РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ

ПАТЕНТНО ВЕДОМСТВО

(19) BG

ОПИСАНИЕ КЪМ ПАТЕНТ

ЗА

ИЗОБРЕТЕНИЕ

(11) 65376 B1

(51) Int. Cl.

C 10 G 9/00 (2006.01)
C 10 G 9/04 (2006.01)
C 10 G 9/36 (2006.01)
F 28 D 7/10 (2006.01)

(21) Регистров № **104710**
(22) Заявено на **25.08.2000**
(24) Начало на действие на патента от: **11.02.1999**

Приоритетни данни

(31) **98104821** (32) **27.02.1998** (33) **RU**

(41) Публикувана заявка в бюлетин № **7** на **31.07.2001**
(45) Отпечатано на **30.04.2008**
(46) Публикувано в бюлетин № **4** на **30.04.2008**
(56) Информационни източници:
US 5300216; US 4426278; US 3579601; RU 1189871; US 4365732; US 5271827; WO 1995/032263
(62) Разделена заявка от рег. №

(73) Патентопритежател(и):
COOLBROOK LIMITED
ROAD TOWN, TORTOLA, 24, DE CASTRO STREET, WICKHAMS CAY I (VG)

(72) Изобретател(и):
Vladimir Andreevich Bushuev
109388 Moscow (RU)

(74) Представител по индустриална собственост:
Юлиян Иванов Върбанов, 1000 София, ул. "Позитано" 3, ет. 2

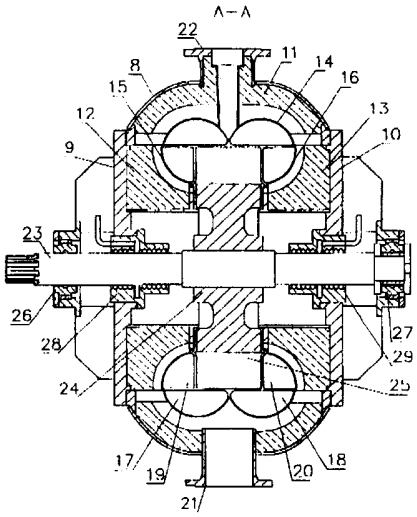
(86) № и дата на PCT заявка:
PCT/RU1999/000038, 11.02.1999

(87) № и дата на PCT публикация:
WO1999/043765, 02.09.1999

(54) МЕТОД ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА НИСКОМОЛЕКУЛНИ ОЛЕФИНИ, РЕАКТОР ЗА ПИРОЛИЗА НА ВЪГЛЕВОДОРОДИ И УСТРОЙСТВО ЗА ОХЛАЖДАНЕ НА КРЕКИНГ-ГАЗ

(57) Методът и устройството са приложими за производство на нискомолекулни олефини чрез пиролиза на въглеводороди, включваща предварително загряване и изпаряване на изходна захранваща суровина, смесването й с парараз-редител и термичен крекинг на получената смес в лопатков въртящ се реактор с топлина, получена вътре в обема на реакционната смес. Така се създава възможност за хидродинамично забавяне на въртящите се роторни лопатки, за охлаждане на крекинг газа и неговото разделяне. Реакционната смес се загрява до пиролизна температура чрез смесване с горещ пиролизен газ, циркулиращ в работната кухина на лопатковия въртящ се реактор, за незначително време в сравнение с времетраенето на пиролизните реакции. С метода се увеличава добивът на нискомолекулни олефини.

5 претенции, 6 фигури



BG 65376 B1

(54) МЕТОД ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА НИСКОМОЛЕКУЛНИ ОЛЕФИНИ, РЕАКТОР ЗА ПИРОЛИЗА НА ВЪГЛЕВОДОРОДИ И УСТРОЙСТВО ЗА ОХЛАЖДАНЕ НА КРЕКИНГГАЗ

Област на техниката

Изобретението се отнася до нефтохимичната промишленост, специално до получаването на нискомолекулни олефини чрез термичен крекинг (пиролиза) на въглеводороди.

Предшестващо състояние на техниката

В момента термичната пиролиза на въглеводороди е основният процес за промишлено получаване на нискомолекулни олефини - етилен и пропилен. Като захранваща суровина се използват въглеводороди, чиято молекула има два или повече атоми въглерод. В промишлеността обикновено се използват газове от преработка на нефта, както и нафта и газьолови фракции.

Приетата технология да се изпарява захранващата суровина и да се смесва с пара се предлага в крекинг тръба, разположена вътре в радиалната секция на пиролизната пещ, където сместа бързо се загрява. Пиролизните реакции протичат с голямо поглъщане на топлина. Крекинггазът, който има на изхода температура 750-950°C, се охлажда и транспортира в газова фракционираща инсталация, в която се отделят етилен, пропилен, бутадиен, метан, водород и други пиролизни продукти. Етиленът е най-ценен продукт от пиролизата.

По време на пиролиза на въглеводороди винаги се отделя пировъглерод, част от който под формата на саждени частици се отделя по пътя посредством потока на крекинггаза, но другата част образува кокс, наслоен върху стените както на крекингтръбите, така и върху апаратите на нагнетателния поток. Наслоеният кокс се увеличава с намаляване на налягането през крекингтръбите и влошава по същество преноса на топлина в реакционната зона, като се получава прегряване на крекингтръбите, намаляване на производителността на пиролизната инсталация и намаляване на добивите на нискомолекулни олефини. Затова наслоения кокс периодично се отделя, обикновено това се извършва чрез изгаряне с въздух или смес въздух-пара.

Между реакциите на термичната пиролиза могат да бъдат различени: първични реакции, произтичащи при образуване на олефини, и вторични реакции, по време на които се загубват образувани олефини. С увеличаване на температурата тези реакции се ускоряват, както първичните така и вторичните, но скоростта на първичните реакции се увеличава по-бързо отколкото скоростта на вторичните. Скоростта на първичните реакции не зависи от налягането, докато скоростта на вторичните реакции намалява с намаляване на налягането. Затова, за да се увеличат добивите на олефини е нужно да се намали въглеводородното парциално налягане в реакционната зона и да се увеличи температурата на процеса в регулирани граници. Въглеводородното парциално налягане може да бъде намалено чрез добавяне на пароразредител. Оптималното количество на пароразредителя зависи от състава на въглеводородното захранване. За лека захранваща суровина - етан или пропан - количеството на пара обикновено е 20-40 % от масата на захранващата суровина. За тежка захранваща суровина, като газьол, парата може да бъде в количество 80-100 % от масата на захранващата суровина. Нежелателно е да се намалява пиролизната температура повече от 950-1000°C, понеже това ускорява рязко образуването на кокс и причинява нарастване на добива на по-малко ценения ацетилен при разноските на етилена.

Недостатъците на промишления тръбен крекингреактор са следните:

a. необходимостта за пренасяне на голямо количество топлина в реакционната зона през стените на крекингтръбите. Понеже голяма топлина на потоците трябва за да превишава температурата на стената на крекингтръбата, температурата на потока на процеса, причинява интензивно образуване на кокс и намалява добива на желаните продукти. Невъзможно е да се намали налягането в зоната на пиролиза понеже необходимостта да се осигури висока скорост на потока от захранваща суровина през тази зона изисква условия за пренасяне на топлина;

b. скоростта на затопляне на захранващата суровина през крекингтръбата е недостатъчна. Това изходно количество на желани олефини се

образува при относително ниски температури и се доставя по-нататък чрез потока на захранващата суровина чрез все повече и по-интензивно загрявани зонови остатъци при излишък от време и при условия, когато вторичните реакции протичат с голяма интензивност. Този недостатък съществува при пиролиза на широки нефтени фракции, такива като нафта или газьол, които съдържат високомолекулни въглеводороди, които лесно се разцепват, на нискомолекулни въглеводороди, крекирани при по-високи температури.

В US 5300216 са разкрити метод и устройство за термичен крекинг на въглеводороди в присъствие на пара чрез пропускане през стационарна ударна вълна с висока интензивност. Парата, прегрята в тръбен нагревател до температура около 1000°C, се въвежда при налягане около 2.7 MPa през ултразвукова дюза в реактор, включващ серии-установени смесващи и пиролизни зони. В смесващата зона въглеводородното захранване - етан - предварително нагрят до температура около 627°C, се въвежда през смесители в ултразвуков поток от пара. Получената смес образува ултразвуков поток на процеса, който има температура, по-ниска от изискваната за да се предизвикат пиролизни реакции. Между споменатите смесващи и пиролизни зони се създава обикновено ударно сгъстяване - с непрекъснато действие стояща ударна вълна. Когато премине през това ударно сгъстяване кинетичната енергия на ултразвуковия поток на процеса се превръща в топлина. Незабавно скоростта на нагнетателния поток на ударното сгъстяване на потока от процеса се понижава до субзвуково ниво, и температурата се увеличава до около 1000°C при налягане около 0.9 MPa. Потокът от процеса преминава през пиролизната зона за 0.005 - 0.05 s, докато неговата температура намалява до около 863°C при изразходването на топлина абсорбирана от пиролизните реакции. Конверсията на етан в етилен достига 70 %. Крекинггазът преминава, охлаждайки инсталацията и топлообменниците на нагнетателния поток, и по-нататък се транспортира за разделяне на газа. В тази инсталация всички споменати по-горе недостатъци на тръбни пиролизни реактори са елиминирани. Захранващата суровина достига бързо най-голямата максимална пиролизна температура, и стените на пиролизната секция не се използват за пренасяне на топлина в реакционната зона. Но в същото време необходимото количество пара на маса въглеводород трябва да бъде около 500 - 667 %. Свързаните с тази енергия разходи на единица произведен етилен са крайно високи и е невъзможно по същество да бъдат намалени. Това прави инсталацията неконкурентноспособна при текущото съотношение на цените на енергията с цените на олефините.

В US 4426278 е разкрит тръбен пиролизен реактор, включващ нагревател за прегряване на парата, устройство за смесване на прегрята пара с въглеводород и тръба за крекиране, разположена вътре в радиационен блок. Парата, идваща от нагревателя за прегряване с температура 1000 - 1500°C, се смесва с въглеводородно захранване, така че да се получи незабавно температура за получаващата се смес, необходима да предизвика пиролизни реакции. При този реактор споменатият по-горе недостатък (b) е частично отстранен. Обаче, при температура 1100°C парата трябва да бъде предложена в количество 185-275% по отношение стойността на въглеводородната маса, и при температура 1430°C - около 120 %. Получаване на прегрята пара с такава висока температура е извънредно трудно и цените на енергията са излишно високи.

US 3579601 разкрива тръбен пиролизен реактор, в който захранващата суровина се въвежда в тръба за крекинг в няколко точки, разположени по нейната дължина. Всяка порция въведена захранваща суровина пристига изведнъж с температура достатъчна за започване на пиролизни реакции, дължащи се на практически незабавно смесване с топъл пиролизен газ, влизащ от работещата противотоково тръба за крекинг. Пиролизата се поддържа по-нататък чрез топлина, доставяна през стените на крекингтръба. Това решение отстранява частично недостатъкът (b), но недостатъкът (a) остава. Добивите на олефини и други ненаситени въглеводороди се увеличават, и отлагането на кокса и образуване на метан намаляват. Недостатък на описаното решение е сложната конфигурация на тръбата за крекиране, създаваща трудности за разполагането й в радиантната камера на нагревателя.

В SU 1189871 е разкрит процес за термичен крекинг на нафта и газьоли. Захранващата

суровина се разделя на няколко фракции, кипящи в интервали на всеки 20-40°C. Така получените тесни фракции се пиролизират в отделни тръби за крекиране при оптимални термични условия подходящи за всяка фракция. Този процес дава възможност да се намали недостатък (b), да се увеличи добивът на нискомолекулни олефини и да се намали образуването на кокс, но техническата реализация на този процес е свързана със съществено затруднение за структурата на радиантната камера, понеже тя затруднява създаването на индивидуални термични условия в няколко тръби за крекиране при неустойчиво съотношение на стойностите на потока на захранващата суровина в тях.

В US 4265732 се разкрива метод за термичен крекинг на газообразен захранващ въглеводород в реактор, конструиран като многостепенна лопаткова машина от аксиален тип. Топлината, необходима за пиролиза, се получава директно вътре в обема на реагиращия газ, което се дължи на хидродинамичното забавяне на въртящите се лопатки, завъртани от задвижващ механизъм. Това изобретение отстранява напълно недостатък (a), но недостатъкът (b) не е елиминиран. Необходимото за реализация на процеса аксиален тип многостепено лопатково устройство способно за работа при температурите на въглеводородната пиролиза не би могло да бъде направено.

В US 5271827 се разкрива тръбна пиролизна пещ, снабдена с адиабатичен тръбен реактор, разположен между изхода на тръбата за крекиране и входа на охлаждащото устройство. В адиабатичния тръбен реактор пиролизата се осъществява при изразходване на вътрешна топлина на реагиращия флуид без доставяне на топлина отвън. Използването на адиабатичен тръбен реактор дава възможност за икономия от изразходваната енергия, необходима за пиролиза.

Съществен компонент на пиролизните заводи е средствата за охлаждане на крекинггаза, отделящ се от реактора при температурата на спиране на нежелателните вторични реакции. Охлаждането може да бъде както директно - чрез инжектиране на пара, вода или светъл пиролизен катран - така и индиректно - чрез използване на топлообменик. Директното охлаждане обикновено се прилага при термичен крекинг на газьоли. При термичен крекинг на светли въглеводороди индиректното охлаждане в топлообменна апаратура обикновено се прилага при съвместно образуване на пара под високо налягане.

В WO 1995/032263 е описано устройство за охлаждане на крекинггаз. Това устройство включва две пространства, разделени чрез стена. Потоците от крекинггаз в тръбите образуват едно от споменатите пространства, а охлаждащата вода кипи в другото пространство. Така малкият диаметър на тези тръби на устройството от такъв тип причинява голямо съпротивление на потока и предразполага също към коксуване. Обикновено намаленото налягане през продухваното устройство е не по-малко от 0.02 - 0.03 MPa, и при състоянието на коксуване то се увеличава до 0.07 MPa и по-високо, което увеличава вътрешното налягане в пиролизния реактор, работещ на принципа на противотока и затова намалява добива на олефини. Възможно е да се понижи намаленото налягане през устройството чрез увеличаване на диаметъра на топлообменните тръби, което е недопустимо, тъй като води до намаляване на скоростта на охлаждане.

Техническа същност на изобретението

Целта на изобретението е създаване на метод за производство на нискомолекулни олефини чрез термична пиролиза на въглеводороди, реактор за пиролиза на въглеводороди и устройство за охлаждане на крекинггаз, които служат за реализиране на този метод.

В този метод:

a. топлина не се пренася в реакционната зона през стени, затварящи тази зона;

b. загряване на захранващия въглеводород до пиролизна температура се извършва за незначително време в сравнение с времетраенето на пиролизните реакции;

c. количеството на добавената пара-разредител спрямо теглото на захранващия въглеводород не превишава допустимите лимити, прилагани при съществуващи пиролизни заводи.

Първото изобретение от споменатата по-горе група е метод за производство на нискомолекулни олефини чрез термичен пиролиз на въглеводороди. Този метод включва следните етапи: предварително нагряване и изпаряване на изходната захранваща суровина; смесване на същата с пара разредител; загряване на получена-

та смес до пиролизна температура в лопатков въртящ се реактор посредством топлина получена вътре в обема на реакционната смес, дължащо се на хидродинамичното забавяне на въртящите се роторни лопатки; охлаждане на крекинггаза и следващото му отделяне. В този метод реакционната смес се загрява до пиролизна температура за незначително време в сравнение с времетраенето на пиролизните реакции, дължащо се на смесване с горещ пиролизен газ, който циркулира в работната кухина на лопатковия реактор.

Предварителното загряване на захранващата суровина и парата разредител може да бъде извършено в два етапа, където вторият етап се осъществява в топлообменник чрез топлина, взета далече от крекинггаза, отделящ се от реактора.

В сравнение с метода от US 4265732 настоящият нов метод увеличава добива на желаните олефини, което се дължи на незабавното загряване на реакционната смес до максималната пиролизна температура чрез смесване с горещи газове точно пиролизирани и вече циркулирали в работната кухина на реактора. Топлината на крекинггаза, отделящ се от лопатковия реактор, се използва за предварително загряване на захранващата суровина и парата разредител, влизаща в реактора, което дава възможност за опростяване конструкцията на топлообменника, дължащо се на намаляване на разликата от налягането при загряване и охлаждане на секциите и намаляване също на изразходваната енергия за осъществяване на метода.

Второто изобретение от групата е новият реактор за пиролиза на въглеводороди. Този реактор включва корпус, снабден с директни неподвижни лопатки, щуцер на входен отвор за подаване на захранваща суровина, щуцер на изходен отвор за извеждане на крекинггаза и работно колело, снабдено с лопатков венец. Корпусът има коаксиална кухина за циркулиране на горещ пиролизен газ, където са разположени ориентираните неподвижно лопатки. Тази кухина обгражда лопатковия венец на работното колело по периферията, а щуцерите на входа и изхода са свързани със споменатата кухина.

Корпусът на реактора може да включва кожух и вътрешна топлоустойчива повърхност, свързани заедно. Вътрешните повърхности на кожуха могат да бъдат топлоизолирани.

Като различие от реактора, даден в US 4265732, настоящия реактор дава възможност да се загрее сместа от захранващата суровина и парата разредител до максимална пиролизна температура практически незабавно, което се дължи на смесване с горещи пиролизни газове, така се получават по-високи добиви от нискомолекулни олефини. Другото предимство на този реактор е, че конфигурацията жалузи - затварящо тяло дава възможност да се направи в едноетапен вариант и от широко известни материали и използвани понастоящем в техниката.

Третото изобретение от групата е устройство за охлаждане на крекинггаз. Устройството включва топлообменник, който има две пространства, разделени от стена, за загрети и охладени флуиди. Това устройство е снабдено с Т-образна тръба и с ежектор, включващ дюза, камери за всмукване и смесване. Камерата за смесване и един от щуцерите на Т-образната тръба са свързани с пространството за охлаждане на флуида, и камерата за всмукване е свързана с другия щуцер на Т-образната тръба.

Такава конфигурация на устройството за охлаждане на крекинггаз осигурява две неща: кратко време за охлаждане и малък пад на налягането в устройството, така че се получава намаляване на налягането нагоре по течението на реакционната зона, допринасящо за постигане на главната цел - увеличаване на добива на нискомолекулни олефини.

Описание на приложените фигури

Фигура 1 е схематичен вид на инсталацията за реализиране на метода за производство на нискомолекулни олефини;

фигура 2 е вид в разрез на реактора за пиролиза на въглеводороди;

фигура 3 е вид в напречен разрез взет по линията А - А във фиг. 2;

фигура 4 е вид в разрез на радиално работеща лопатка от реактора;

фигура 5 е вид по стрелката В от фиг. 4;

фигура 6 е вид в разрез на устройството за охлаждане на крекинггаз.

Подробно описание на изобретението

Инсталацията (фиг. 1) за реализиране на метода включва подгревател 1, устройства 2 и 3

за охлаждане на крекинггаз, реактор 4, газовотурбинна машина 5, свързана с реактор 4 посредством вал 6, и с подгревателя 1 чрез изпускателна тръба 7.

Предварителното загряване на захранващата суровина и парата разредител в първия етап се осъществява в подгревателя 1. Захранващият въглеводород от външен източник (непоказан на фигурите) се пренася под налягане в подгревателя 1, конструиран като кожухо-тръбен топлообменник. Изходният газ от газовотурбинната машина 5 се изпразва във вътретръбното пространство на този топлообменник. От външен източник (непоказан на фигурите) се пренася вода под налягане в подгревателя 1, където водата се изпарява, и получаващата се пара разредител се смесва със захранващия въглеводород.

Предварително загряване на захранващата суровина и парата разредител във втория етап се осъществява в устройства 2 и 3 за охлаждане на крекинггаз чрез утилизация на топлина от крекинггаза, отделящ се от реактора. Подробно описание на устройството за охлаждане на крекинггаза е дадено по-долу.

Сместа от захранваща суровина и пара разредител от устройствата 2 и 3 за охлаждане на крекинггаз се пренася в лопатковия реактор 4. Горещи пиролизни газове циркулират по работната коаксиална кухина на реактора, и необходимата топлина за пиролиза се получава директно вътре в обема на реакционната смес, което се дължи на хидродинамичния спирачен ефект на въртящото се работно колело, снабдено с лопатките. Загряване на реакционната смес до пиролизна температура се извършва чрез смесването й с горещия пиролизен газ за незначително време в сравнение с времетраенето на пиролизните реакции. Подробно описание на конструкцията на реактора е дадено по-долу.

Крекинггазът от реактора 4 се пренася в охлаждащите устройства 2 и 3 през взаимносвързващи тръби, които имат гладък вид, за да се предотврати образуване на зони за отделяне на потока. Всички тези взаимносвързващи тръби са изравнени по обем.

Крекинггазът се охлажда в устройствата 2 и 3 и след това се транспортира в завода за фракциониране на газа (непоказан на фигурите). Във фигура 1 са описани две устройства за охлаждане на крекинггаз, но броят на това устройство не е ограничен при практическата реализация на изобретението.

Като реактор се използва задвижваща газовотурбинна машина. Показаната на фиг. 1 газовотурбинна машина е с прост термодинамичен цикъл без спомагателни нагреватели и охладители на работния флуид. За задвижване могат да бъдат използвани газовотурбинни машини, работещи в повечето случаи на смесен цикъл, както с парова турбина, така и с електрически мотор.

Количеството на водата, която трябва да бъде смесена със захранващия въглеводород и максимално допустимото отклонение на крайната температура зависят от състава на захранващата суровина. Ако захранващата суровина е обикновени газообразни въглеводороди, количеството на добавената вода може да бъде до 30 - 40 % по отношение на размера на теглото на въглеводорода, и температурата на реакционната смес след второто предварително загряване не би трябвало да превишава 650°C. Ако обикновените течни въглеводороди - такива като нафта или газьоли, се използват като захранваща суровина, водата може да се добави в количество до 80 - 100 % по отношение на размера на теглото на въглеводорода, и съответната температура на реакционната смес след второто предварително загряване не би трябвало да превишава 550 - 600°C.

Базовите параметри, определящи работата на реактора, са свързани заедно чрез следната зависимост:

$$\mathbf{Tay = V \times d \times H/P}$$

където:

тау (s) е средното време на пребиваване на реакционната смес в реактора;

V (m^3) е обема на работното пространство на реактора;

d (kg/m^3) е средната плътност на реакционната смес в работното пространство на реактора;

H (J/kg) е енергията, пренесена в реакционната смес в работното пространство на реактора;

P (W) е енергията. пренесена в работното пространство на реактора.

Енергията, която би трябвало да бъде пренесена в реакционната смес в работното прост-

ранство на реактора, е близо до количеството топлина, пренесено в технологичния поток, протичащ през радиационната спирала в традиционните тръбни пиролизни пещи, работещи със същия вид захранваща суровина. При пиролиза на етан тази енергия би трябвало да бъде около 2.5 - 3.4 MJ на kg захранваща суровина, разредена с пара. При пиролиза на други видове въглеводород тази енергия би трябвало да бъде около 1.7-2.3 MJ/kg.

Средното време за пребиваване на реакционната смес в работното пространство може да бъде около 0.03 - 0.1 s.

Периодът от време за загряване на входящата захранваща парова смес от температурата, когато влиза в реактора до пиролизната температура се определя от времетраенето за смесване с по същество обработена реакционна смес и не превишава 0.001 s. Той е незначително късо време в сравнение с времето за пребиваване на реакционната смес в работното пространство на реактора.

Средната гъстота на реакционната смес се определя от средното налягане, от средната температура в работното пространство на реактора и от средното молекулно тегло на реакционната смес.

Средното налягане в работното пространство на реактора може да бъде ограничено от 0.05 до 0.2 MPa (abs), за предпочитане 0.08 - 0.12 MPa (abs).

Средната температура на газа в работната кухина на реактора зависи от състава на захранващата суровина, зададената конверсия и времето на пребиваване в реакционната зона. Леката захранваща суровина и високата степен на конверсия изискват по-високи температури, но тежка захранваща суровина - като атмосферен и вакуум газьоли - и ниска степен на конверсия изискват по-ниски температури.

Операторът установява температурата на газа в работната кухина на реактора и стойностите на захранващия въглеводород и водата за приготвяне на парата разредител. Установената температура се поддържа чрез автоматична контролна система, регулираща нормата на горивния газ, захранващ газовотурбинната машина. Така температурата в реакционната зона на реактора се регулира по принципа, както е дадено при традиционната тръбна пещ - чрез изменение на нормата на горивен газ по отношение на нормата на захранваща суровина. Разликата е, че тези преходни процеси в новия реактор завършват 10 - 100 пъти по-бързо.

За да се отдели коксът от реактора и устройствата за охлаждане на крекинггаз, е необходимо да се спре снабдяването със захранващ въглеводород в подгревателя 1. Температурата в работната кухина на реактора трябва да се поддържа същата като температурата по време на пиролиза. В резултат от реакциите на газифициране прегрятата пара отделя коксовите наслоявания от реактора 4 както и от тръбите за транспортиране и устройствата 2 и 3 за охлаждане на коксовия газ. Изходящият поток се пренася в инсталация за допълнително изгаряне (непоказана на фигурите). Процесът за отстраняване на кокса се контролира чрез анализ на изходящия поток. Когато съдържанията на въглероден оксид и въглероден диоксид спаднат до предварително определени стойности, отстраняването на кокса се спира и доставянето на захранващ въглеводород се подновява. Предимството на такова изгаряне в сравнение с въздушно или въздушно-парово изгаряне е ендотермичност на протичащите реакции, елиминираща опасността от локални прегрявания на конструкционните материали. Другото предимство е, че редукционните условия вътре в реактора остават при всички режими на работа, даващи възможност за производство на много важни реакторни елементи за топлоустойчиви сплави на база на термоустойчиви метали, нестабилни при окислителни условия, например на сплави на база волфрам или молибден или ниобий.

В настоящия метод пиролизът на захранващата суровина продължава на серии в работната кухина, и по-нататък в транспортиращите тръбопроводи, прехвърлящи пиролизния газ в охлаждащите устройства. Хидродинамичният режим, реализиран в работната кухина на реактора, е близък до специфичния режим на устройство за идеално смесване, където концентрации от реагиращи вещества се хомогенизират напълно в тази кухина. Методът съществено се различава по това от метода, реализиран в традиционни тръбни реактори и от метода, разкрит в US 4265732.

Докато пиролизата в работното пространство на реактора продължава в присъствие на

точно крекирани продукти с висока концентрация, пиролизните реакции се ускоряват, което се дължи на автокаталитичен феномен. Понеже тази пиролиза може да бъде осъществена също при по-ниска температура така се увеличава селективността на метода. Това се потвърждава от експериментални данни за пиролиза на въглеводороди в присъствие на горещи пиролизни газове, отбелязано в US 3579601.

Вътре в транспортиращите тръбопроводи пиролизата продължава адиабатично, без доставяне на топлина отвън. Хидродинамичният режим, реализиран там, е близък до специфичния режим на устройството за идеално преместване, както в тръбни реактори. Наличният адиабатичен цикъл дава възможност да се икономиса енергия изразходвана за осъществяване на пиролизния процес и дава възможност също да се увеличат добивите на олефини.

Въртящият се лопатков реактор (фиг. 2 и 3) за въглеводородна пиролиза се състои от корпус, включващ кожух 8 с капаци 9 и 10. Вътрешните повърхнини на кожуха 8 и капаци 9, 10 са покрити с топлоизолатори 11, 12 и 13. Корпусът включва също топлоустойчива повърхност, образувана от елемент 14, затворен заедно с кожух 8, и елементи 15 и 16, затворени заедно с капаци 9 и 10. С елемента 14 ориентираните лопатки 17 и 18 са затворени заедно. Ориентираните лопатки 19 и 20 са затворени заедно с елементите 15 и 16. Кожухът 8 е снабден с щуцери 21 за доставяне на захранваща суровина и щуцери 22 за пропускане на крекинггаз. Роторът включва вал 23 и работно колело 24, снабдено с работни лопатки 25. По-късно е образуван лопатен венец на работното колело 24. Валът 23 се подпира от радиален 26 и радиално-опорен 27 лагер и се уплътнява от двойни лабиринтни уплътнители 28 и 29 в каналите, от които пара се инжектира от вън (непоказано на фигурите).

Всяка работна лопатка 25 (фиг. 4 и 5) има опашка 30, чрез която те са фиксирани върху венец на работно колело 24, образуващо зацепване "лястовича опашка". В лопатката 25 радиалните отвори 31 са направени за пропускане на смес от захранваща суровина с пара разредител, използвана като охлаждащ агент.

Реакторът работи по следния начин. През захранващите щуцери 21 смес на изпарена захранваща суровина с пара разредител влиза в дупка между кожуха 8 и топлинноустойчивата повърхност, преминава по-нататък през каналите, направени в работното колело 24 и в работните лопатки 25, и влиза в коаксиалната работна кухина, където са подредени работните лопатки 25 и ориентираните лопатки 17, 18, 19, 20. Обработеният флуид циркулира напред в коаксиалната кухина, като влиза в многобройни контакти вътре с неподвижно ориентираните лопатки и въртящи се работни лопатки, като чрез това се създават поточни линии под формата на две спирали, образувани във вихрови цикли с десни и леви направления. Така се създават два свързващи се байпаса за циркулиране на пиролизен газ. Топлината, абсорбирана чрез ендотермичните реакции, които непрекъснато продължават в работното пространство на реактора, се компенсира чрез приток на топлина, възникнала от превръщане на кинетична енергия в топлина.

Енергията, пренесена в споменатите циркулационни байпаси, е пропорционална на създаващата се периферна скорост на въртене и меридионалната скорост и гъстотата на обработения флуид. С увеличаване на меридионалната скорост, енергията дисипирана чрез ротора, се увеличава с такава скорост, че да достигне 0.64 - 0.7 звукова скорост в този флуид, например около 400 - 500 m/s. При по-високи меридионални скорости енергията дисипирана чрез ротора в реакционната зона силно намалява понеже намаляването на гъстотата на флуида се осреднява по височината на лопатката. Това е свързано с факта, че в активната зона на вихровия пръстен налягането е по-ниско, отколкото по периферията и това намаляване зависи от меридионалната скорост на флуида.

По време на всяко преминаване над работната лопатка реагиращият флуид придобива допълнителна кинетична енергия, която за времето преди следващото преминаване се превръща в топлина. Това се случва отчасти в зависимост от преминаването на флуида през стационарни свиващи се тласъци, възникващи в места на локален преход на флуида през звукова бариера, и частично зависи от образуване на вихри. Допълнителната кинетична енергия е пропорционална на получаващата се периферна скорост на ротора и меридионална скорост на флуида. Например, при периферна скорост на ротора 300 - 400 m/s, тази енергия може да бъде

около 70 - 150 kJ/kg. През времето на пребиваване в циркулационния байпас всяка частица на захранващата суровина преминава над работните лопатки на ротора, средно, няколко десетки пъти.

Предимството на роторния лопатков реактор в сравнение с традиционните тръбни реактори е, че неговите стени, определящи реакционната зона, не се използват за пренасяне на топлина, затова, в отсъствие на охлаждане на стените, тяхната температура се различава от температурата на реагиращия флуид незначително. По-ниска температура на стената и налягане в реакционната зона в сравнение със същите в традиционни тръбни реактори дава възможност да се очаква увеличаване на селективността на процеса и увеличаване на добивите на желаните продукти когато се образуват при същите видове захранваща суровина. Краткото време за стартиране на инсталацията и възможността за пълна автоматизация на работа и контрол допринасят за увеличаване на добивите на желаните продукти.

Устройството за охлаждане на крекинггаз (фиг. 6) включва топлообменник "тръба в тръба", съдържащ външна тръба 32 и вътрешна тръба 33, щуцери за входящ отвор 34 и изходящ отвор 35 за транспортиране на крекинггаз, щуцери за входящ отвор 36 и изходящ отвор 37 за транспортиране на охлаждащ агент, свързани с вътрешнотръбното пространство, и ежектор, включващ дюза 38, камера за подаване 39 и камера за смесване 40. Дюзата 38 е свързана с щуцера на входящ отвор 34. Вътрешната тръба 33 е свързана чрез единия си край с камерата за смесване 40 и чрез другия си край през Т-образната тръба с камерата за подаване 39 и щуцера на изходния отвор 35 за крекинггаз. Външните повърхности на охлаждащото устройство са покрити с топлоизолатор 42.

Горещ газ, влизащ през щуцера 34, се образува чрез дюзата 38 в струя, която всмуква охладен газ, съществуващ в камерата за подаване 39. Получаващата се смес, протичаща през вътрешната тръба 33, охлаждаща долната част, отдава обратно нейната топлина на флуида, протичащ през вътрешнотръбното пространство между външната тръба 32 и вътрешната тръба 33 по направление от щуцера 36 към щуцера 37. Част от охладена смес влиза в камерата за подаване 39 и останалата част се отделя от устройството през щуцера 35.

Изходящият от щуцер 35 охладен крекинггаз може да има температура около 350 - 400°C. Тегловната съответна част на сместа във вътрешната тръба превишава около 2 - 2.5 пъти съответната част на крекинггаза, идващ от реактора, и сместа по същество, образувана в камерата за смесване 40, може да има температура около 620 - 660°C.

Времетраенето на охлаждането на крекинггаза се определя само от времето за смесване на струята, образувана чрез дюзата 38 с охладен газ от камерата за смесване 40 и може да бъде няколко милисекунди. Диаметърът на вътрешната тръба 33 трябва да бъде достатъчен, че да не причинява значително съпротивление на налягането.

Топлообменникът, включен в устройството за охлаждане на крекинггаз, може да бъде с каквато и да е конструкция, различна от типа "тръба в тръба". Неуловима разлика в налягането между загрят и охладен флуид и ниски стойности на налягането дават възможност да се приложи плочков топлообменник или каквито и да са други, които имат по-ниски тегло и цена в сравнение с обикновено използваното охлаждащо устройство.

Промишлена приложимост на изобретението

Изобретението е представено за използване в заводи за производство на етилен, както и за модернизиране на неотдавна построени, вместо тръбни пиролизни пещи. Съставът на пиролизни продукти, получени по новия метод, се различава незначително от излизащия от пещните инсталации, работещи със същата захранваща суровина. Затова с използване на метода не се иска практически да промени фракционирането и разделянето на газа в заводите.

За нови инсталации могат да бъдат използвани газови турбинни машини с малък размер без междинни подгреватели и охладители на работния флуид. Ефективността на такива машини обикновено е 26 - 35 % при температура на изходния газ 400 - 500°C. Най-добри примери на такива машини могат да имат ефективност 42 % при температура на изходния газ 570°C. Високата температура на изходния газ дава възможност

да се използва ефективно неговата топлина за изпаряване и предварително загряване на захранващата суровина, за приготвяне на пара разредител и също за получаване на прегрята пара в количество, достатъчно за задвижване на компресорите при разделяне на газа в завода. Като гориво може да бъде използван природен газ или метан-водородна фракция, отделена от крекинггаза при разделянето на газа в завода. Шумът, създаван от газовотурбинната машина, не превишава шума, създаден от акустичните газови дюзи при традиционните пиролизни пещи. За да се пренесе изходящият газ от газовите турбинни машини могат да бъдат използвани комини, подобни на обикновено използваните в тръбни пещи. За пиролизен завод с капацитет на въглеводородно захранване около 80,000 t на година се изисква газова турбинна машина с мощност около 8-12 MW. Такива машини се произвеждат серийно и са способни за дълговременна работа при условия на непрекъснато натоварване, като газ-въздуховдухващи машини в газови помпени станции на магистрални газови тръбопроводи. Пълната продължителност на работа на такива машини може да варира до 100,000 h.

Конструирането на нови пиролизни инсталации може да се осъществи, като се използват материали, експлоатационни познания и технологии, използвани от производителите на газови турбинни машини. Ако реакторът и неговата задвижваща газова турбина ще бъдат направени в същата фабрика, пиролизната инсталация може да бъде създадена от обикновен конструктор под формата на напълно готов агрегат.

Патентни претенции

1. Метод за производство на нискомолекулни олефини чрез пиролиза на въглеводороди, характеризиращ се с това, че включва предварително загряване и изпаряване на изходна захранваща суровина, смесване на споменатата захранваща суровина с пара разредител, загряване на получената смес до пиролизна температура в лопатков въртящ се реактор чрез топлина, получена вътре в обема на сместа, за да се даде възможност за хидродинамично забавяне на въртящите се роторни лопатки, охлаждане на получения крекинггаз и следващото му разделяне, при което загряването на сместа до пиролизната температура се извършва чрез смесване с горещ пиролизен газ, циркулиращ в работната кухина на лопатковия реактор за време, не повече от 0,001 s.

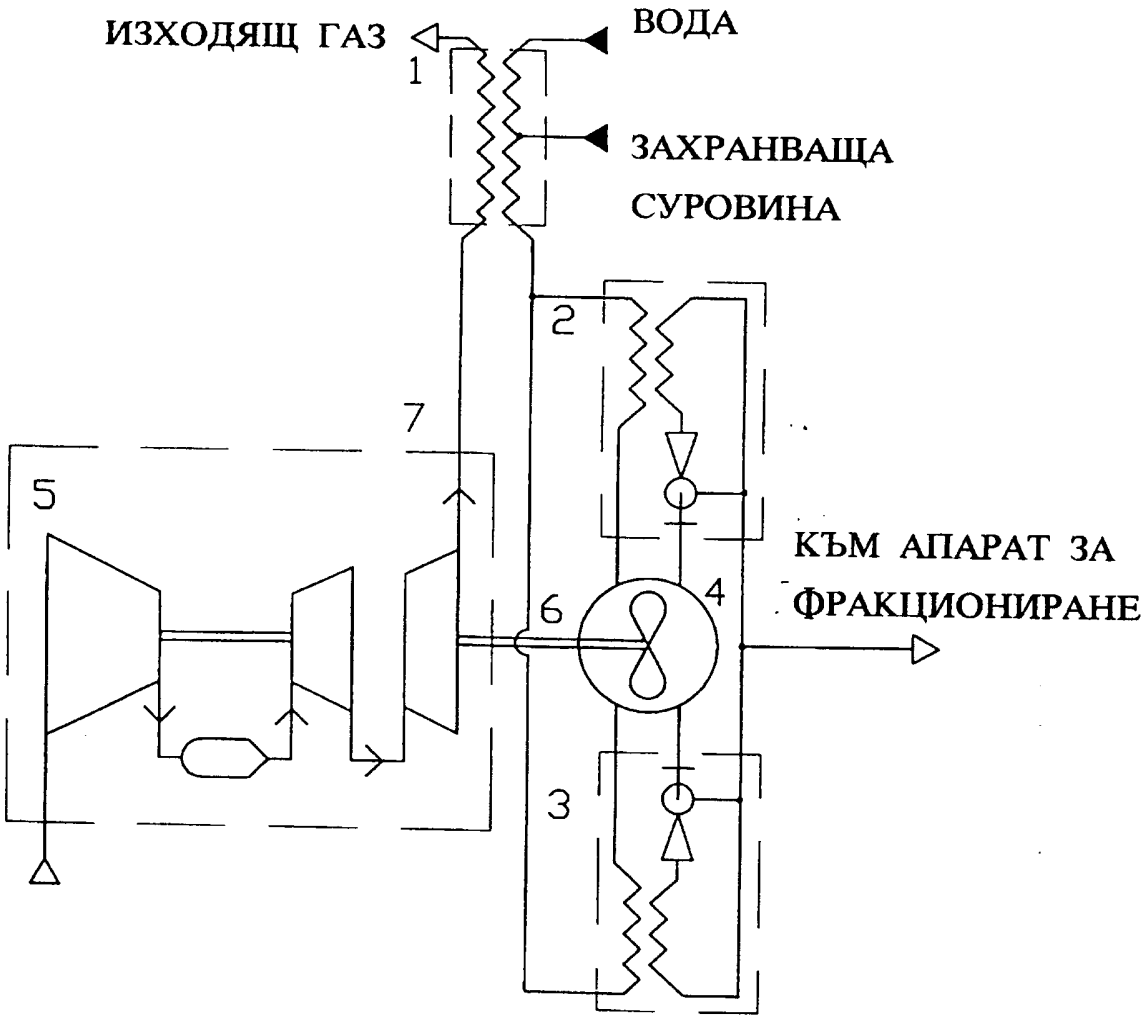
2. Метод съгласно претенция 1, характеризиращ се с това, че предварителното загряване на захранващата суровина и парата разредител се извършва в два етапа и във втория етап предварителното загряване се осъществява в топлообменник чрез използването на топлина, съдържаща се в крекинггаза, излизащ от лопатковия въртящ се реактор.

3. Реактор за осъществяване на метода за производство на нискомолекулни олефини чрез пиролиза на въглеводороди съгласно претенция 1, включващ корпус с ориентирани неподвижно лопатки (17, 18), щуцер (21) на входящ отвор за подаване на захранваща суровина, щуцер (22) на изходящ отвор за пропускане на крекинггаз и работно колело (24), снабдено с лопатков венец (25), характеризиращ се с това, че корпусът има коаксиална кухина за циркулиране на горещ пиролизен газ, която включва ориентираните неподвижно лопатки (17, 18) и обгражда лопатковия венец (25) на работното колело (24) по периферията, и споменатите щуцер (21) на входящия отвор за подаване на захранваща суровина и щуцер (22) на изходящия отвор за пропускане на крекинггаза са свързани със споменатата кухина.

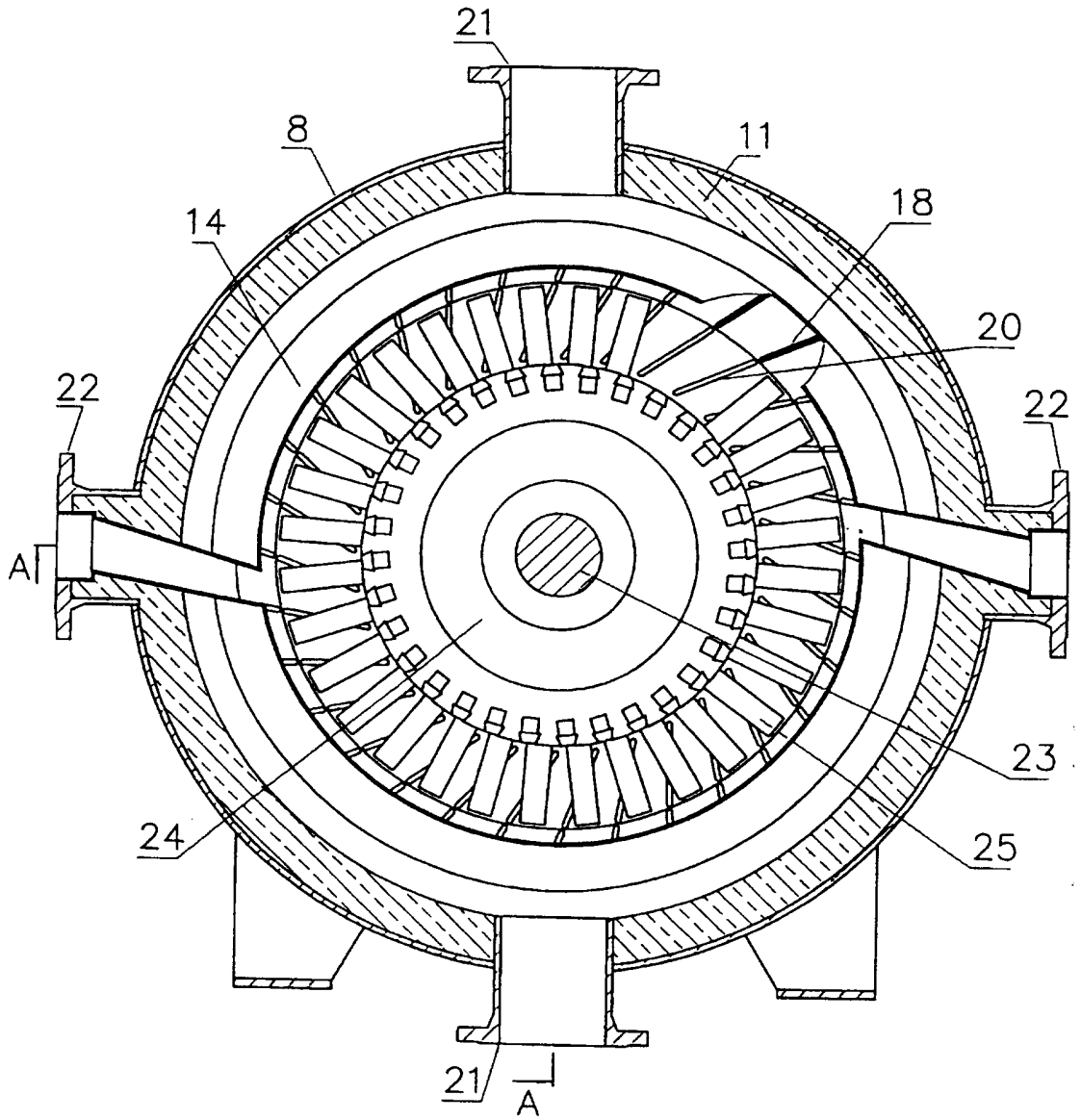
4. Реактор съгласно претенция 3, характеризиращ се с това, че корпусът включва кожух (8) и топлоустойчива повърхност (14), свързани заедно, и кожухът (8) е покрит от вътрешната страна с топлинна изолация.

5. Устройство за охлаждане на крекинггаз съгласно метода от претенция 1, включващо топлообменник, който има пространства за охлаждане и загряване на флуидите, разделени от стена, характеризиращо се с това, че устройството е снабдено с Т-образна тръба (41) и с ежектор, включващ дюза (38), камера за подаване (39) и смесваща камера (40) така, че смесващата камера (40) на ежектора и единият от щуцерите (34) на Т-образната тръба (41) са свързани с пространството на охладения флуид и камерата за подаване (39) на ежектора е свързана с другия щуцер (35) на Т-образната тръба.

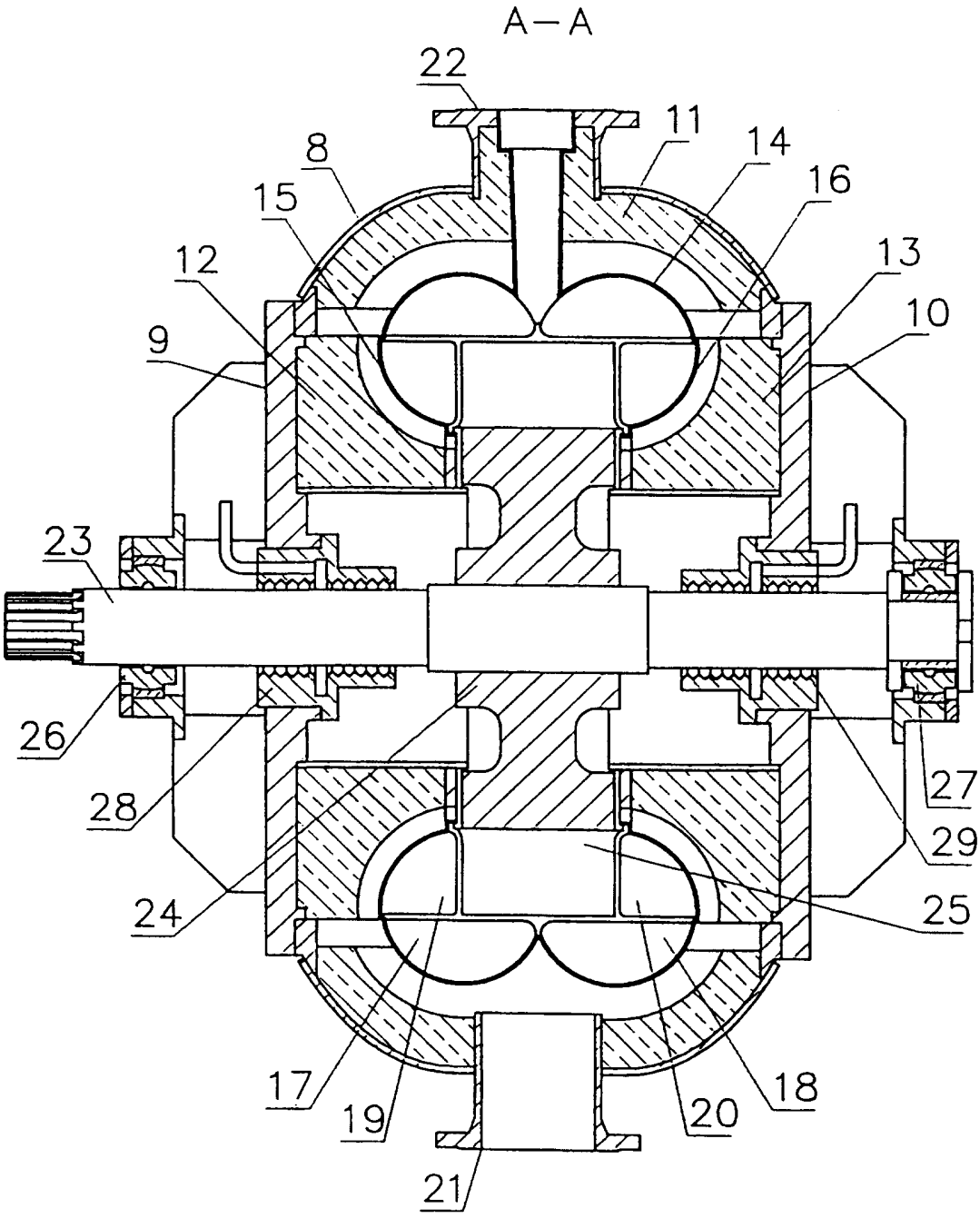
Приложение: 6 фигури


ИЗХОДЯЩ ГАЗ
ВОДА
1
ЗАХРАНВАЩА
СУРОВИНА
2
7
5
КЪМ АПАРАТ ЗА
ФРАКЦИОНИРАНЕ
6
4
3

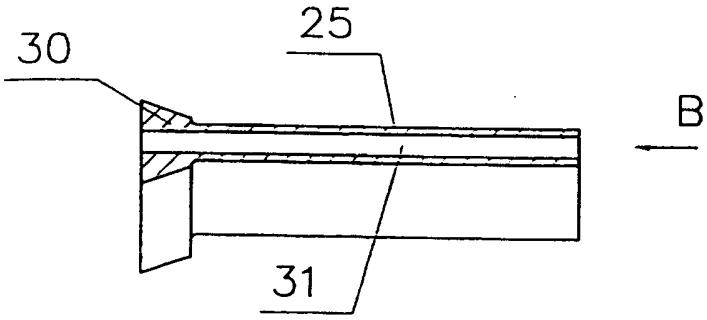
ФИГ. 1



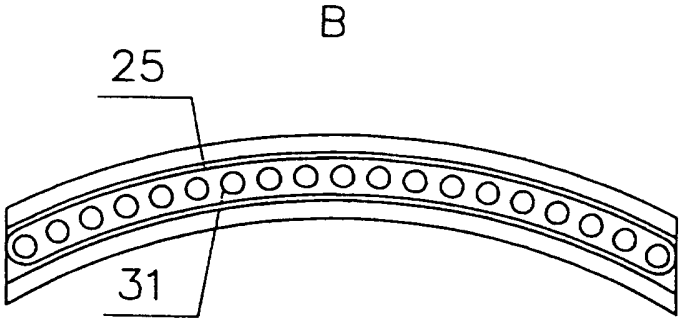
ФИГ. 2



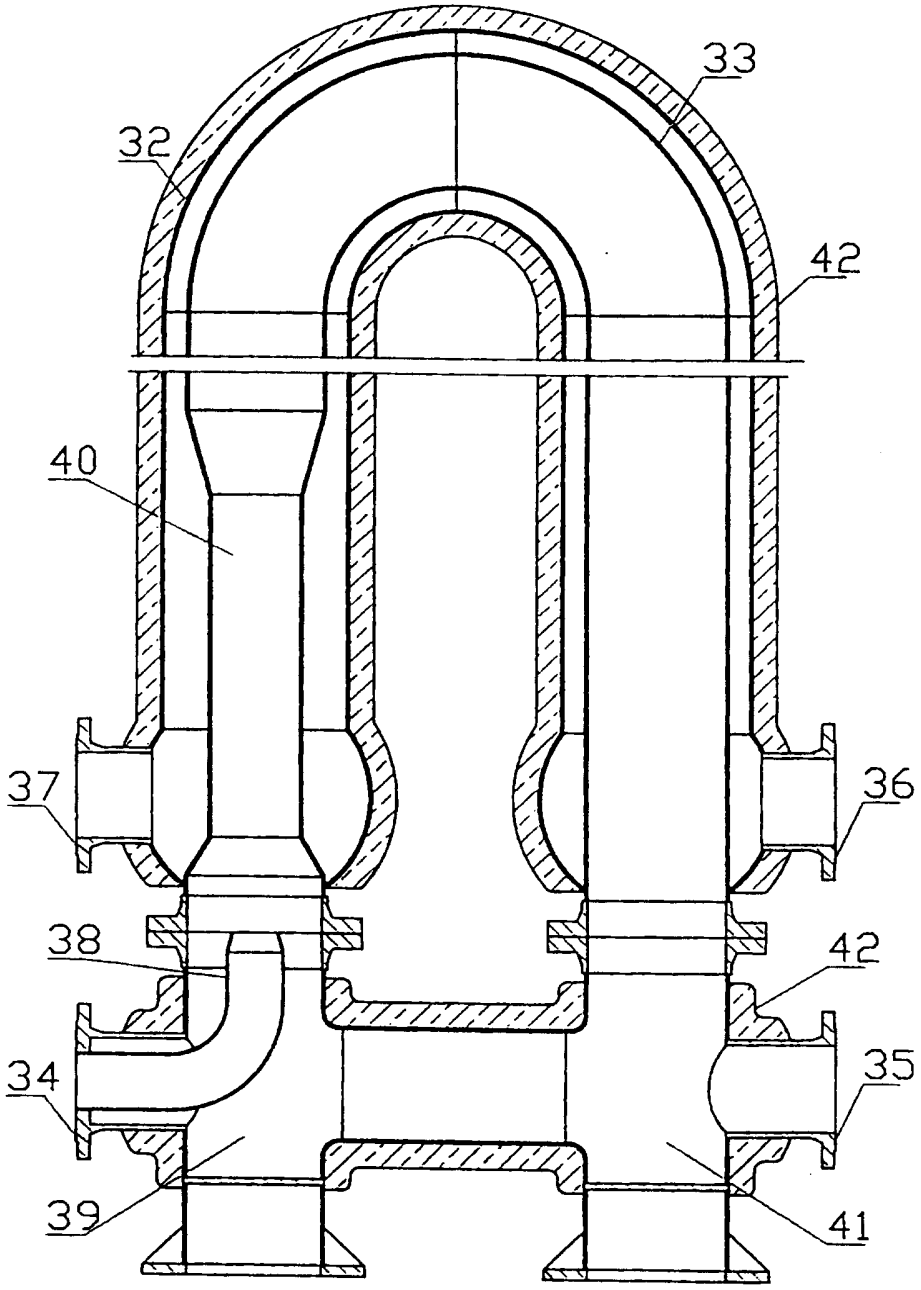
ФИГ. 3



ФИГ. 4



ФИГ. 5



ФИГ. 6

Издание на Патентното ведомство на Република България
1797 София, бул. "Д-р Г. М. Димитров" 52-Б

Експерт: О. Димитрова

Редактор: Е. Синкова

Пор. № 64018

Тираж: 40 ВК