, fără încălzitoare și răcitoare intermediare ale fluidului de lucru. Pentru acționare, pot fi utilizate motoare de turbine de gaz care operează într-un ciclu multicomponent, ca și turbina de abur sau motorul electric.	17 19 21
Cantitatea de apă care se amestecă cu hidrocarbura de alimentare și temperatura finală acceptabilă depind de compoziția materiei prime. Dacă materia primă este sub formă de hidrocarburi gazoase uzuale, cantitatea de apă adăugată poate fi până la 30...40%, în raport cu ordinul de greutate al hidrocarburi, iar temperatura amestecului de reacție, după a doua preîncălzire, nu trebuie să depășească 650°C.	23 25
Dacă se utilizează ca materii prime hidrocarburi lichide uzuale - ca păcura sau motorina - apa poate fi adăugată în proporție de 80...100% față de ordinul de greutate al hidrocarburi, iar temperatura aferentă pentru amestecul de reacție, după a doua preîncălzire, nu trebuie să depășească 550...600°C.	27 29
Parametrii de bază care definesc operarea în reactor sunt legați prin următoarea relație:	31
$\tau = V \times d \times H/P$	33
în care:	
τ (s) este timpul mediu de staționare a amestecului de reacție în reactor;	35
V (m ³) este volumul spațiului de lucru al reactorului;	
d (kg/m ³) este densitatea medie a amestecului de reacție în spațiul util al reactorului	37
H (J/kg) este energia transferată în amestecul de reacție în interiorul spațiului util al reactorului;	39
P (W) este puterea transferată în spațiul util al reactorului.	
Energia care trebuie transferată în amestecul de reacție din interiorul spațiului util al reactorului este aproximativ egală cu căldura transferată în proces de fluxul de curgere prin serpentina radială în cuptorul tradițional tubular de piroliză, operând cu același tip de materii prime. În piroliza etanului, această energie trebuie să fie de circa 2,5...3,4 MJ per kg de abur care diluează materia primă. În piroliza altor feluri de hidrocarburi, această energie trebuie să fie de aproape 1,7...2,3MJ/kg.	41 43 45
Timpul mediu de staționare a amestecului de reacție în interiorul spațiului util al reactorului poate fi de aproape 0,03...0,1 s.	47

1 Perioada de timp pentru încălzirea amestecului de materii prime de alimentare/abur
de la temperatura cu care intră în reactor până la temperatura de piroliză este definit prin
3 durata de amestecare cu amestecul de reacție care trebuie prelucrat și nu trebuie să depă-
șească 0,001 s. Este un interval de timp neglijabil de scurt în comparație cu timpul de
5 staționare a amestecului de reacție în spațiul util al reactorului.

Densitatea medie a amestecului de reacție este definită ca presiunea medie, prin
7 temperatura medie din spațiul util al reactorului și prin greutatea moleculară medie a
amestecului de reacție.

9 Presiunea medie în spațiul util al reactorului poate fi stabilită la valori între 0,05 și 0,2
MPa (abs), de preferință 0,08...0,12 MPa(abs).

11 Temperatura medie a gazului în cavitatea de lucru a reactorului depinde de compo-
ziția de alimentare, de conversia impusă și de timpul de staționare în zona de reacție. Ames-
13 tecurile de alimentare ușoare și conversii înalte cer temperaturi mari, iar amestecurile de
alimentare grele - ca motorine la presiune atmosferică și sub vid- și conversii joase cer tem-
15 peraturi mai scăzute.

Operatorul fixează temperatura gazului în cavitatea de lucru a reactorului, ca și
17 vitezele de alimentare cu hidrocarburi și apă pentru prepararea aburului-diluant. Temperatura
fixată este menținută printr-un sistem automat de control care reglează o viteză a gazului
19 combustibil care alimentează motorul turbinei de gaz. Astfel, temperatura din zona de reacție
a reactorului este reglată, în principiu în același fel cu reglarea în fumul tubular tradițional,
21 schimbând viteza gazului combustibil proporțional cu viteza amestecului de alimentare.
Diferența este că, datorită procedurii de scurtă durată din noul reactor, acesta se termină
23 mai repede de 10...100 ori.

Pentru îndepărtarea cocsului din reactor și din dispozitivul de răcire a gazului cracat,
25 este necesară oprirea suplimentării cu hidrocarburi de alimentare în preîncălzitorul 1. Tempe-
ratura din cavitatea de lucru a reactorului trebuie să fie menținută aproximativ la aceeași
27 valoare cu temperatura din timpul pirolizei. În urma reacțiilor de gazificare rezultă un abur
supraîncălzit, care îndepărtează depozitele de cocs din reactorul 4 la fel ca și din tuburile de
29 transfer și dispozitivele 2 și 3 pentru răcirea gazului de cracare. Curentul de ieșire este con-
dus într-o instalație de ardere (nefigurată în desene). Procedul de decocsare este controlat
31 prin analiza curentului de ieșire. Atunci când conținutul de bioxid de carbon scade până la
valori dinainte stabilite decocsarea este oprită și se poate relua alimentarea cu hidrocarburi.
33 Avantajul acestei arderi, comparativ cu arderile cu aer sau amestec aer/abur, constă în faptul
că endotermicitatea reacțiilor care au loc elimină pericolul supraîncălzirii locale a materialelor
35 de construcție. Un alt avantaj este acela că, condițiile de funcționare a reactorului rămân
aceleași în toate regimurile de operare, permițând fabricarea celor mai importante elemente
37 ale reactorului din aliaje rezistente la caldura bazate pe metale rezistente la caldura și
instabile în condiții de oxidare, de exemplu aliaje pe bază de wolfram, molibden sau niobiu.

39 În prezentul procedeu, piroliza materiilor prime are loc în serii în cavitatea de lucru
și, în continuare, în conductele prin care gazul de piroliză este condus în dispozitivele de
41 răcire. Regimul hidrodinamic, realizat în interiorul cavității de lucru a reactorului, este apropiat
regimului propriu aparatelor cu amestecare ideală, unde concentrațiile reactanților sunt omo-
43 gene în întreg volumul cavității. Procedul conform invenției diferă în mod esențial de
cel realizat în reactoarele tubulare tradiționale, ca și de procedul descris în brevetul
45 **US 4265732**.

Atunci când piroliza care are loc în spațiul util al reactorului se desfășoară în prezența
47 produșilor cu înaltă concentrație, rezultați din cracare, reacțiile de piroliză sunt accelerate
datorită fenomenului de autocataliză. Din această cauză, piroliza poate fi condusă și la

temperaturi mai joase, astfel crescând selectivitatea procesului. Acest lucru este confirmat de date experimentale obținute la piroliza hidrocarburilor, în prezența gazelor pirolizate fierbinți, menționate în brevetul **US 3579601**.

În interiorul conductelor de transfer piroliza se desfășoară adiabatic, fără aport de căldură din afară. Regimul hidrodinamic realizat aici este apropiat regimului propriu aparatelor cu transfer ideal, ca în reactoarele tubulare. Posibilitatea conducerii procesului în mod adiabatic permite realizarea unor economii de energie în cadrul procesului de piroliză și, de asemenea, permite creșterea randamentului în olefine.

Reactorul rotativ cu lamele (fig. 2 și 3) pentru piroliză hidrocarburilor cuprinde o carcasă care include un înveliș 8 cu capace 9 și 10. Suprafețele interioare ale învelișului 8 și ale capacelor 9 și 10 sunt acoperite cu izolanți termici 11, 12 și 13. Carcasa mai cuprinde, de asemenea, un înveliș rezistent termic format dintr-un element 14, rigidizat, împreună cu carcasa 8 și, de asemenea, niște elemente 15 și 16, rigidizate împreună cu capacele 9 și 10. Împreună cu elementul 14 sunt rigidizate lamelele directoare 17 și 18. Lamelele directoare 19 și 20 sunt rigidizate pe elementii 15 și 16. Carcasa 8 este prevăzută cu ștuțuri 21 pentru alimentare cu materie primă și ștuțuri 22 pentru evacuarea gazului de cracare. Rotorul constă dintr-un ax 23 și o roată de acționare 24, prevăzută cu lamele 25. Ultimele formează coroana de lamele a roții 24, de acționare. Axul 23 este susținut de un lagăr 26, radial, și un lagăr 27, radial, de presiune, și este asigurat printr-o etanșare-labirint 28 și 29, dublă, în canalele căreia este injectat abur dinafară (nu este indicat în desen). Fiecare lamelă 25 (fig. 4 și 5) are un capăt 30, prin care ele se fixează pe un inel al roții 24, de acțiune, formând o îmbinare în coadă de rândunică. În lamela 25 canalele 31, radiale, sunt destinate pentru trecerea amestecului de materii prime cu abur diluant, utilizat drept agent de răcire.

Reactorul funcționează în felul următor: un amestec de materie primă evaporată cu abur diluant introdus prin ștuțul 21, pătrunde într-un spațiu dintre învelișul 8 și stratul termo-rezistent, trece în continuare prin canalele existente în roata 24, de acționare, și în lamelele 25, intrând în cavitatea circulară de lucru, unde există lamelele 25 și lamelele 17, 18, 19 și 20 directoare. Fluidul de procesat, trimis de-a lungul cavității inelare, vine în contact multiplu cu lamelele directoare staționare și lamelele rotative, creând astfel fluxuri sub forma a două spirale răsucite în inele turbionare, care se rotesc la dreapta și la stânga. Astfel, sunt create două spirale de gaz pirolizat, care comunică între ele. Căldura absorbită de reacțiile endoterme, care se desfășoară continuu în interiorul spațiului de lucru al reactorului, este compensată de fluxul de căldură care rezultă din conversia energiei cinetice în căldură.

Transferul de putere în fluxurile spiralate rotitoare amintite mai sus, este proporțional cu produsul dintre viteza periferică și viteza la meridian a rotorului și densitatea fluidului procesat. Odată cu creșterea vitezei la meridian, puterea disipată de rotor crește până când această viteză atinge 0,64...0,7 din viteza sunetului în acest fluid, respectiv circa 400...500 m/sec. La viteze la meridian mai mari, puterea disipată de rotor în zona de reacție descrește brusc, datorită diminuării densității medii a fluidului în lungul înălțimii lamelei. Acest lucru este legat de faptul că, în mijlocul inelului turbionar, presiunea este mai mică decât la periferia sa și de această micșorare de presiune depinde viteza la meridian a fluidului.

În timpul fiecărei treceri peste lamelă, fluidul care reacționează capătă o energie cinetică suplimentară, care, până la următoarea trecere, este convertită în căldură. Acest lucru se întâmplă, pe de o parte, datorită trecerii fluidului prin șocuri staționare de compresie care apar în momentul tranziției locale a fluidului peste bariera sonică și, pe de altă parte, datorită formării turbulenței. Energia cinetică adițională este proporțională cu produsul dintre viteza periferică a rotorului și viteza la meridian a fluidului. De exemplu, pentru o viteză

periferică a rotorului de 300...400 m/s, această energie poate fi de circa 70...150 kJ/kg. În timpul rezistenței întâmpinate în interiorul turbionului, fiecare particulă de materie primă ar trebui să treacă peste lamelele rotorului de câteva zeci de ori, în medie.

Avantajul reactorului rotativ lamelar în comparație cu reactorul tubular tradițional constă în faptul că pereții săi, care delimitează zona de reacție, nu sunt folosiți pentru transferul de căldură și, de aceea, în absența unei răcirii a pereților, temperatura lor diferă nesemnificativ de temperatura fluidului care reacționează. Presiunea scăzută și temperatura scăzută a peretelui în zona de reacție, comparativ cu aceeași parametri din reactoarele tubulare tradiționale permit estimări privind creșterea selectivității procesului și a randamentului în produse utile, în cazul procesării aceluiași fel de materii prime. Timpul scurt de pornire a instalației și posibilitatea de automatizare completă a operațiilor și controlului acesteia contribuie la creșterea randamentului în produs util.

Dispozitivul de răcire a gazului de cracare (fig. 6) include schimbătorul de căldură "țeavă în țeavă", alcătuit din țeava exterioară 32 și țeava interioară 33, ștuțurile, de intrare 34 și de ieșire 35, pentru circulația gazului de cracare, ștuțurile, de intrare 36 și de ieșire 37, pentru circulația agentului de răcire în spațiul intertubular și ejectorul compus din ajutorul 38, camera 39 de admisie și camera 40, de amestec. Ajutorul 38 este conectat la ștuțul de intrare 34. Țeava 33, interioară, este conectată la unul din capete cu camera 40, de amestecare, iar la celălalt capăt, prin "T"-ul 41, cu camera 39, de admisie, și cu ștuțul 35, de evacuare a gazului de cracare. Suprafețele exterioare ale dispozitivului de răcire sunt acoperite cu izolator 42, termic. Gazele fierbinți care intră prin ștuțul 34 sunt transformate, datorită ajutorului 38, într-un jet care absoarbe gazul rece, existent în camera 39, de admisie. Amestecul rezultat se răcește în timp ce curge prin țeava 33, interioară, cedând căldura fluidului care curge prin spațiul intertubular dintre țevile 32 și 33, de la ștuțul 36 către ștuțul 37. O parte din amestecul răcit intră în camera 39, de admisie, iar restul este eliminat din aparat prin ștuțul 35.

Gazele răcite care ies din ștuțul 35 pot avea o temperatură de circa 350...400°C. Proporția dintre masa amestecului din țeava interioară și gazul de cracare care vine de la reactor este de circa 2...2,5, iar amestecul fiind format în camera de amestecare 40 poate avea o temperatură de circa 620...660°C. Durata de răcire a gazului de cracare este definită numai de timpul necesar amestecării jetului format de către ajutorul 38 cu gazul răcit de la camera de amestecare 40 și poate fi de câteva milisecunde. Diametrul țevii 33 interioare trebuie să fie suficient de mare pentru a nu produce rezistențe considerabile la curgere.

Schimbătorul de căldură inclus în dispozitivul de răcire a gazului de cracare poate fi și de alt tip decât "țeava în țeava". Diferența mică de presiune dintre fluidele fierbinți și cele răcite și valorile scăzute ale presiunii permit utilizarea unui schimbător de căldură cu plăci sau de oricare alt tip, având atât masa, cât și costul mai scăzute în comparație cu dispozitivele de răcire utilizate uzual.

Invenția se dorește să fie folosită în fabrici care produc etilena oricât de moderne sau de curând construite, în locul furnalelor tubulare de piroliză. Compoziția produșilor de piroliză preparați prin noul procedeu diferă nesemnificativ de cea care se obține în instalațiile existente, prevăzute cu furnale, folosind aceeași materie primă. De aceea, utilizarea noului procedeu, practic nu va implica modificări în instalațiile de fracționare și separare a gazelor.

Pentru noile instalații pot fi utilizate turbine de mici dimensiuni, fără preîncălzitoare sau răcitoare intermediare ale fluidului de lucru. Eficiența acestor motoare este, în mod normal, de 26...35% la o temperatură a gazului evacuat de 400...500°C. Cele mai bune tipuri de astfel de motoare pot avea eficiența de 42% la temperatura de ieșire a gazului de 570°C. Temperatura înaltă a gazului evacuat permite utilizarea efectivă a căldurii pentru evaporarea

și preîncălzirea materiei prime, pentru obținerea aburului diluant și, de asemenea, pentru supraîncălzirea aburului generat în cantitate suficientă pentru a asigura funcționarea compresoarelor unei instalații de separare a gazului. Drept combustibil poate fi utilizat gaz natural sau fracțiunea metan-hidrogen separată de gazul cracat într-o instalație de separare a gazului. Zgomotul de la motorul unei turbine de gaz nu este mai mare decât zgomotul arzătoarelor de gaze dintr-un furnal de piroliză tradițional. Pentru evacuarea gazelor de emisie de la motorul turbinei cu gaz se pot utiliza coșuri similare cu cele folosite în mod obișnuit la furnalele tubulare. Pentru o instalație de piroliză cu o capacitate de prelucrare a hidrocarburilor de alimentare de 80.000 tone per an este necesară o turbină de gaz cu un motor având o putere de circa 8...12 megawați. Astfel de motoare se fabrică în serie și sunt capabile de funcționare pe durată mare de timp în condiții de continuă încărcare, ca exhaustor de gaze în stații de pompare a gazelor prin conducte de gaz ramificate. Fiabilitatea maximă a unor astfel de motoare poate atinge până la 100.000 h de funcționare.

În proiectarea noilor instalații de piroliză poate fi practică utilizarea de materiale, experiență operațională și tehnologii folosite de către producătorii de motoare de turbine de gaz. Dacă un reactor și turbina sa de gaz drept utilaj de acționare vor fi produse în aceeași fabrică, instalația de piroliză poate fi livrată pe un schelet comun sub forma unui agregat compact, cu promptitudine maximă.

Revendicări

1. Procedeu pentru obținerea olefinelor cu greutate moleculară mică prin piroliza hidrocarburilor, care cuprinde preîncălzirea și evaporarea materiei prime, amestecarea acesteia cu abur ca diluant, încălzirea amestecului rezultat până la temperatura de piroliză într-un reactor rotativ lamelar, răcirea gazului de cracare și separarea ulterioară a lui, **caracterizat prin aceea că** încălzirea amestecului până la temperatura de piroliză se realizează prin amestecare cu gaz pirolizat fierbinte, care circulă într-o cavitate de lucru a reactorului rotativ lamelar o perioadă de timp neglijabilă comparativ cu durata reacțiilor de piroliză.
2. Procedeu conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** preîncălzirea materiei prime și a aburului diluant se realizează în două etape, iar în a doua etapă, preîncălzirea se efectuează într-un schimbător de căldură prin utilizarea căldurii conținută de gazul de cracare care este evacuat din reactorul rotativ lamelar.
3. Reactor pentru piroliza hidrocarburilor cuprinzând o incintă prevăzută cu lamele (17, 18) staționare, un orificiu (21) de intrare pentru alimentare cu materii prime, un orificiu (22) de ieșire a gazului de cracare și o roată (24) prevăzută cu o coroană (25) de lamele, **caracterizat prin aceea că** incinta are o cavitate inelară pentru circulația gazului pirolizat fierbinte, care conține lamelele (17, 18) staționare și înconjoară periferia roții (24) cu coroana (25) de lamele, iar orificiile de intrare (21) a materiei prime și de ieșire (22) a gazului de cracare comunică cu cavitatea menționată.
4. Reactor conform revendicării 3, **caracterizat prin aceea că** incinta constă dintr-o manta (8) și un strat (14) interior rezistent la căldură, îmbinate una cu alta, iar mantaua (8) este acoperită pe interior cu un strat izolator termic.
5. Dispozitiv pentru răcirea gazului de cracare, cuprinzând un schimbător de căldură având spații pentru fluide care se încălzesc, separate printr-un perete, **caracterizat prin aceea că** este prevăzut cu un "T" (41) și un ejector constituit dintr-un ajutoraj (38), o cameră (39) de admisie și o cameră (40) de amestecare, camera (40) de amestecare a ejectorului și unul din ștuțurile (34) ale "T"-ului (41), comunicând cu spațiul în care se află fluidul răcit, iar camera (39) de admisie a ejectorului fiind legată cu celălalt ștuț (35) al "T"-ului.

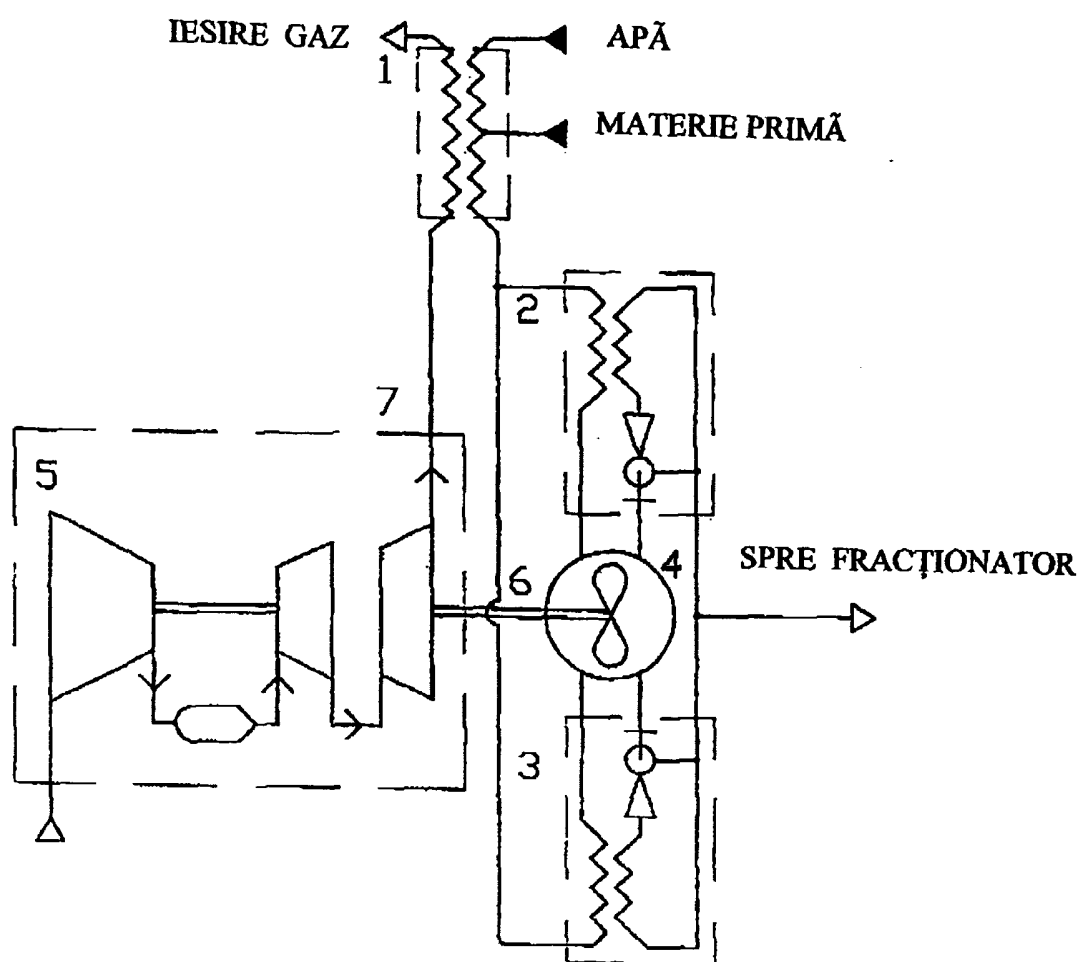


Fig. 1

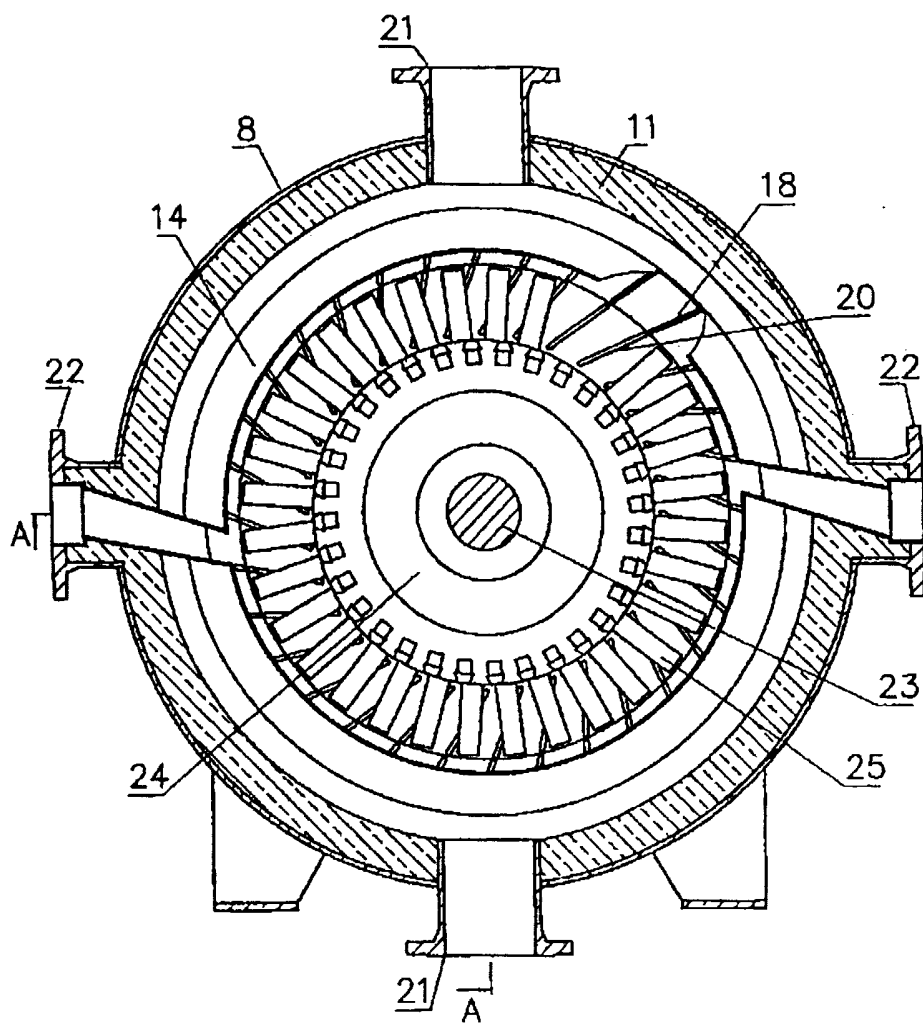


Fig. 2

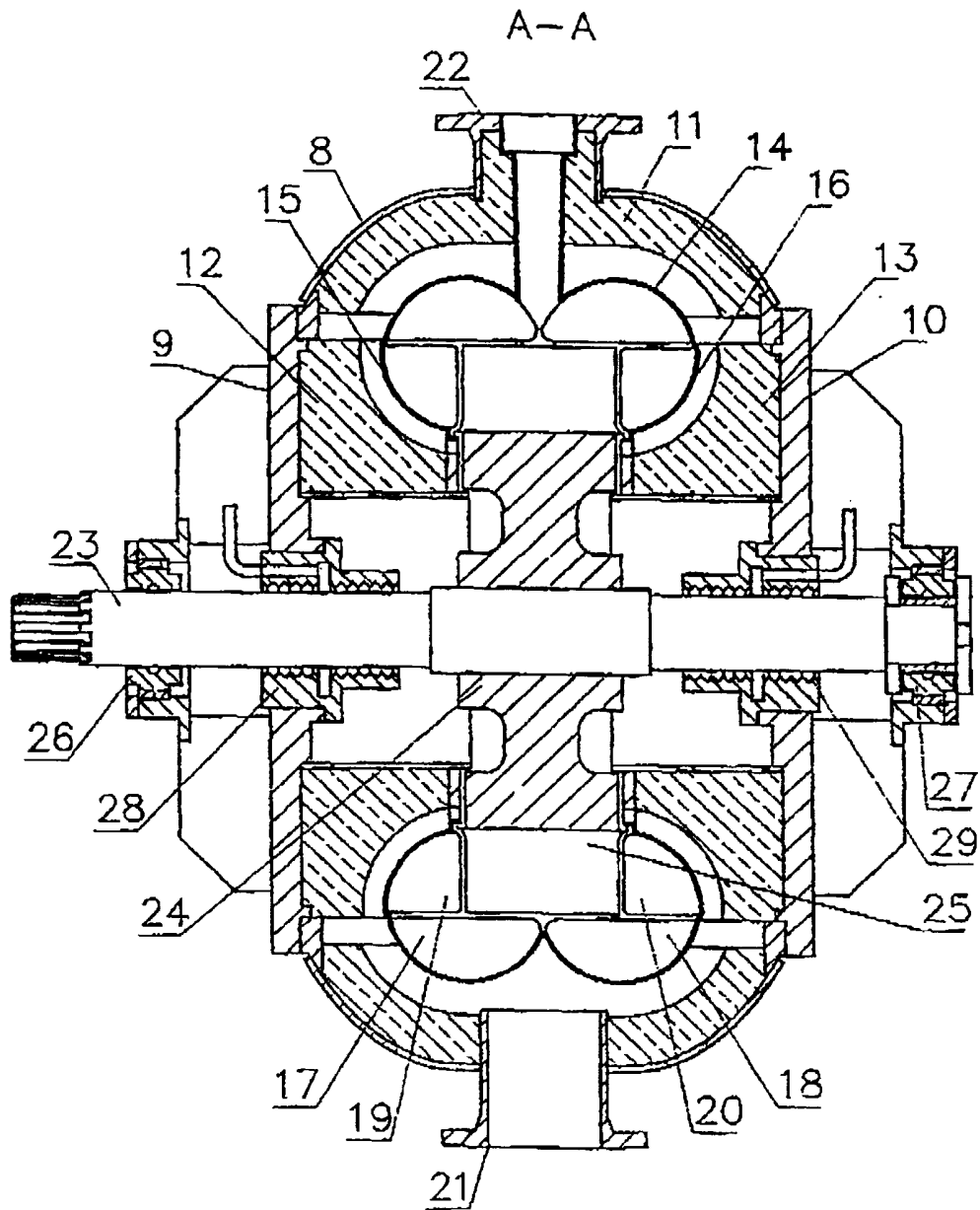


Fig. 3

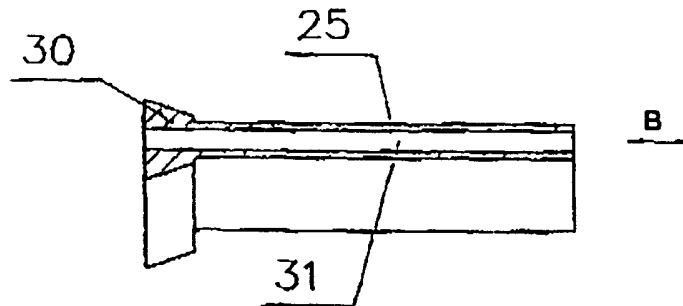


Fig. 4

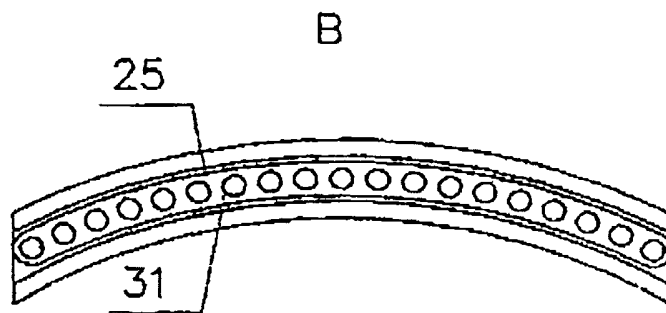


Fig. 5

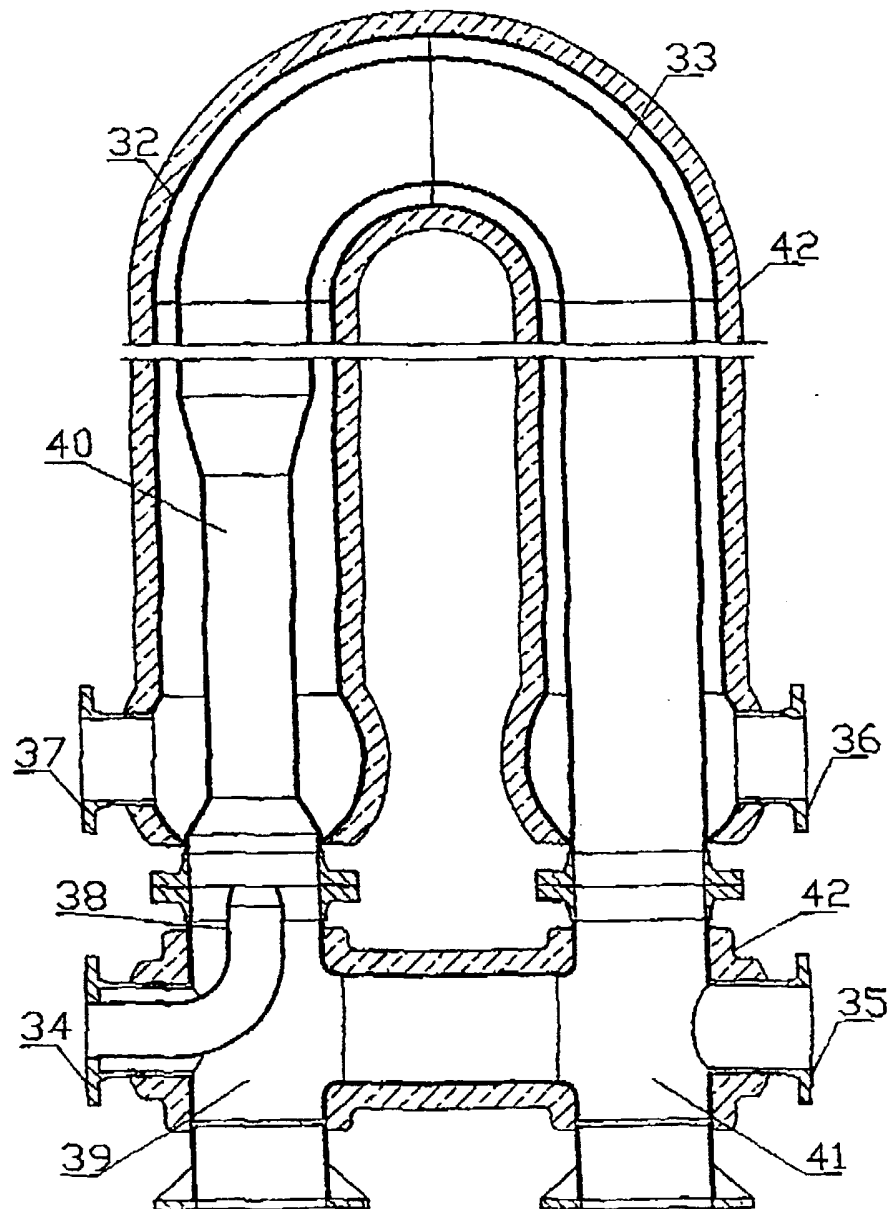


Fig. 6



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM
Tipărit la: Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci