

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

37 075

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

H05H 1/02

(2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2023-40750**
(22) Přihlášeno: **22.02.2023**
(47) Zapsáno: **30.05.2023**

- (73) Majitel:
Vysoká škola báňská - Technická univerzita
Ostrava, Ostrava, Poruba, CZ
- (72) Původce:
Ing. Jan Najser, Ph.D., Vřesina, CZ
Ing. Jaroslav Frantík, Ph.D., Ostrava, Poruba, CZ
Ing. Tomáš Najser, Vřesina, CZ
Ing. Marcel Mikeska, Ph.D., Vratimov, CZ
Ing. Jan Kielar, Ph.D., Ostrava, Poruba, CZ
- (74) Zástupce:
INPARTNERS GROUP, Ing. Dušan Kendereški,
Tuřanka 1519/115a, 627 00 Brno, Slatina

- (54) Název užitého vzoru:
**Zařízení pro generaci plazmového výronu
ionizací přehřáté vodní páry pomocí ultra
krátkých vln**

Zařízení pro generaci plazmového výkonu ionizací přehřáté vodní páry pomocí ultra krátkých vln

5 Oblast techniky

Technické řešení se týká oblasti plazmové technologie sloužící k energetickému zpracování široké škály biomasy, alternativních či odpadních materiálů pomocí zařízení pro generaci plazmového výkonu, využívajícího ultra krátkých vln pro ionizaci přehřáté vodní páry.

10

Dosavadní stav techniky

Plazmové zplyňování je technologií schopnou konvertovat řadu různorodých vstupních materiálů na dále využitelný, energetický plyn. Tohoto procesu je dosaženo pomocí vysoké teploty plazmatu, k jehož generaci slouží plazmový hořák, známý rovněž jako plazmatron. Pracovní plyn vstupující do plazmatronu je ionizován, vznikající plazmový výkon o teplotě řádově 10 000 °C poté rozkládá organické látky na základní plyny. Anorganické látky bez větší energetické hodnoty jsou zakoncentrovány ve formě inertní, nevytlučovatelné strusky. Obecně je technologie plazmového zplyňování čistější a šetrnější k životnímu prostředí než běžné zplyňovací či spalovací procesy.

20

Nejrozšířenějšími plazmatrony jsou obloukové plazmatrony, u kterých však dochází vlivem vysokých teplot, proudů a oxidace k rychlému a elektroerozivnímu opotřebení elektrod, které musí být pro zachování životnosti provozu pravidelně vyměňovány. Dále je známý plazmatron využívající ultra krátké vlny, tzv. UHF plazmatron (Ultra High Frequency), ve kterém dochází k tvorbě plazmatu vlivem koncentrace mikrovlnného záření generovaného magnetronem. Kromě těchto typů jsou známy např. laserové či indukční plazmatrony, které ale nebyly pro dlouhodobý provoz v plazmovém zplyňování dostatečně otestovány.

25

Pomocí doposud známých UHF plazmatronů lze zplyňovat materiál na syntézní plyn, ale tyto primárně necílí na množství vyvíjeného vodíku ve vznikajícím syntézním plynu. Složení syntézního plynu je kromě zplyňovaného materiálu a oxidačního činidla závislé také na nosném plynu, ze kterého plazmový výkon vzniká. Využitím vody nebo vodní páry lze poměr H_2/CO v syntézním plynu značně navýšit ve prospěch H_2 .

30

Nicméně, nevýhodou známých UHF plazmatronů (a obecně všech plazmatronů) je, že při využívání vody v kapalném stavu či jakožto mokré nebo syté páry dochází k nežádoucímu snížení celkové teploty zplyňovacího procesu kvůli dodání latentního skupenského tepla na fázovou přeměnu mokré, resp. syté páry.

35

Ve stavu techniky tedy vzniká potřeba zařízení pro generaci plazmového výkonu (plazmatronů, plazmových hořáků), využívajících ultra krátké vlny, které lze využít pro výrobu syntézního plynu, bohatého na vodík, a bez negativního vlivu na snižování teploty v plazmovém hořáku.

40

45 Podstata technického řešení

Cílem technického řešení je poskytnout zařízení pro generaci plazmového výkonu, využívající ultra krátké vlny pro ionizaci vodní páry, který lze využít pro výrobu syntézního plynu bohatého na vodík, a bez negativního vlivu na snižování teploty v plazmovém hořáku.

50

V prvním aspektu je uvedeného cíle dosaženo zařízením pro generaci plazmového výkonu, využívajícím ultra krátké vlny pro ionizaci přehřáté (tzv. suché) vodní páry a obsahujícím:

- a. plazmový reaktor obsahující plazmový hořák (případně v technicky ekvivalentním provedení: plazmový reaktor a k němu připojený plazmový hořák) se zapalováním pro vytvoření plazmového výronu ionizací přehřáté vodní páry pomocí ultra krátkých vln;
- 5 b. vyvíječ páry připojený k plazmovému hořáku přes přehřívač páry pro vytvoření mokré vodní páry, její přehřátí a přivedení přehřáté vodní páry do plazmového hořáku;
- c. magnetron připojený k plazmovému hořáku přes vlnovod pro generování, přivedení a zakoncentrování ultra krátkých vln do plazmového hořáku, přičemž magnetron je napájen
10 vysokonapěťovým zdrojem; a
- d. chladicí okruh pro chlazení plazmového výronu, obsahující vstup chladicího média a výstup chladicího média, např. chladicí vody o teplotě asi 70 °C na vstupu a asi 90 °C na výstupu, čímž se zabrání degradaci tepelně namáhaných částí.

15

Plazma vzniká důsledkem silného mikrovlnného ohřevu proudícího pracovního média (přehřáté vodní páry), které je do plazmového hořáku přivedeno z přehřívače páry. Přehřívačem páry může být např. trubkový přehřívač páry zahrnující otopný segment (elektricky nebo jinak ohříváný) a trubkový segment pro vedení mokré páry v tepelném kontaktu s otopným segmentem, čímž se
20 mokrá pára přemění páru přehřátou, přičemž přestup tepla mezi otopným segmentem a trubkovým segmentem může být realizován formou záření. Tento trubkový přehřívač páry je s výhodou silnostěnný přehřívač ze žáruvzdorné oceli, kde stěna je tvořena izolací a vyzdívkou, dále trubkový segment je bezešvý a pro intenzivnější přestup tepla v malém objemu může být trubkový segment koncipován formou jednoduché nebo vícenásobné šroubovice kolem otopného segmentu, případně
25 může být otopný segment uspořádán na vnitřních stěnách přehřívače páry a v tepelném kontaktu s trubkovým segmentem. Přehřívač páry slouží k vedení a změně stavu mokré páry na páru přehřátou, a to za zvýšeného tlaku.

Ultra krátké vlny jsou generovány pomocí magnetronu a do plazmového hořáku směřovány pomocí vlnovodu. Vznikající plazma je schopno vytavit anorganickou část zplyňovaného materiálu (kovy, silikáty atd.) bez větší energetické hodnoty ve formě nevyluhovatelne, inertní strusky. V té lze zakoncentrovat a bezpečně uložit také řadu nebezpečných odpadů, a strusku je tak možné využívat např. ve stavebnictví. Organická část zplyňovaného materiálu je plazmatem rozložena na výhřevný syntézní plyn, jehož složení je závislé na řadě dalších parametrů (např. na
35 složení zplyňovaného materiálu, množství a typu oxidačního média a nosném plynu tvořícím plazma).

Jak již bylo zmíněno výše, voda v kapalném stavu či mokrá nebo sytá pára způsobuje nežádoucí snížení celkové teploty zplyňovacího procesu kvůli nutnosti dodání latentního skupenského tepla
40 na fázovou přeměnu mokré, resp. syté páry. Inovativním využitím přehřáté vodní páry je tento negativní vliv eliminován.

Ve výhodném provedení je mezi vyvíječem páry a přehřívačem páry uspořádán alespoň jeden hmotnostní průtokoměr pro udržování, kontrolu a regulaci tlaku a průtoku plynného média a/nebo
45 vstup pomocného plynu, který může být v případě potřeby namíchán s nosným plynem, např. inertní plyn (Ar) nebo plynná složka podporující oxidaci v reaktoru (vzduch). Kombinací vodní páry s inertním plynem dochází ke snížení jejího parciálního tlaku, čímž klesá riziko její kondenzace a negativního ovlivnění teploty v plazmovém hořáku. Zároveň je (nejprve mokrá, následně přehřátá) vodní pára vedena pod vyšším tlakem, neboť při expanzi v plazmovém hořáku
50 nedochází ke kondenzaci ve vysoké míře a eliminuje se riziko snižování teploty v plazmovém hořáku a zhasínání plazmového hořáku.

Ve výhodném provedení je magnetronem a vlnovodem uspořádán regulátor vlnění pro úpravu frekvence vlnění a/nebo směrový vazební člen pro úpravu a směřování ultra krátkých vln ve
55 vlnovodu.

V druhém aspektu je uvedeného cíle dosaženo zplynovačem biomasy nebo odpadního materiálu, obsahujícím

- 5 a. výše uvedené zařízení pro generování plazmového výkonu, přičemž plazmový reaktor uvedeného zařízení, který je vhodný pro zplyňování biomasy nebo odpadního materiálu za vzniku syntézního plynu a inertní strusky, obsahuje dále přívod (např. šnekový dopravník) biomasy nebo odpadního materiálu do plazmového reaktoru pro generování plazmového výkonu, a přičemž plazmový reaktor je s výhodou opatřen žáruvzdornou vyzdívkou;
- 10 b. volitelně, zařízení pro vysokoteplotní filtraci vzniklého syntézního plynu;
- c. volitelně, zařízení pro ochlazení vzniklého syntézního plynu;
- 15 d. volitelně, zařízení pro alkalickou vypírku vzniklého syntézního plynu od kyselých plynů a/nebo dehtů; a
- e. volitelně, dmychadlo pro vytvoření podtlaku za plazmovým reaktorem.
- 20 Přestože je vzniklý syntézní plyn tvořen převážně H_2 a CO , může vzácně obsahovat určité množství prachových částic. Za účelem jejich odloučení může být proto odváděn z plazmového reaktoru do zařízení pro vysokoteplotní filtraci, které navíc může disponovat možností oplachu filtru inertním plynem (např. N_2 , Ar) v případě jeho zahlcení. Z vysokoteplotní filtrace může plyn být dále veden do chladiče, kde je ochlazen přibližně na teplotu okolí. Dále lze zařadit alkalickou vypírku sloužící
- 25 k absorpční separaci kyselých plynů (např. CO_2 , H_2S , HCl , NO_x , HCN , COS) a dehtů vzácně se vyskytujících v procesu. Za alkalickou vypírku je možnost pro případné další separační procesy zařadit dmychadlo, sloužící k udržení podtlaku za plazmovým reaktorem a pro vytvoření přetlaku před separačními technologiemi. V tomto okamžiku je syntetický plyn dostatečně vyčištěn pro celou řadu energetických aplikací nebo separaci (membránovou, kryogenní, PSA apod.)
- 30 zájmových složek. Technologie umožňuje upravení jednotlivých podsystémů vždy podle zamýšleného využívání syntézního plynu.

Objasnění výkresů

- 35 Podstata technického řešení je dále objasněna na příkladech jeho uskutečnění, které jsou popsány s využitím připojených výkresů, kde
- Obr. 1 schematicky znázorňuje předkládané zařízení pro generování plazmového výkonu;
- Obr. 2 schematicky znázorňuje příkladný přehřívač páry; a
- 40 Obr. 3 schematicky znázorňuje příkladný zplynovač biomasy nebo odpadního materiálu.

Příklady uskutečnění technického řešení

- 45 Jak je znázorněno na obr. 1, mokrá vodní pára z vyvíječe 1 páry je vedena přes hmotnostní průtokoměr 2, který může být začleněn pro kontrolu a regulaci stabilního množství tohoto média o definovaném tlaku. V případě nutnosti může být mokrá vodní pára smíchána s pomocným plynem ze vstupu 3, jehož přívod je regulován dalším hmotnostním průtokoměrem 2. Pára (v případné směsi s pomocným plynem) vstupuje do přehřívače 4 páry. Vznikající přehřátá pára je dále otápeným potrubím vedena do plazmového hořáku 6, jehož součástí je i zapalování 5. To
- 50 slouží k iniciaci chodu plazmového hořáku 6, který následně pomocí ultra krátkých vln ionizuje přiváděné plynné médium za vzniku plazmového výkonu 7, který je směřován do plazmového reaktoru 25. Vznikající přehřátá pára je do plazmového hořáku 6 vedena pod tlakem, takže při expanzi v plazmovém hořáku 6 kondenzuje v mnohem menší míře a nedochází ke zhasínání

plazmového hořáku 6. Z důvodu extrémních teplot vznikajícího plazmatu jsou příslušné části zařízení pro generování plazmového výkonu chlazeny chladicím médiem, např. chladicí vodou se vstupem 8 a výstupem 9 chladicí vody o teplotě přibližně 70 °C na vstupu a přibližně 90 °C na výstupu. Pro ovládání výkonu plazmového hořáku může být do komplexního systému zařazena také regulace 10. Mikrovlny jsou do prostoru plazmového hořáku 6 přiváděny vlnovodem 11, který je pro jejich vhodnou úpravu a zakoncentrování vhodně geometricky upraven a může disponovat také regulátorem 12 a alespoň jedním směrovým vazebným členem 13. Zdrojem ultra krátkých vln je magnetron 14, který kvůli svým energetickým nárokům vyžaduje k provozu přítomnost vysokonapěťového zdroje 15.

Jak je znázorněno na obr. 2, přehřívačem 4 páry může být trubkový přehřívač páry se vstupem 16 mokré páry z vyvíječe 1 páry do trubkového segmentu 17 koncipovaného formou jednoduché šroubovice kolem elektricky ohříváného otopného segmentu 18. Trubkový přehřívač páry zahrnuje vnější izolační stěnu 19, vnitřní vyzdívkou 20 a termočlánky 21 pro dodatečný ohřev vnitřku trubkového přehřívače páry. Z trubkového segmentu 17 po ohřevu mokré páry za zvýšeného tlaku vedena přehřátá (suchá) pára výstupem 22 dále do plazmového hořáku 6.

Obr. 3 schematicky znázorňuje příkladný zplynovač, včetně některých součástí zařízení pro generování plazmového výkonu. Do plazmového reaktoru 25 ústí přívod 23 oxidačního média (např. O₂, vzduch, CO₂, CO), přívod 24 biomasy nebo odpadního materiálu (např. šnekový dopravník), a přes plazmový hořák 6 rovněž přehřívač 4 páry a magnetron 14. Generováním plazmového výkonu 7 v přítomnosti oxidačního média je biomasa nebo odpadní materiál zplyněn za vzniku inertní strusky, která je odvedena odvodem 29, a syntézního plynu, který je odveden odvodem 30 pro další zpracování. Toto další zpracování zahrnuje zejména první zařízení 31 pro ochlazení vzniklého syntézního plynu, zařízení 32 pro vysokoteplotní filtraci, druhé zařízení 33 pro ochlazení vzniklého syntézního plynu, zařízení 34 pro mokrou vypírku vzniklého syntézního plynu od dehtů (rovněž pro ochranu následující alkalické vypírky), zařízení 35 pro alkalickou vypírku vzniklého syntézního plynu od kyselých plynů a/nebo dehtů, dmychadlo 36 pro vytvoření podtlaku za plazmovým reaktorem 25, zařízení 37 pro separační membránovou technologii a zařízení 38 pro separační technologii PSA („pressure swing adsorption“, tzv. adsorpce s výkyvem tlaku) za účelem separace čistého vodíku. Prvky označené značkou 31 až 38 jsou volitelné, některý z nich může chybět, a tyto prvky lze řadit i v jiném pořadí, než je znázorněno na obr. 3, např. dmychadlo 36 lze řadit před první zařízení 31 pro ochlazení vzniklého syntézního plynu.

Průmyslová využitelnost

Zařízení pro generování plazmového výkonu podle předkládaného technického řešení lze využít k termochemické konverzi řady vstupních materiálů (biomasy, alternativních, odpadních a nebezpečných materiálů) pomocí plazmatu na výhřevný syntézní plyn, obohacený o vodík. Z takto obohaceného syntézního plynu lze následně vodík separovat.

NÁROKY NA OCHRANU

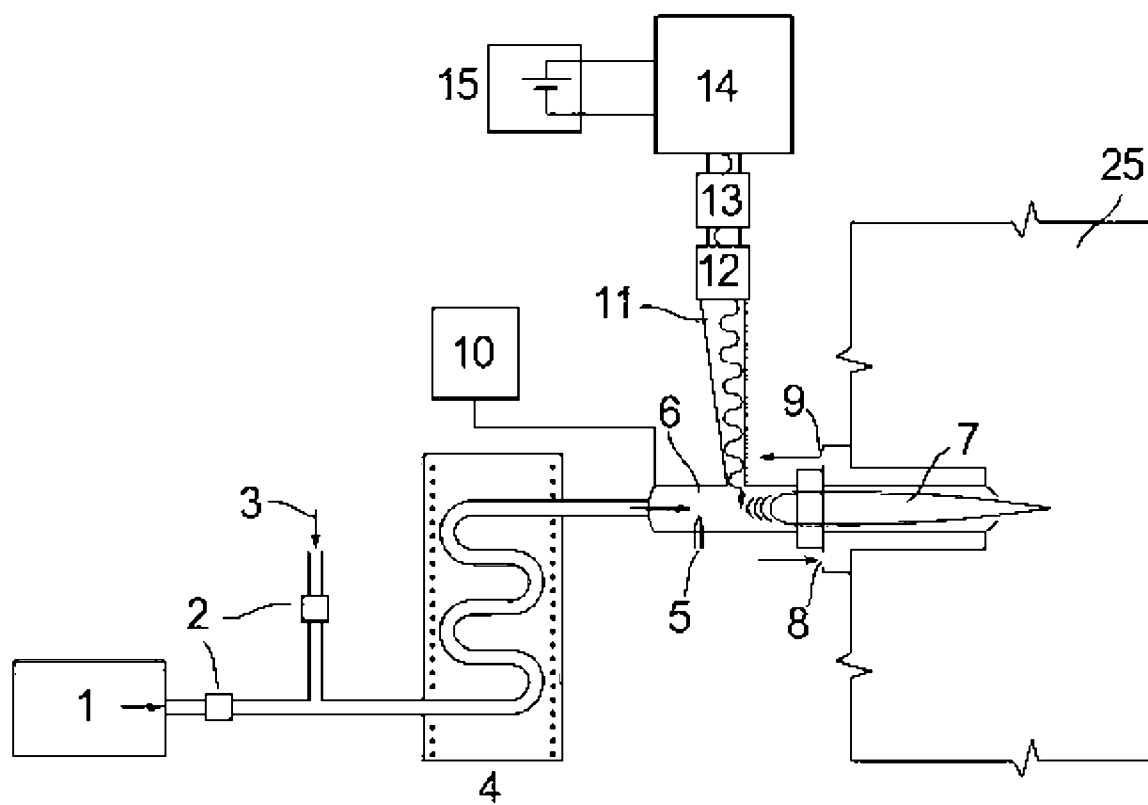
1. Zařízení pro generaci plazmového výkonu ionizací přehřáté vodní páry pomocí ultra krátkých vln, **vyznačující se tím**, že obsahuje
 - 5 a. plazmový reaktor (25) obsahující plazmový hořák (6) se zapalováním (5) pro vytvoření plazmového výkonu (7);
 - b. vyvíječ (1) páry připojený k plazmovému hořáku (6) přes přehříváč (4) páry pro přivedení přehřáté vodní páry do plazmového hořáku (6);
 - 10 c. magnetron (14) připojený k plazmovému hořáku (6) přes vlnovod (11) pro přivedení ultra krátkých vln do plazmového hořáku (6), přičemž magnetron (14) je napájen vysokonapěťovým zdrojem (15); a
 - d. chladicí okruh pro chlazení plazmového výkonu (7), obsahující vstup (8) chladicího média a výstup (9) chladicího média.
- 15 2. Zařízení podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že přehříváčem (4) páry je trubkový přehříváč páry obsahující otopný segment (18) a trubkový segment (17) se vstupem (16) mokré páry a výstupem (22) přehřáté páry, přičemž trubkový segment (17) je s otopným segmentem (18) v tepelném kontaktu pro tvorbu přehřáté páry.
3. Zařízení podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že mezi vyvíječem (1) páry a přehříváčem (4) páry je uspořádán hmotnostní průtokoměr (2) a/nebo vstup (3) pomocného plynu.
- 20 4. Zařízení podle kteréhokoliv z předchozích nároků, **vyznačující se tím**, že mezi magnetronem (14) a vlnovodem (11) je uspořádán regulátor (12) vlnění a/nebo směrový vazební člen (13) pro úpravu a směřování ultra krátkých vln.
- 25 5. Zplynovač biomasy nebo odpadního materiálu, **vyznačující se tím**, že obsahuje zařízení podle kteréhokoliv z předchozích nároků 1 až 4, přičemž plazmový reaktor (25) pro zplyňování biomasy nebo odpadního materiálu uvedeného zařízení dále obsahuje přívod (24) biomasy nebo odpadního materiálu do plazmového reaktoru (25).

3 výkresy

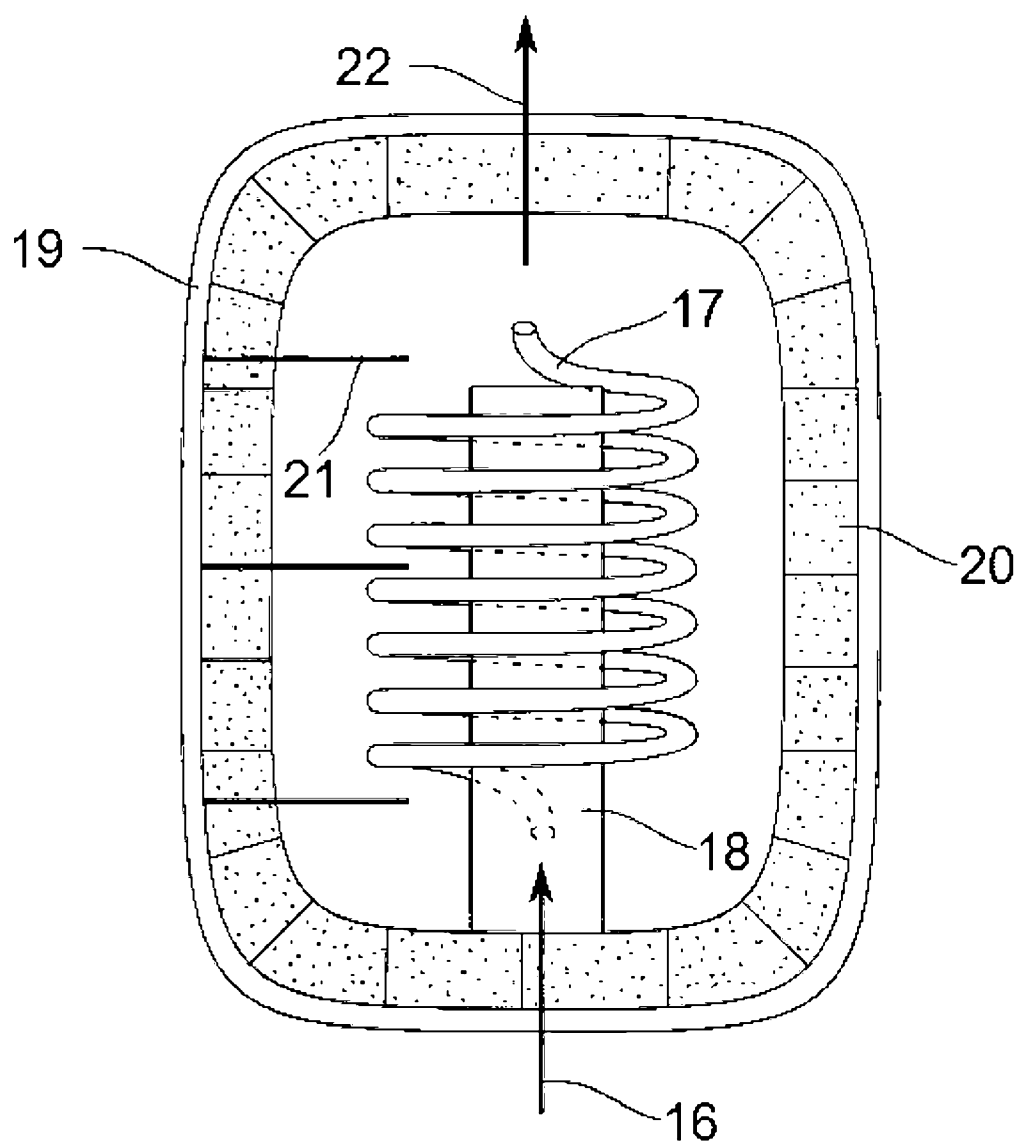
Seznam vztahových značek:

- 1 vyvíječ páry
- 2 hmotnostní průtokoměr
- 3 vstup pomocného plynu
- 4 přehříváč páry
- 5 zapalování
- 6 plazmový hořák
- 7 plazmový výkon
- 8 vstup chladicího média
- 9 výstup chladicího média
- 10 regulace plazmového hořáku 6
- 11 vlnovod
- 12 regulátor vlnění

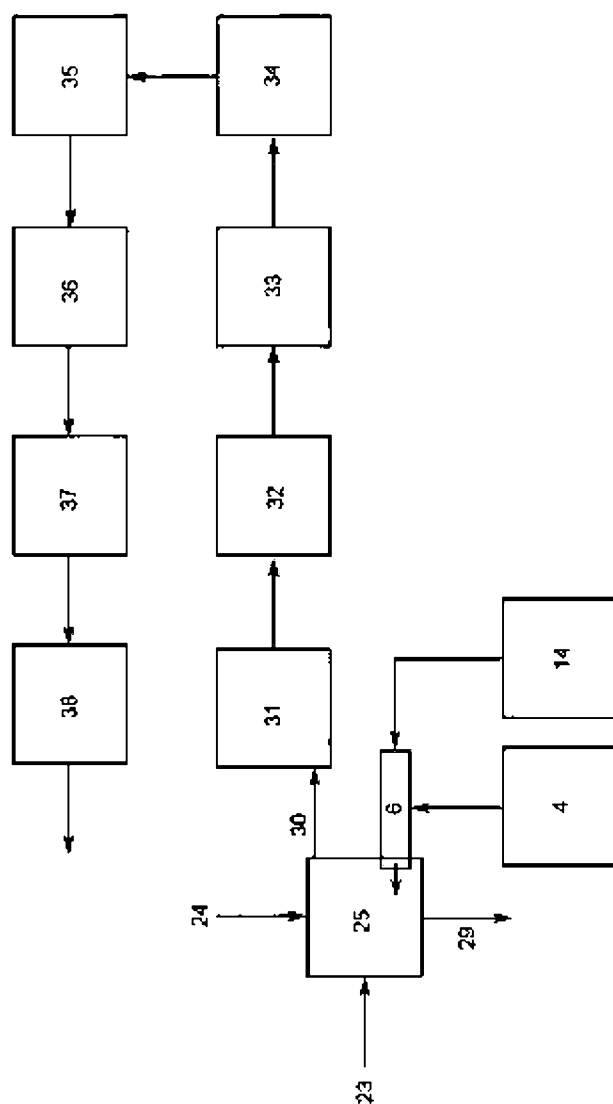
- 13 směrový vazební člen
- 14 magnetron
- 15 vysokonapěťový zdroj
- 16 vstup mokré páry
- 17 trubkový segment
- 18 otopný segment
- 19 vnější izolační stěna
- 20 vnitřní vyzdívka
- 21 termočlánek
- 22 výstup přehřáté páry
- 23 přívod oxidačního média
- 24 přívod biomasy nebo odpadního materiálu
- 25 plazmový reaktor
- 29 odvod inertní strusky
- 30 odvod syntézního plynu
- 31 první zařízení pro ochlazení vzniklého syntézního plynu
- 32 zařízení pro vysokoteplotní filtraci
- 33 druhé zařízení pro ochlazení vzniklého syntézního plynu
- 34 zařízení pro mokrou vypírku
- 35 zařízení pro alkalickou vypírku
- 36 dmychadlo
- 37 zařízení pro separační membránovou technologii
- 38 zařízení pro separační technologii PSA



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3