



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 163248

(13) U

(51) МПК

C10J 3/02 (2006.01)

C10J 3/28 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

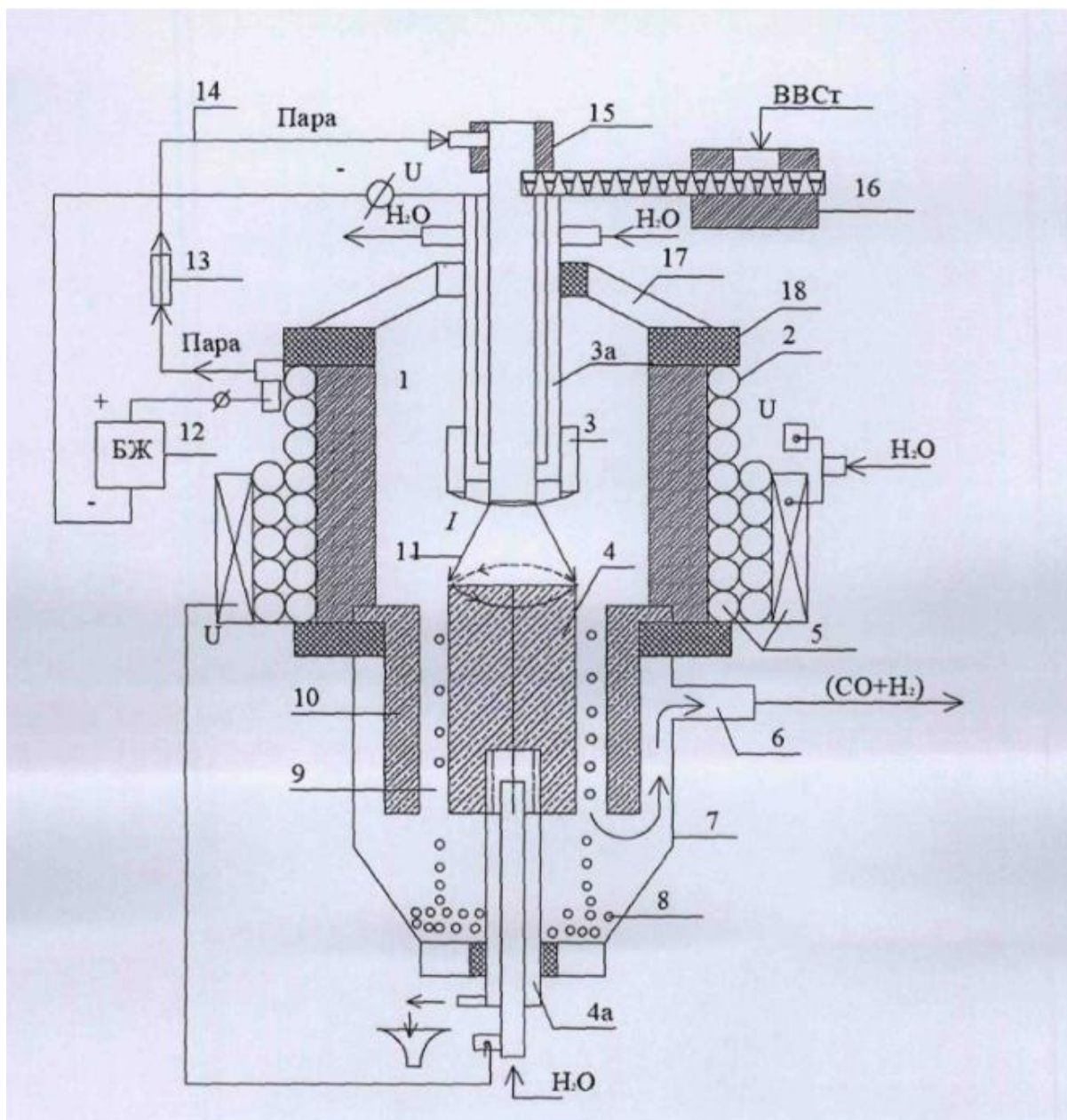
(21) Номер заявки:	u 2024 05115	(72) Винахідник(и):	Давидов Сергій Леонідович (UA), Холявченко Леонід Тимофійович (UA), Шевченко Володимир Георгійович (UA), Мещеряков Леонід Георгійович (UA), Потапчук Ірина Юріївна (UA), Опарін Сергій Олександрович (UA)
(22) Дата подання заявки:	29.10.2024	(73) Володілець (володільці):	ІНСТИТУТ ГЕОТЕХНІЧНОЇ МЕХАНІКИ ІМ. М.С. ПОЛЯКОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ, вул. Сімферопольська, 2а, м. Дніпро, 49005 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності:	11.06.2026		
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію:	10.06.2026, Бюл.№ 23		

(54) ГАЗОГЕНЕРАТОР ПАРОПЛАЗМОВИЙ ТВЕРДОПАЛИВНИЙ

(57) Реферат:

Газогенератор пароплазмовий твердопаливний містить герметичну реакційну камеру з кришкою, що одночасно виконує функцію розподільника газової і твердої фаз перетворення, електроди катод і анод, соленоїд, яким створюють енергетичний конус, засоби дозованого вводу в реакційну камеру твердої вуглецевмісної сировини та окиснювача через осьовий канал в катодотримувачі та катоді осьових вузлів охолодження реактора та газу, а також вузли електроживлення, управління та захисту від струмів короткого замикання. При цьому реакційна камера виконана безкорпусною, виготовлена з графіту та охоплена двошаровим теплообмінником з труби змінного перерізу, який охолоджується рідиною, одночасно служить витками соленоїда. При цьому внутрішній шар теплообмінника розміщено по всій довжині реакційної камери, забезпечує її охолодження і служить пароперетворювачем, у якому вода під дією тепла реакційної камери та струму соленоїда перетворюється на пару. Зовнішній шар розташований у зоні дугового розряду, призначений для інтенсивного охолодження камери холодною водою і захисту проводу соленоїда від перегріву. При цьому утворена пара конструктивно передбачена як окиснювач та транспортуюче середовище для подачі подрібненого вуглецевмісного середовища в реакційну камеру.

UA 163248 U



Корисна модель належить до енергетики, зокрема стосується засобів термічної переробки на газ твердої вуглецевмісної сировини, і може бути використаним в засобах для одержання водню та синтез-газу для виробництва моторного палива, метану та добрив.

З рівня техніки відомі технічні рішення та засоби газифікації вугілля, що виконуються за класичними автотермічними методами, наприклад "Вінкпера", "Лургі", "Техасо", "Каперс-Іотцека" [Хімічні речовини з вугілля. Переклад з нім. / Під редакцією І.В. Калачіца. М. Хімія, 1980, с. 185-186.], де передбачено використання в якості окиснюючого середовища пари та кисню. Процес відбувається при температурі (800-1900) К. Проте, такий рівень температури процесу досягається шляхом прямого спалювання частини продукту, то газифікується. До речі, всі автотермічні методи газифікації (Winklesa, Iurg, Kopezs-Totyskata, Texsaco) та їх аналоги використовують енергію продукту газифікації, який спалюють. І це є їх основним недоліком. При застосуванні автотермічної газифікації можуть бути використані тільки високоенергетичні сполуки, наприклад, вугілля. Їх пряме спалювання може забезпечити необхідною енергією усі процеси газифікації. Щоб отримати високу температуру процесу (до 2000 К), потрібно як окиснювач використовувати кисень високої чистоти (95 %), що є дорогим процесом.

Використання повітря як окиснюючого середовища забезпечує температуру не більшою (1200-1300) К, що значно затримує швидкість реакційних процесів, збільшує довжину зони перебування частинки в реакційному просторі, відповідно також довжину і параметри реактора: його металоємність та, відповідно, і капітальні витрати. Пряме спалювання призводить до змішування продукту газифікації з CO₂, якого в складі тазової фази може бути до 30 %. Невисокі температури процесу практично унеможливають процеси комплексної переробки сировини, тобто її мінеральної складової.

Відомий електродуговий плазмовий реактор для газифікації [Спосіб термічної переробки пиловидного палива. Патент України № 10777 пл. 5C01,13/18. Промислова власність, № 6, 1977 р.] вуглецевмісного середовища. Це засіб аллотермічний, коли енергія для компенсації ендотермічних процесів перетворення вводиться в достатній кількості і потрібної якості від незалежного джерела. Реактор складається із циліндричної камери, у верхній кришці якої розміщено електродуговий плазмотрон. Тобто це плазмовий реактор розділеного типу, коли для генерації плазми, яка необхідна, використовується додаткова ступінь перетворення енергії, що обов'язково пов'язано з додатковими витратами енергії. Спочатку в плазмогенераторі перетворюють енергію дугового розряду на теплову енергію газового потоку, який вводиться в реактор (додатковий засіб) для подальшого перетворення на газ вуглецевмісного середовища (BBC). BBC подають в той самий реактор у вигляді пилового потоку паралельно газовому потоку з температурою (3-5)·10³ К. Потік може бути кисневим, повітряним чи паровим. Але в цьому випадку слід враховувати низький ресурс роботи електродної трупи плазмотрона, особливо при використанні пари. Це знижує надійність роботи запропонованого реактора і збільшує вартість корисного продукту.

В основу винаходу покладено те, що об'єм BBC нагрівається шляхом пропускання через нього електричного струму дугового розряду. В цьому випадку ВВСТ (тверді частинки вуглецевмісного середовища) використовується як система з визначеним постійним електричним опором. Високий опір чи змінна щільності призводить до того, схильності реактора до нестабільної роботи через нестійку напругу на електродах та відповідно нестійке горіння дугового розряду головного джерела енергії, що вводиться. Головним недоліком такого реактора є те, що в його роботі слід враховувати електропровідність середовища, що вводиться для перетворення.

Найближчим аналогом є плазмово-дуговий реактор для газифікації водовугільного палива [Спосіб плазмової газифікації водовугільного палива та плазмово-дуговий реактор для його здійснення. Патент України № 97717 МКВ5 C01J 3/18, 6H057/20, 7/22]. Він містить циліндричну камеру (корпус), охолоджувану водою, з кришкою (головкою реактора), електроди, стержневий анод та катод у вигляді тигля, шламосбирач, роздільник газової та твердої фаз, вузол вводу наливу, дуговий розряд, кільцеву щілину (діафрагму), що є загальними ознаками протиток та реактора, що заявляється.

У найближчого аналога потужний тепловий потік не використовується, а виноситься з водою, яка охолоджує корпус реактора. Крім того, корпус реактора вимушено виготовляється з магнітопроникного металу, складний і високовартісний.

У найближчого аналога для підвищення ефективності процесів температурного перетворення вуглецю, використано "занурений" в розпиленому потоці ВВСТ та окиснювача. При цьому суспензія не розпилюється, що спрощує процеси подачі BBC та конструкцію засобу. В заявленій конструкції газогенератора газова динаміка окиснювача використана в якості засобу, транспортуючого ВВСТ в реакційний простір через катод.

Задачею корисної моделі є підвищення енергетичного к.к.д. реактора.

Поставлена задача вирішується тим, що в газогенераторі пароплазмовому твердопаливному, який містить герметичну реакційну камеру з кришкою, що одночасно виконує функцію розподільника газової і твердої фаз перетворення, електроди катод і анод, соленоїд, яким створюють енергетичний конус, засоби дозованого вводу в реакційну камеру твердої вуглецевмісної сировини та окиснювача через осьовий канал в катодотримувачі та катоді осьових вузлів охолодження реактора та газу, а також вузли електроживлення, управління та захисту від струмів короткого замикання, згідно з корисною моделлю, реакційна камера виконана безкорпусною, виготовлена з графіту та охоплена двошаровим теплообмінником з труби змінного перерізу, який охолоджується рідиною, одночасно служить витками соленоїда, при ньому внутрішній шар теплообмінника розміщено по всій довжині реакційної камери, забезпечує її охолодження і служить пароперетворювачем, у якому вода під дією тепла реакційної камери та струму соленоїда перетворюється на пару, а зовнішній шар розташовано у зоні дугового розряду, призначений для інтенсивного охолодження камери холодною водою і захисту проводу соленоїда від перегріву, при цьому утворена пара конструктивно передбачена як окиснювач та транспортуюче середовище для подачі подрібненого вуглецевмісного середовища в реакційну камеру.

Залежно від величини струму дугового розряду, в камері забезпечується середньомасова температура 2500-3000 К, що значно збільшує швидкість реакції $C+H_2O=CO+H_2$ та розпадання молекули води на складові O_2 та H_2 , а ступінь конверсії вуглецю досягає 98-99 %. Вміст водню в синтез-газі збільшується до 60-65 % за рахунок розпадання молекули води. За рахунок доокиснення CO до CO_2 можливе збільшення кількості окисника та енергії перетворення, і, як наслідок, водневої складової синтез-газу до 85-86 %. Слід зазначити, що процеси перетворення ВВСТ на синтез-газ при його масовому використанні сприяють зменшенню атмосферних викидів шкідливих речовин, рівень яких може бути доведено до четвертого рівня Європейських стандартів, що сприяє вирішенню екологічних проблем, які стоять перед людством. Активний розвиток цього напрямку також сприяє технологіям виробництва водню і прискорює розвиток водневої енергетики. Технологія пароплазмового перетворення на газ ВВСТ може бути застосованою при переробці органічних побутових відходів.

Корисна модель пояснюється кресленням, де на кресленні представлено газогенератор пароплазмовий твердопаливний (ГГПТп).

Газогенератор пароплазмовий твердопаливний містить вертикальну циліндричну камеру 1, виготовлену з графіту, охолоджувану теплообмінником 2 з мідної труби перемінного перетину, кільця якої навиті на зовнішню поверхню реакційної камери і контактують з нею через теплопровідний ізоляційний шар. Кільця теплообмінник ізолювані між собою і використані в якості додаткових витків накладеного соленоїда 5. Щоб отримати необхідну величину магнітного поля в середині реакційної камери, крутити дуговий розряд і створити енергетичний конус, кількість витків накладеного соленоїда 5 доповнюється ізолюваним дротом необхідного перетину. Ізоляція дроту повинна бути захищеною від високої температури реакційної камери. В аналогах та прототипах такі функції виконуються корпусом, охолоджуванім водою із металу (магнітопроникного), що складно і дорого. До того ж корпус неможливо використати як додаткові витки накладеного соленоїда. І якщо тепло реактивної камери можливо утилізувати додатковим теплообмінником, то Джоулеве тепло від струму дуги залишається не утилізованим.

Щоб надійно захистити дріт від перегріву, збільшити рівень утилізації тепла реакційної камери, теплообмінник 2 на камері реактора виготовляється двошаровим. Другий шар (зовнішній) намотується тільки в зоні дугового розряду і охолоджується холодною водою, яка подається спочатку в другий шар. Перший намотується по всій довжині реакційної камери, охолоджуючи її повністю, і служить як пароперетворювач. Так як з ростом температури пара в об'ємі збільшується, то пароперегрівача (остання) частина теплообмінника виготовляється трубою більшого перерізу.

Перегріта пара з теплообмінника соленоїда через вузол електричної розв'язки 13 напруги між катодом і анодом та трубопровід пари 14 подається з шнекового дозатора 16 в головку парову 15, яка забезпечена манометром для визначення тиску пари, після чого подається на осьовий канал катодотримувача 3а і катода 3. Далі парою ВВСТ подається в циліндричну реакційну камеру 1 газогенератора, а точніше в середину енергетичного конуса 11 з дозатора 6. В цьому випадку паровий потік використовується як транспортуючий газового потоку, що ежекує ВВСТ і транспортує його всередину енергетичного конуса 11.

Герметичність газогенератора забезпечується головною частиною реактора - головою 17, яка установлюється зверху на реакційну камеру 1 через ізоляційне кільце 18 з азбесту по осі реактора та служить центратором при його збиранні. Таке ж ізоляційне кільце 18 ставиться між

реакційною камерою 1 і розподільником 7. Герметичність реакційної камери 1 забезпечується також при збиранні газогенератора плівкою азбестової суспензії, яка наноситься між вертикально установленими реакційною камерою 1, головкою 17, ізоляційним кільцем 18 та розподільником 7. Всі вертикально зібрані основні вузли газогенератора стягуються тягами спеціальної конструкції.

Робота газогенератора ГГПТП визначається його конструктивними особливостями і здійснюється наступним чином.

Для компенсації ендотермічних реакцій перетворення ВВСТ та одержання окиснювача (O_2) із води за реакцією $C+H_2O=CO+H_2$ та з її розкладання на H_2 та O під дією високої температури дуги в реакційний простір (реакційну камеру) вводять енергію дугового розряду, який горить між електродами. Електроживлення дуги відбувається від блока живлення 12, яким передбачено перетворення напруги змінного струму 500 В на постійний (960-980) В та захист генератора від струмів короткого замикання. Температура по осі дугового розряду, залежно від величини струму може досягати $(15-18) \cdot 10^3$ К, що розвиває в середньомасову температуру в камері $(3-5) \cdot 10^3$ К і є основною ознакою і перевагою плазмових засобів. Принциповою особливістю плазмового генератора є те, що процеси плазмоутворення, перетворення середовища і генерація кисню суміщені в часі і просторі.

Особливості роботи і обслуговування газогенератора. Щоб ініціювати (запалити) дуговий розряд, електроди зводять разом за допомогою регулятора потужності, конструктивно передбачуючи рухомість одного з електродів. В технічному рішенні, що заявляється, рухомим є анод. Його рухливість в вертикальному напрямку забезпечується регулятором потужності через анодоутримувач 4а. Анодоутримувачем анод вводиться в реакційний простір, він забезпечує змінність анода, охолоджує та центрує анод в камері, через нього напруга подається на анод. Рухомість того чи іншого електрода визначається конструктивно, залежно від навантаженості електродів додатковими конструктивними елементами. Після запалення дугового розряду в реакційний простір подають реагуючі компоненти - ВВСТ та пару. Проте, в початковий період запуску генератора в роботу пара відсутня. Тому в реакційний простір подається вода як окисник. Коли елементи конструкції реактора розігріються, теплообмінник 2 в тому числі, процес перетворення автоматично переведеться на пару.

Особливу роль в процесах перетворення середовища на газ є час перебування частинки в реакційному просторі, тобто в просторі високої температури. Цей кінетичний параметр визначається швидкістю переміщення частинки в реакційному просторі і довжиною траєкторії її переміщення. А так як траєкторія переміщення частинки параметр сталий для даної конструкції, то час перебування частинки установлюється конструктивно. В конструкції цей час визначається та установлюється діафрагмою 9 - щілиною, яка створена анодом 4 та графітовою конструкцією 10. В зоні діафрагми температурний режим є незмінним і незалежним від основної камери. Виходячи за діафрагму суміш золи 8 та газу поступає в розширений об'єм золосбирача 7. Швидкість потоку різко зменшується, як і його температура, тяжкі частини золи (мінеральна частина середовища) падають вниз, де накопичуються і через шлюзову камеру періодично у міру накопичення видаляються. Генерований газ підіймається вгору і через патрубок 6 передається для подальшого очищення та охолодження.

Потужність реактора регулюється опором дуги, тобто її довжиною, яка установлюється регулятором потужності після запалювання дуги. Вихід на необхідну (задану) потужність контролюється амперметром струму дугового розряду. При запуску реактора, що визначається великим значенням струму (500-600) А (коротке замикання), зразу ж необхідно збільшити довжину дугового розряду, що призведе до зменшення величини його струму. Величину струму потрібно установлювати відповідно до розрахунків потужності реактора. Зразу ж після підпалення дуги, в реакційний простір реактора досипають реагуючі компоненти ВВСТ та охолоджувач. Для цього необхідно включити в роботу дозатор ВВСТ. Воду через теплообмінник 2 потрібно подавати завчасно. Після розігріву реактора в теплообміннику вода перетвориться на пару і в такому стані автоматично поступає в реакційний простір. Це свідчить про те, то реактор вийшов на стабільний розрахунковий режим роботи.

Корпус реакційної камери та електроди катод та анод виготовляються з недорогого графіту, який легко механічно обробляється. Для їх виготовлення можуть бути використаними відходи електродів електроплавильного виробництва в металургії. Графіт - матеріал однорідний, електропровідний, магнітопроникний, жароміцний, вуглецевмісний, тобто має якості, необхідні для виготовлення плазмогенераторів. Матеріал електродів, що є розхідними, впливає на чистоту отриманого тазу від їх термічного руйнування та домішок. Жароміцність визначає стійкість електродів в агресивному середовищі високої температури, а магнітопроникність необхідна для проникнення магнітного поля накладеного соленоїда в середину герметичної

реакційної камери, щоб обертати дуговий розряд та створювати енергетичний конус. Графітова реакційна камера (тигель) охолоджується теплообмінником з мідної труби, навитої на поверхню циліндричної камери двома шарами. Перший шар розміщено на всій довжині камери, а другий - тільки в зоні дії дугового розряду. Теплообмінник одночасно використовується як витки соленоїда. Необхідна величина магнітного поля соленоїда (магнітна індукція) забезпечується додатковими витками ізольованого проводу, який намотується на теплообмінник, що захищає його від дії високої температури тигля. Для цього вода спочатку подається у витки другого шару. Перший шар теплообмінника охолоджує камеру, і вода в ньому перетворюється на пару, а в другій половині цього шару, кільця якого навиваються трубою більшого перерізу, перегрівається. Пара разом з ВВСТ, через осьовий канал в катодотримувачі і катоді подається всередину енергетичного конуса. На шляху до камери пара виконує функції транспортуючого газу, ежектуючи ВВСТ зі шнекового дозатора. Співвідношення реагуючих компонентів стехіометричне, з врахуванням фізико-хімічних показників ВВСТ. Теплообмінник не тільки перетворює воду на перегріту пару, утилізуючи тепло дугового розряду, яке через стінку камери надходить на теплообмінник, а й енергію джоулевого тепла струму дугового розряду, який протікає через соленоїд, підключений послідовно з дуговим розрядом, величина струму якого дорівнює струму і в дуговому розряді (250-300) А джоулевого тепла від протікання струму немало ($Q=kl^2RT$), його необхідно також використовувати, підвищуючи енергетичний к.к.д. генератора.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Газогенератор пароплазмовий твердопаливний, який містить герметичну реакційну камеру з кришкою, що одночасно виконує функцію розподільника газової і твердої фаз перетворення, електроди катод і анод, соленоїд, яким створюють енергетичний конус, засоби дозованого вводу в реакційну камеру твердої вуглецевмісної сировини та окиснювача через осьовий канал в катодотримувачі та катоді осьових вузлів охолодження реактора та газу, а також вузли електроживлення, управління та захисту від струмів короткого замикання, який **відрізняється** тим, що реакційна камера виконана безкорпусною, виготовлена з графіту та охоплена двошаровим теплообмінником з труби змінного перерізу, який охолоджується рідиною, одночасно служить витками соленоїда, при цьому внутрішній шар теплообмінника розміщено по всій довжині реакційної камери, забезпечує її охолодження і служить пароперетворювачем, у якому вода під дією тепла реакційної камери та струму соленоїда перетворюється на пару, а зовнішній шар розташований у зоні дугового розряду, призначений для інтенсивного охолодження камери холодною водою і захисту проводу соленоїда від перегріву, при цьому утворена пара конструктивно передбачена як окиснювач та транспортує середовище для подачі подрібненого вуглецевмісного середовища в реакційну камеру.

