



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

261302

(11)

(B1)

(22) Přihlášeno 10 10 85

(21) PV 7258-85

(51) Int. Cl.⁴

C 10 G 9/20

(41) Zveřejněno 16 07 87

(45) Vydáno 15 06 89

(75)

Autor vynálezu

VESELÝ PETR ing., BRNO, FIEDLER LUBOŠ ing., SOBĚŠICE,
JENÍČEK PAVEL ing., BRNO

(54) Pec pro tepelné štěpení uhlovodíků

Pec sestává z alespoň jedné radiační komory obsahující řadu svislých procesních trubek, které jsou napojeny na jeden či více výměníků odpadního tepla, umístěných nad radiační komorou nebo vedle ní, a z konvekční sekce, napojené na odvod spalín z radiační komory či komor. Procesní trubky jsou provedeny jako dvoutrubky, vyvedené horním koncem z radiační komory či komor. Vnitřní trubky dvoutrubek jsou v souladu s vynálezem buď přímo, anebo prostřednictvím připojovacích trubek napojeny na nejméně jeden výstupní kolektor, který je opět napojen na vstup příslušného výměníku odpadního tepla. Vnější trubky dvoutrubek jsou naproti tomu vstupním potrubím napojeny na nejméně jeden vstupní kolektor, který je spojen s výstupem trubek konvekční sekce. Výsledkem tohoto uspořádání je především zlepšený přestup tepla mezi štěpenou směsí, protékající vnější mezitrubkový prostor, a zreagovanou směsí, opouštějící procesní trubku prostorem vnitřní trubky. Umožní se tak dobřší štěpení reakční směsi ve vnitřní trubce (transfer-line cracking). V zájmu vyrovnání případné tlakové ztráty v dvoutrubkách je možno alespoň do některých ze vstupních potrubí zařadit škrťací prvek, popřípadě alespoň část délky těchto potrubí provést se zaškrťacím průřezem.

Vynález se týká pece pro tepelné štěpení uhlovodíkových surovin za normální teploty plyných či kapalných. Pec je určena zejména pro proces tepelné pyrolýzy uhlovodíků, vedený za relativně vysokých reakčních teplot a při velmi krátké době zdržení suroviny v procesních trubkách za účelem výroby nižších olefinů, zejména etylenu, popřípadě dalších průmyslově využitelných uhlovodíků.

Proces tepelné pyrolýzy plyných či kapalných uhlovodíků s bodem varu do 360 °C se obvykle provádí v přítomnosti ředicí páry v trubkových pecích při teplotách 700-850 °C a době zdržení zpracovávané suroviny 0,3-1,0 s. Vlastní reakční prostor představuje v těchto klasických pecích zpravidla svislý trubkový had buď jednoduchý, či rozvětvený, který je vyhříván sálavým teplem bezplamenných hořáků, umístěných ve stěnách popřípadě dně či stropu radiační komory pece. Vnitřní průměr trubkového hadu se pohybuje obvykle v rozmezí 75-160 mm, celková délka hadu v rozmezí 45-120 m.

Spaliny z radiační komory jsou vedeny do konvekční sekce, kde se jejich tepla využívá k odpaření a předehřátí uhlovodíkové suroviny, k přehřátí ředicí páry, případně k předehřevu spalovacího vzduchu či napájecí vody pro vysokotlaké výměníky nebo kotle, v nichž se odpadního tepla plyného produktu reakce, tj. pyroplynu využívá k výrobě vysokotlaké páry, popřípadě k přehřátí této páry. Pyroplyn musí být totiž bezprostředně po výstupu z trubkových hadů prudce ochlazen pod kritickou teplotu, tj. pod asi 600 °C, aby se zabránilo průběhu nežádoucích sekundárních reakcí, jež snižují výtěžek hlavního produktu. Tohoto rychlého ochlazení, tzv. kvenče, se dosáhne v některém ze známých typů vysokotlakých výměníků, v němž se teplota odebraného pyroplynu využívá k výrobě páry o tlaku 12-15 MPa, sloužící kupříkladu k pohonu turbokompresorů v procesu nízkoteplotního dělení plyných produktů pyrolýzy.

Hlavní nevýhody klasických, průmyslově využívaných trubkových pecí spočívají především v tom, že trubkové hady jsou značně členité a jsou opatřeny velkým počtem kolen s nátrubky a nálitky, které je možno vyrobit pouze statickým litím, takže vycházejí nezbytně tlustostěnné, a tím zvyšují nejen celkovou váhu trubkového hadu, ale i celkové investiční náklady, neboť k výrobě trubkových hadů se vesměs užívá vysoce legovaných žáruvzdorných ocelí.

Podstatnou nevýhodou klasických typů trubkových pecí je však především okolnost, že neposkytují předpoklady pro vedení pyrolýzy při reakční době kratší než 0,3 s, takže nejsou schopny splnit požadavky současného světového trendu, zaměřené na zvýšení výrobní kapacity pece a zvýšení výtěžnosti etylenu cestou zvyšování "ostrosti" reakčních podmínek, tj. zejména zvýšení reakční teploty při současném zkrácení doby zdržení reakční směsi v procesních trubkách.

Známe typy trubkových pecí navržené pro tzv. ultrakrátkodobý či milisekundový proces pyrolýzy sestávají obvykle ze svazku přímých, svislých trubek relativně malého průměru, tzv. "single-pass tubes", které procházejí radiační sekci pecí jen jednou a jsou bezprostředně napojeny na vlastní kvenčovací úsek, vytvořený kupříkladu jako duplikované kvenčovací trubky, jejichž pláštěm protéká chladicí médium, ve většině případů voda či parovodní směs, ojedinelé kupříkladu i roztavený kov.

Je známo také řešení, při němž jsou jednotlivé procesní trubky vytvořeny jako dvoutrubka, která je horním koncem vyvedena z radiační komory a v prostoru nad ní, popřípadě vedle ní, plynule přechází ve výměníkovou část. V zájmu snížení stavební výšky pece může být přitom dvoutrubka ve výměníkové části provedena jako dvojité dvoutrubka, opatřená hrdly pro přívod předehřáté suroviny ve vnějším plášti dvoutrubky a hrdly pro odvod ochlazeného pyroplynu ve vnitřním plášti dvoutrubky.

Dvoutrubka může být v zájmu úspory vysoce legovaných materiálů zhotovena z většího počtu úseků, jež jsou vyrobeny z ocelí o různém obsahu legovacích přísad. Z vysoce legovaných ocelí je pak zhotoven pouze ten úsek vnější trubky, který je v radiační zóně vystaven největší tepelné zátěži.

Významné jsou kromě toho i úspory investičních nákladů, které vyplývají z toho, že při stejné půdorysné ploše a stejném výkonu se výška pece v provedení podle vynálezu sníží až o 1/3. Vzhledem k tomu, že se podstatně zjednoduší i údržba pece, dosahuje se kromě toho i snížení provozních nákladů až o 25 %.

K výhodám posledně popisovaného uspořádání patří však i okolnost, že jsou zde vytvořeny dobré předpoklady pro odpaření a předeřev uhlovodíkové suroviny vedené do reakce, a to s využitím jak odpadního tepla spalín, tak i tepla z reakce vystupujícího horkého pyroplynu. Pec není takto omezena jen na jediný typ suroviny, má univerzální charakter a může bez jakýchkoliv konstrukčních změn zpracovávat jak plynné, tak i kapalné suroviny. Mění se pouze technologické parametry, kupříkladu objem nastříkované suroviny, její poměr k ředicí páře a vstupní teplota suroviny, popřípadě její směsi s parou.

Pyrolýzní pec podle vynálezu vychází z předností posledně popsaného uspořádání, přičemž ještě dále zdokonaluje jeho funkci a odstraňuje některé jeho nedostatky, jako je složitost a výrobní pracnost výměňkové části jednotlivých reakčních prvků, tj. dvoutrubek, jež nadto vykazuje vzhledem k přestupu tepla plyn-plyn příliš velkou délkou trub a vysokou hmotnost. Souhrnná hmotnost výměňkových částí dvoutrubek takto vychází často vyšší než hmotnost samostatného výměníku tepla. Nepříznivý je rovněž průběh povrchových teplot po délce trubek, kde nejvyšší teplota se projevuje v místech nejvyššího mechanického namáhání, a nepříznivý je i teplotní profil po délce reaktoru.

Pyrolýzní pec v provedení podle vynálezu, jejíž reakční prvky jsou vytvořeny opět jako dvoutrubky vyvedené horním koncem z radiální komory či komor, je přitom charakterizována tím, že vnitřní trubky dvoutrubek jsou napojeny přímo anebo prostřednictvím připojovacích trubek na nejméně jeden výstupní kolektor, který je opět napojen na vstup příslušného výměníku odpadního tepla, zatímco vnější trubky dvoutrubek jsou prostřednictvím vstupního potrubí napojeny na nejméně jeden vstupní kolektor, který je spojen s výstupem trubek konvekční sekce. Důsledkem tohoto uspořádání, při němž se reakční směs přivádí do vnější trubky a zreagovaná směs vystupuje z vnitřní trubky dvoutrubky, je zlepšení podmínek přestupu tepla do štěpené směsi. Umožní se tak dobýh štěpení reakční směsi ve vnitřní trubce, tedy tzv. transfer-line cracking.

V zájmu vyrovnání možných tlakových ztrát, vznikajících v procesních trubkách (dvoutrubkách) jako důsledek zakoksování trubek či nepřesností výroby, je možno do alespoň některých ze vstupních potrubí zařadit škrticí prvek, kupříkladu clonu či ventil. Tímto opatřením se docílí toho, aby hodnota tlakové ztráty ve vstupním potrubí byla rovna nebo větší než hodnota tlakové ztráty v procesních trubkách a zajistí se tak rovnoměrné rozdělení suroviny do všech procesních trubek.

Stejného účinku je možno dosáhnout i při alternativním provedení, kdy je škrticí prvek nahrazen uspořádáním, při němž je alespoň část délky vstupních potrubí provedena se zaškrtným průřezem.

K hlavním přednostem nového uspořádání pyrolýzní pece, kromě vysoké hloubky štěpení suroviny při zachování dobého reakce ve vnitřní trubce před vlastním ochlazením ve vysokotlakém výměníku odpadního tepla, patří i konstrukční jednoduchost a s ní související relativně nízká výrobní pracnost a snížené výrobní náklady. Další předností je větší životnost zařízení, vyplývající z příznivějšího průběhu povrchových teplot.

Vzhledem k tomu, že celkové uspořádání pece v provedení podle vynálezu se blíží uspořádání klasických trubkových pecí, nabízí se zde současně možnost poměrně snadné aplikace vynálezu a při rekonstrukci a modernizaci stávajících pyrolýzních pecí s cílem podstatného zvýšení výtěžnosti olefinů při podstatně vyšší efektivnosti procesu. Investiční ekonomiku přitom příznivě ovlivní okolnost, že nosná ocelová konstrukce, konvekční sekce a zejména také uzel výroby vysokotlaké vodní páry zůstávají při rekonstrukci prakticky beze změn.

Z hlediska provozní ekonomiky je možno shrnout, že hlavní přínosy pyrolyzní pece v provedení podle vynálezu spočívají v tom, že jsou zde vytvořeny dobré předpoklady pro odpaření a přehřev uhlovodíkové suroviny vedené do reakce, pro docílení krátké doby zdržení suroviny v procesních trubkách, nízké tlakové ztráty, velké hloubky využití suroviny, dlouhého provozního cyklu, který je výsledkem nízkého stupně zakoksování trubek, a rychlého ochlazení produktu pyrolyzy při zachování doběhu štěpení ve vnitřní trubce dvoutrubky.

Příkladné provedení pyrolyzní pece podle vynálezu je dále blíže objasněno na připojeném výkrese, kde

obr. 1 představuje ve svislém řezu pyrolyzní pec s jednou radiační komorou, vysokotlakým výměníkem umístěným nad radiační komorou a s vyoseně umístěnou konvekční sekcí,

obr. 2 v detailu svislý řez jednou dvoutrubkou a

obr. 3 příčný řez dvoutrubkou podle obr. 2, vedený rovinou A-A.

Pec v provedení znázorněném na obr. 1 se v podstatě zásadně neliší od uspořádání klasických, konvenčních trubkových pyrolyzních pecí. Tvoří ji radiační komora 6 čtyřúhelníkového půdorysu, opatřená v obou bočních stěnách bezplamennými sálavými hořáky 8. V podélné ose radiační komory 6 jsou v jedné řadě umístěny procesní dvoutrubky 1, 2, jejichž horní část je vyvedena z radiační komory 6. Kouřové plyny, které odevzdaly část tepla surovině proudící v procesních trubkách 1, 2, odcházejí z horní části radiační komory 6 s dosud vysokým tepelným obsahem do konvekce. Zde se jejich odpadního tepla v sekci 12 využije k ohřevu napájecí vody, v sekci 13 k přehřevu uhlovodíkové suroviny vedené do reakce a v sekci 14 k ohřevu směsi přehřáté suroviny a ředicí páry. Napájecí voda, uhlovodíková surovina a její směs s ředicí parou protékají přitom trubkami konvekčních sekcí v protiproudu s tokem spalín, které konvekci opouštějí komínem 17.

Přehřátá směs uhlovodíkové suroviny a ředicí páry je z konvekční sekce 14 vedena do jednoho, popřípadě několika vstupních kolektorů 10, z nichž je vstupním potrubím 4 rozváděna do horní části jednotlivých dvoutrubek 1, 2. Počet vstupních kolektorů 10 se volí v souladu s počtem chodů konvekce. Čerstvá směs vstupuje do prstencového prostoru mezi vnější trubkou 1 a vnitřní trubkou 2 a tímto prostorem postupuje směrem dolů, přičemž je ohřívána jednak sálavým teplem stěnových hořáků 8, jednak teplem odebíraným zreagovanému pyroplynu, proudícímu v protiproudu vnitřní trubkou 2, na teplotu, při níž proběhne tepelné štěpení uhlovodíkové suroviny. Při přestupu z vnější trubky 1 do vnitřní trubky 2 je přitom reakční směs usměrněna obrátcem chodu 3.

Zreagovaný pyroplyn, který byl již v radiačním prostoru pyrolyzní pece částečně ochlazen protiproudem relativně chladné, do reakce vstupující směsi, opouští vnitřní trubku 2 výstupní částí 5, která se nachází mimo radiační komoru 6 a je bezprostředně zaústěna do výstupního kolektoru 7. Při styku s relativně chladnou surovinou, přiváděnou vstupním potrubím 4 do vnější trubky 1, dochází přitom k dalšímu ochlazení pyroplynu pod teplotu asi 750 °C. Chladicí účinek natékající čerstvé směsi je ve výstupní části 5 dvoutrubky nadto ještě zesílen chladícím účinkem okolního prostředí.

Částečně ochlazený pyroplyn postupuje z výstupního kolektoru 7 do příslušného výměníku odpadního tepla 9, kde předává své teplo parovodní směsi, přiváděné do výměníku 9 z chladné větve parního bubnu 11, napájeného vodou přehřátou v konvekční sekci 12. Počet výstupních kolektorů je určen jednak počtem procesních trubek, jednak počtem výměníků tepla. Vysokotlaká pára, vyrobená ve výměníku tepla 9, se přes horkou (parní) větev parního bubnu 11 odvádí k dalšímu využití. Ochlazený pyroplyn, který opouští trubkový prostor výměníku 9, je veden k dalšímu zpracování, popřípadě k dochlazení ve sprchových chladičích, kde je chlazen v přímém styku s kvenčovacím olejem.

Průběh cirkulace reakční směsi v dvoutrubce 1, 2, vytvoření a funkce obrátcu toku 3, jakož i způsob tangenciálního zaústění vstupního potrubí 4 do pláště vnější trubky 1

jsou dobře patrný z obr. 2. Na obr. 3 je v příčném řezu dvoutrubkou 1, 2 znázorněno rozmístění středících přepážek 18, které nejsou pro jednoduchost v obr. 2 zakresleny. Středící přepážky 18 mohou být kupříkladu provedeny jako jedno- či vícechodá, přerušovaná či spojitá šroubovice, jejíž stoupání se popřípadě po délce toku směsí mění v přímé závislosti na teplotě protékající reakční směsi.

V další části přihlášky jsou uvedeny dva příklady konkrétního provedení pyrolyzní pece podle vynálezu spolu s příkladnými hodnotami provozních parametrů.

P ř í k l a d 1

Bylo zhotoveno a odzkoušeno modelové zařízení s možností prosazení do 100 kg.h⁻¹ suroviny a dobou zdržení asi 0,1 s.

Zařízení tvoří reaktor trubka v trubce, vnější trubka vykazuje průměr 57x5 mm, vnitřní trubka průměr 30x3 mm. Délka obou trubek činí asi 6 000 mm. Trubky jsou zhotoveny z materiálu 17 255. Směs suroviny a páry o teplotě 500-650 °C se v horní části dvoutrubky zavádí do mezitrubkového prostoru, kterým postupuje ve směru dolů, přičemž se ohřívá na řídící teplotu a štěpí ve směs uhlovodíků, načež vnitřní trubkou dochází do výstupního potrubí a přitom ohřívá čerstvou surovinu, vstupující do mezitrubkového prostoru.

Přehled parametrů:

Průměr vnější trubky	57x5 mm
vnitřní trubky	30x3 mm
Nástřik suroviny	max. 100 kg.h ⁻¹
Nástřik páry	0,5 až 0,7 suroviny
Teplota směsi na vstupu	500-650 °C
Teplota směsi v obrazeči	820-920 °C
Výtěžky	11 až 13 % hmot. CH ₄ 25 až 34 % hmot. C ₂ H ₄ 14 až 17 % hmot. C ₃ H ₆
Surovina	benzin
Doba zdržení	0,1 s

P ř í k l a d 2

Jako příklad možného provozního zařízení byla zvolena radiační komora o kapacitě 11 200 kg.h⁻¹ jako surovina benzinový řez s destilačním rozmezím 50 až 180 °C.

Přehled parametrů:

Průměr vnější trubky	102 mm
vnitřní trubky	60 mm
Délka trubek v radiaci	10 m
Počet trubek v radiační komoře	32
Průtok suroviny jednou trubkou	350 kg.h ⁻¹
Průtok suroviny radiační komorou	11 200 kg.h ⁻¹
Průtok páry jednou trubkou	175 kg.h ⁻¹
Průtok páry radiační komorou	5 600 kg.h ⁻¹
Směrná teplota pyrolýzy	880 °C
Teplota suroviny na vstupu do konvekce	60 °C
teplota směsi na výstupu z konvekce	620 °C
Teplota pyroplynu na výstupu z výměníku	350-450 °C
Teplota spalín na jízku	1 100 °C
Teplota spalín v komíně	190 °C
Topný plyn	metan

Přebytek vzduchu	1,1
Teplota pyroplynu na výstupu	
z reakčního prvku	800 °C
Spotřeba paliva	1 380 kg.h ⁻¹
Tepelný výkon pece	19,1 MW
Tepelná spotřeba radiace	8,4 MW

Předmět vynálezu není ovšem omezen jen na provedení znázorněné na výkrese či na konkrétní provedení popsaná v příkladech.

Při řešení nových pyrolyzních pecí s využitím reakčních prvků podle vynálezu je možno v širokém rozmezí přizpůsobit kapacitu celé pece volbou vhodného počtu reakčních prvků, tj. procesních dvoutrubek v radiační komoře. Je možno změnit i celkové uspořádání radiační části pece i rozdělení a uspořádání konvekční sekce či sekcí. Dvoutrubka může být i v tomto uspořádání zhotovena z většího počtu úseků, vyrobených z ocelí o různém obsahu legovacích přísad.

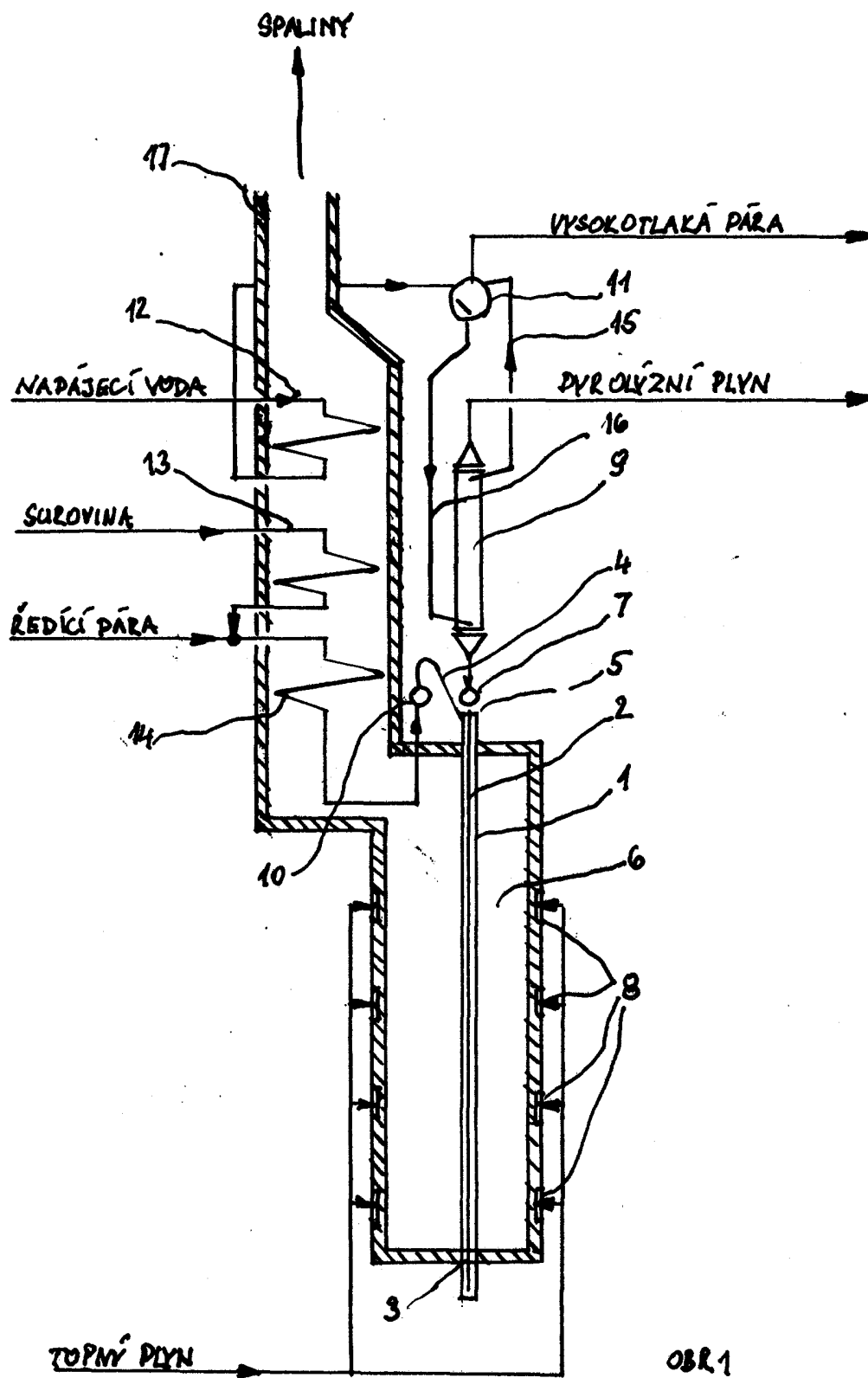
P R E D M Ě T V Y N Á L E Z U

1. Pec pro tepelné štěpení uhlovodíků za normální teploty plynných či kapalných, sestávající z alespoň jedné radiační komory, obsahující řadu svislých procesních trubek napojených na nejméně jeden výměník odpadního tepla, umístěný nad radiační komorou nebo vedle ní, a dále z konvekční sekce napojené na odvod spalin z radiační komory či komor, kde procesní trubky jsou vytvořeny jako dvoutrubky vyvedené horním koncem z radiační komory či komor, vyznačená tím, že vnitřní trubky (2) dvoutrubek (1, 2) jsou přímo, popřípadě prostřednictvím připojovacích trubek napojeny na nejméně jeden výstupní kolektor (7), který je opět napojen na vstup příslušného výměníku odpadního tepla (9), zatímco vnější trubky (1) dvoutrubek (1, 2) jsou prostřednictvím vstupního potrubí (4) napojeny na nejméně jeden vstupní kolektor (10), který je spojen s výstupem trubek konvekční sekce (12, 13, 14).

2. Pec podle bodu 1, vyznačená tím, že alespoň některé ze vstupních potrubí (4) jsou opatřena škrticími prvky.

3. Pec podle bodu 1, vyznačená tím, že alespoň některá ze vstupních potrubí (4) jsou v alespoň části své délky provedena se zaškrceným průřezem.

2 výkresy



OBR. 1

261302

