



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

256 562

(11) (B1)

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 12 12 85
(21) PV 9174-85

(51) Int. Cl.⁴

C 10 G 9/20

(40) Zveřejněno 13 08 87
(45) Vydáno 01 03 89

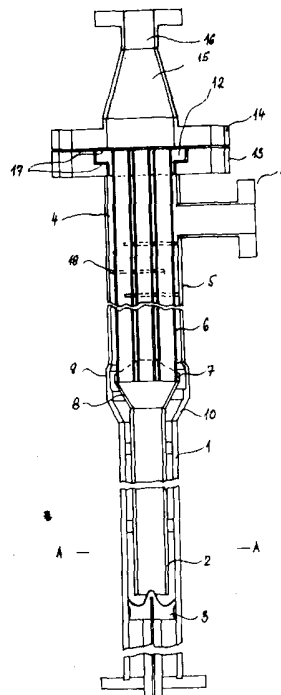
(75)
Autor vynálezu

FIEDLER LUBOMÍR ing., SOBĚŠICE,
NOVOTNÝ VOJTĚCH prom. fyz., BRNO

(54)

Pec pro tepelné štěpení uhlovodíků

Základním reakčním prvkem pece je svislá dvoutrubka, horním koncem vyvedena z radiální komory a nad ní plynule přecházející ve výměníkovou část, kterou tvoří uzavřený trubkový výměník. Výměník je s dvoutrubkou spojen prostřednictvím sousých přechodových dílců, doplněných popřípadě o spojovací dílec. Přechodové dílce spolu se spojovacím dílcem vyrovnávají rozměrové rozdíly mezi výměníkem a dvoutrubkou a zprostředkují přestup předehřáté suroviny z mezitrubkového prostoru výměníku do prostoru mezi vnější a vnitřní trubkou. V alternativním provedení mohou přestup suroviny zajistit vybrání provedená v okrajové části spodní trubkovnice, tvarově se shodující s profilem drážek v navazující horní části vnitřního přechodového dílce. Horní trubkovnice je vyjímatelně uložena v přírubě výměníku, takže trubkový svazek spolu se spodní trubkovnicí a na ní napojenou vnitřní trubkou mohou být volně vyjmuty z pláště výměníku. Pec je určena pro milisekundový proces pyrolýzy s tzv. "transfer-line cracking", kdy se štěpná reakce zahájí při průchodu předehřáté suroviny vnější trubkou, vyhřívanou sálavým teplem stěnových hořáků, a dobíhá v prostoru vnitřní trubky, s částečným ochlazením pyroplynu v horní části vnitřní trubky.



Vynález se týká nového vytvoření 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 teplot a tlaků, při velmi krátké době zdržení suroviny v reakčním prostoru za účelem výroby nižších olefinů, zejména etylenu.

Klasický proces tepelné pyrolýzy plyných či kapalných uhlovodíků se obvykle provádí v přítomnosti ředící páry, při teplotách 700 až 850°C a době zdržení suroviny 0,3 až 1,0 s v trubkových pecích, jejichž reakční prostor tvoří nejčastěji trubkový had, buď jednoduchý, nebo rozvětvený. Trubkový had je vyhříván sálavým teplem bezplamenných hořáků, umístěných ve stěnách, případně stropu či dně pece. Vnitřní průměr trubkového hadu se pohybuje v rozmezí 75 až 160 mm, celková délka hadu v rozmezí 45 až 120 m.

Spaliny z radiační sekce trubkové pece jsou vedeny do konvekční sekce, kde se jejich tepla využívá k odpaření a předehřevu uhlovodíkové suroviny, případně k přehřátí ředící páry či k předehřevu spalovacího vzduchu anebo napájecí vody pro vysokotlaké výměníky, v nichž se plyný produkt reakce, tj. pyroplyn bezprostředně po výstupu z reakčního prostoru ochladí, přičemž se tepla odebraného pyroplynu využije k výrobě vysokotlaké páry, případně k přehřátí této páry. Vysokotlaká pára z výměníků pak slouží kupříkladu k pohonu kompresorů v procesu nízkoteplotního dělení produktů pyrolýzy.

Nevýhodou klasických trubkových pecí je především značná členitost trubkových hadů, jež jsou opatřeny velkým počtem kolen s nátrubky, které je možno vyrobit pouze statickým litím, takže vycházejí nezbytně tlustostěnné a zvyšují celkovou hmotnost trubkového hadu. Tato skutečnost se nepříznivě projevuje i ve velké spotřebě vysoce legovaných žáruvzdorných ocelí,

a tedy ve vysokých investičních nákladech.

Podstatnou nevýhodou klasických trubkových pecí je však především skutečnost, že nedávají předpoklady pro další zvýšení výrobní kapacity a výtěžnosti cestou zvyšování "ostrosti" reakčních podmínek, tj. cestou zvýšení reakční teploty při zkrácení doby zdržení reakční směsi v trubkách pod 0,3 s.

V souladu s tímto trendem bylo vyvinuto několik typů pecí pro tzv. milisekundový proces pyrolýzy, u nichž reakční prostor tvoří svazek přímých svislých trubek relativně malého průměru, tzv. "single-pass tubes", které jsou na výstupu z radiační zóny napojeny bezprostředně na vlastní výměňkový úsek, vytvořený například jako duplikované kvenčovací trubky, jejichž pláštěm protéká chladicí médium, ve většině případů voda či parovodní směs.

V nedávné době byla pro milisekundový proces pyrolýzy navržena zcela nová koncepce pece, jejíž reakční prvek tvoří dvoutrubka. V jednom z uspořádání, které bylo již ověřeno v provozním měřítku, přechází dvoutrubka v prostoru nad radiační komorou plynele ve výměňkovou část, umístěnou nad anebo vedle radiační komory a opatřenou hrdly pro přívod předehřáté čerstvé suroviny do vnějšího pláště a odvod plynného produktu z vnitřní trubky. V zájmu snížení stavební výšky pece bylo přitom pro průmyslovou realizaci zvoleno provedení, při němž je dvoutrubka ve výměňkové části provedena jako dvojitá dvoutrubka.

Přednosti pece v tomto uspořádání spočívají především v podstatném zvýšení výhřevné plochy na jednotku protékající suroviny a ve zlepšení přestupu tepla do suroviny. Jsou zde rovněž vytvořeny dobré předpoklady pro odpaření a předehřev uhlovodíkové suroviny za využití odpadního tepla jak spalín, tak i horkého pyroplynu, vystupujícího z reakce. Tím se podstatnělepší tepelně-energetická bilance procesu a odpadní teplo pyroplynu se zužitkuje způsobem, který je hospodárnější a méně náročný

než způsob využití v choullostivém parogenerátoru. Vysokého obsahu tepla ve spalínách je možno využít jak v konvekci, tak i k výrobě technologické páry, zatímco vysokotlaká pára, potřebná pro pohon kompresorů v úseku nízkoteplotního dělení plynů a ke krytí spotřeby páry při spouštění, zastavování či odkoksování zařízení, se pro celou výrobní jednotku vyrábí ve standartním kotli s využitím tepla odpadních pyrolýzních plynů, zejména metanu, jehož je v daném případě k dispozici více, než je zapotřebí pro vytápění pece. Tím se dosáhne toho, že celá pyrolýzní jednotka se stává energeticky soběstačnou.

Další předností nového uspořádání pece je možnost pružné regulace průtoku zpracovávané suroviny reakčním prvkem a kromě toho i univerzální charakter pece, v níž je možno bez zvláštních konstrukčních úprav zpracovávat jak plynné, tak i kapalně suroviny. Mění se pouze technologické parametry, jako objem nastříkované suroviny, její poměr k ředící páře a vstupní teplota suroviny, případně její směsi s parou.

Vzhledem k tomu, že rychlost proudění reakční směsi je ve všech úsecích dvoutrubky udržována na konstantní hodnotě, sníží se i zakoksování trubek na minimum. Nová koncepce reakčního prvku umožňuje nadto, aby z vysoce legovaných materiálů byly zhotoveny pouze ty úseky vnější trubky, které jsou v radiační zóně vystaveny největší tepelné zátěži.

K přednostem nové koncepce pyrolýzní pece patří i značné úspory investičních nákladů, jež vyplývají z toho, že se při stejné půdorysné ploše a stejném výkonu výška pece sníží o 1/3. Zjednodušení údržby se pak projeví ve snížení provozních nákladů až o 25%.

Určitou nevýhodou nové koncepce je však složitost a výrobní pracnost zejména výměníkové části. Vzhledem k tomu, že přestup tepla v tomto úseku probíhá mezi dvěma plynnými médii, vychází délky trubek ve výměníkové části příliš dlouhé a souhrnná hmotnost výměníkových částí je často vyšší než hmotnost samostatného

výměníku. 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.

Pro odstranění těchto nevýhod bylo navrženo uspořádání, které se vrací k použití samostatných klasických vysokotlakých výměníků, umístěných nad anebo vedle radiační komory. Vnitřní trubky dvoutrubek jsou na trubkový prostor výměníku napojeny prostřednictvím výstupních kolektorů, do nichž jsou zaústěny buď přímo, anebo prostřednictvím připojovacích trubek, zatímco vnější trubky jsou prostřednictvím výstupních trubek napojeny na jeden nebo několik vstupních kolektorů, spojených s výstupem trubek konvekční sekce.

Důsledkem tohoto uspořádání je zlepšení podmínek přestupu tepla do štěpené směsi v reakčním úseku a skutečnost, že se umožní dobýh štěpení reakční směsi ve vnitřní trubce reakčního prvku, tedy tzv. "transfer-line cracking". Příznivější je zde i průběh povrchových teplot v reakčním prvku, stejně jako průběh teplotního profilu po délce reaktoru, z čehož vyplývá i větší životnost zařízení. Konstrukční jednoduchost pece vede nadto ke snížení výrobní pracovní i výrobních nákladů.

Pyrolyzní pec v provedení podle vynálezu je založena rovněž na nové koncepci reakčního prvku, vytvořeného jako svislá dvoutrubka, horním koncem vyvedená z radiační komory a nad ní přecházející ve výměníkovou část. Účelem vynálezu je pomocí nového uspořádání zejména výměníkové části zlepšit dále funkci pece. Dosahuje se toho tím, že výměníkovou část dvoutrubky tvoří trubkový výměník, jehož plášť je v horní části opatřen vstupním hrdlem pro předeřátou směs suroviny a páry, zatímco spodním koncem je napojen na horní konec vnější trubky, přičemž trubkový svazek výměníku je horním koncem zaústěn do výstupní komory s hrdlem pro odvod pyroplynu a spodním koncem do výstupního prostoru vnitřní trubky a přičemž horní trubkovnice výměníku je vyjímatelně uložena v přírubě výměníku, zatímco na spodní trubkovnici je napojen horní okraj vnitřní trubky.

Propojení spodní části výměníku s dvoutrubkou zprostředkuje s výhodou dva sousedé přechodové dílce, vnější a vnitřní, které vyrovnávají rozměrové rozdíly mezi výměníkem a dvoutrubkou. Vnější přechodový dílec, který zprostředkuje spojení dolního konce pláště výměníku s horním koncem vnější trubky, zajišťuje nadto buď sám, anebo v kombinaci s na něj navazujícím spojovacím dílcem přestup předeřáté suroviny z mezitrubkového prostoru výměníku do prstencového prostoru mezi vnější a vnitřní trubkou.

Při jiném, alternativním provedení mohou přestup předeřáté suroviny zprostředkovat vybrání vytvořená v obvodové části dolní trubkovnice. Vybrání přitom tvarově korespondují s profilem drážek provedených v navazující horní části vnitřního přechodového dílce. V tomto uspořádání je spojovací dílec nadbytečný a vnější přechodový dílec plní jen funkci členu vyrovnávajícího rozměrové rozdíly mezi pláštěm výměníku a vnější trubkou. Výhodou tohoto uspořádání je snížení spotřeby legovaného materiálu a celkové hmotnosti výměníku. Ve srovnání s předchozím provedením je zde kromě toho zajištěn i konstantní průtočný průřez, který nemohou ovlivnit tepelné dilatace jednotlivých spojovacích dílců.

Souhrnně je možno výhody nového uspořádání pyrolýzní pece spatřovat především v tom, že v důsledku umístění většího počtu teplosměnných trubek ve výměníkové části se zvětší přestupná plocha na jednotku délky. Dosáhne se tak zlepšeného přestupu tepla, výměníková část se zkrátí, a tím se sníží i její hmotnost. Dalšího zlepšení přestupu tepla ve výměníkové části je možno docílit tím, že v mezitrubkovém prostoru výměníku jsou v úseku mezi vstupním hrdlem a spodní trubkovnicí umístěny v přesazeném uspořádání usměrňovací přepážky, například přepážky va tvaru mezikruží, kruhové úseče či výseče atp.

U nového uspořádání reakčního prvku se docílí kromě toho i příznivějšího průběhu teplot ve vnější trubce v úseku radiace. Vzhledem k výhodnějšímu průběhu teplotního gradientu po délce trubky dochází k intenzivnějšímu přestupu tepla do trubky, v důsledku čehož se zvýší stupeň štěpení, a tím i kapacita pece.

Značné výhody přináší kromě toho plovoucí uchycení vnitřní trubky. Přispívá nejen k odstranění veškerých pnutí z teplotních dilatací v zařízení, ale současně usnadňuje - díky tomu, že trubkový svazek může být spolu s na něj napojenou vnitřní trubkou velmi snadno vyjmut z pláště výměníku- montáž i demontáž reakčního prvku, stejně jako kontrolu, opravu anebo mechanické čištění jeho jednotlivých částí.

V novém uspořádání pece jsou nadto zajištěny i dobré předpoklady pro realizaci milisekundového procesu pyrolýzy a "transfer-line cracking". Uplatní se zde i všechny ostatní výhody, které přináší nové pojetí reakčního prvku ve tvaru dvoutrubky : odpadního tepla kouřových plynů i pyroplynu je účelným způsobem využito k odpaření a předehřevu uhlovodíkové suroviny vedené do reakce, takže se nejen podstatně sníží spotřeba tepelné energie, ale odpadní teplo produktu reakce se přitom zužitkuje způsobem, který je plynného hospodárnější a méně náročný než způsob využití v provozně choulostivém a nákladném parogenerátoru. Vysokého obsahu tepla ve spalínách je kromě toho možno využít k současné výrobě technologické páry, zatímco vysokotlaká pára, potřebná pro pohon kompresorů v úseku dělení plynů a ke krytí spotřeby páry při spouštění a zastavování chodu pece, popřípadě při odkoksování osálávaných teplosměnných ploch se po celou jednotku vyrábí ve standartním kotlovém zařízení, které je levnější, lehčí a provozně méně náročné a v němž se kromě uhlí mohou s výhodou spalovat i vedlejší produkty pyrolýzy, zejména metan.

Příkladné provedení pyrolyzní pece podle vynálezu je dále znázorněno schematicky na připojeném výkresu, kde
obr. 1 představuje svislý řez jedním reakčním prvkem ve tvaru dvoutrubky s na ni navazujícím výměníkem,
obr. 2 půdorysný řez spodní částí dvoutrubky podle obr. 1, vedený rovinou A-A,
obr. 3 v detailu, ve svislém řezu vytvoření přechodové části výměníku v provedení podle obr. 1,
obr. 4 opět v detailu a svislém řezu způsob vytvoření a uložení horní trubkovnice výměníku v provedení podle obr. 1,

obr. 5 půdorysný řez spodní částí výměníku v alternativním provedení, při němž je spodní trubkovnice po obvodu opatřena vybráními; řez je veden rovinou B-B, naznačenou v obr. 3 .

Základní součástí reakčního prvku ve znázorněném uspořádání je dvoutrubka, sestávající z vnější trubky 1 a vnitřní trubky 2. Pod otevřeným spodním koncem vnitřní trubky 2 je ve vnější trubce 1 uložen obraceč toku 3, jehož poloha je výškově stavitelná. Horní konce obou trubek 1 a 2 jsou v prostoru nad radiační komorou bezprostředně napojeny na trubkový výměník 4 a to vnitřní trubka 2 prostřednictvím vnitřního přechodového dílce 8 a vnější trubka prostřednictvím vnějšího přechodového dílce 10 a na něj navazujícího spojovacího dílce 9. Spojovací dílec 9 spolu s vnějším přechodovým dílcem 10 vymezují oproti spodní trubkovnici 7 a na ni navazujícímu vnitřnímu přechodovému dílci 8 prstencový průtokový kanál, kterým předeheřtá směs suroviny a páry z mezitrubkového prostoru výměníku 4 vytéká do prostoru mezi vnější trubkou 1 a vnitřní trubkou 2.

Teplosměnné trubky 6 výměníku 4 jsou spodními konci zaústěny do spodní trubkovnice 7, zatímco horními konci jsou upevněny v horní trubkovnici 12, která je uložena vyjímatelně v přírubě 13 výměníku 4. Vnitřní trubka 2 je díky tomuto uspořádání provedena jako plovoucí a může být spolu s trubkovým svazkem a oběma trubkovnicemi 7,12 velmi snadno vyjmuta z vnější trubky 1 i z pláště 5 výměníku 4.

Na přírubě 13 výměníku dosedá shora příruba 14 výstupní komory 15 výměníku. Mezi oběma přírubami je umístěno těsnění 17. V nejvyšší části výstupní komory 15 je provedeno hrdlo 16 pro výstup pyroplynu, které je opatřeno přírubami pro napojení na nenaznačené pyroplynové potrubí. Plášť 5 výměníku 4 je v horní části opatřen vstupním hrdlem 11, které je prostřednictvím přírub napojeno na nenaznačené potrubí pro přívod předeheřtá směsi suroviny a vodní páry z nízkotlakého kolektoru. V mezitrubkovém prostoru výměníku 4 jsou nad sebou ve střídaném uspořádání umístěny usměrňovací přepážky 18 ve tvaru kruhových úsečí.

Vytvoření přechodové části výměníku, tj. obou přechodových dílců 8 a 10 spolu se spojovacím dílcem 9, je dobře patrné z obr. 3, zatímco vytvoření horní části výměníku je v detailu znázorněno na obr. 4. V detailním půdorysném pohledu na obr. 5 je znázorněno nejen rozmístění teplosměnných trubek 6 výměníku 4, ale především také vytvoření vybrání 19 v obvodové části spodní trubkovnice 7. V tomto vyobrazení je pro úplnost zakreslen i spojovací dílec 9, třebaže jeho použití není v této kombinaci nezbytně nutné a závisí spíše na technologickém vybavení a možnostech výrobce.

Předeheřtá surovina, například benzín, se ve směsi s vodní parou vstupním hrdlem 11 přivádí do mezitrubkového prostoru výměníku 4. Při průchodu mezitrubkovým prostorem je přitom tok suroviny usměrňován přepážkami 18. Surovina se dále ohřívá v nepřímém styku s horkým pyroplynem, postupujícím v protiproudu trubkovým svazkem výměníku 4. Po ohřevu v mezitrubkovém prostoru vstupuje reakční směs prstencovým prostorem, vymezeným spojovacím dílcem 9 a vnějším přechodovým dílcem 10 na jedné straně a spodní trubkovicí 7 a vnitřním přechodovým dílcem 8 na druhé straně, do prostoru mezi vnější trubkou 1 a vnitřní trubkou 2. Tímto prostorem proudí směrem k obraceči 3, přičemž se do ní nepřímým přestupem tepla z vnější trubky 1, vyhřívané spaliny ze sálavých stěnových hořáků, dostává potřebné množství tepla k nastartování štepné reakce. Další podíl tepla je reakční směsi v této fázi předáván z pyroplynu, postupujícího vnitřní trubkou 2.

V obraceči 3 mění z větší části již zreagovaná směs směr toku a vstupuje do vnitřní trubky 2, v níž štepná reakce dobíhá. Při průchodu vnitřní trubkou 2 přitom odevzdává část tepla chladnější směsi postupující mezitrubkovým prostorem, přičemž se sama ochlazuje. Z prostoru vnitřní trubky 2 vystupuje částečně ochlazený pyroplyn do prostoru vnitřního přechodového dílce 8 a odtud do jednotlivých trubek 6 výměníku 4, kde se ochladí pod tzv. "kritickou teplotu". Ochlazený pyroplyn s teplotou 350 až 450°C odchází z výměníku výstupním hrdlem 16 do pyroplynového potrubí, kterým je veden k dalšímu zpracování, tj. nízkoteplotnímu dělení.

Uspořádání reakčního prvku pyrolýzní pece podle vynálezu není ovšem omezeno jen na znázorněné a popsané provedení. Trubkový svazek výměníku může být například vytvořen z jiného počtu teplosměnných trubek přiměřené světlosti, Mohou být použity trubky jiného než kruhového průřezu, například trubky s oválným průřezem atp. Vodorovné usměrňovací přepážky mohou být při jiném uspořádání nahrazeny přepážkami ve tvaru spojitě či přerušované šroubovice, umístěné na obvodu trubkového svazku či jednotlivých trubek.

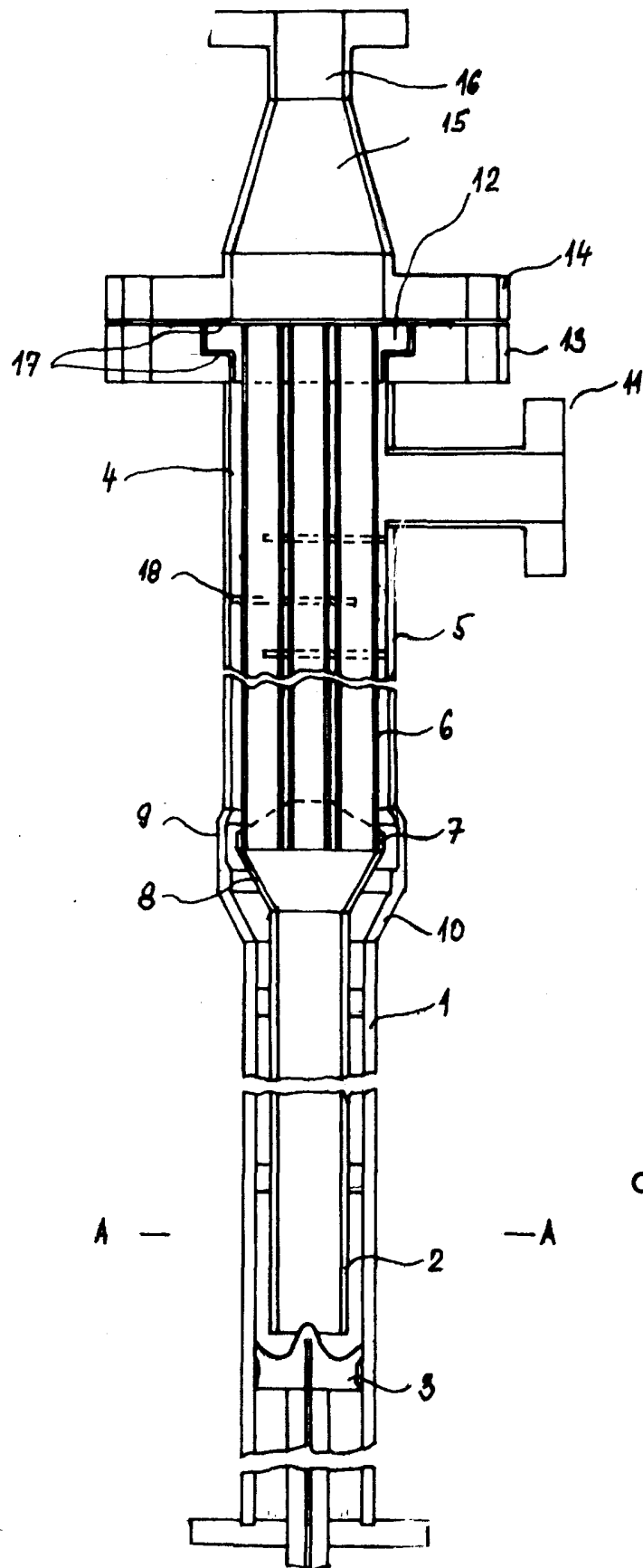
PŘEDMĚT VYNÁLEZU

562
256 202

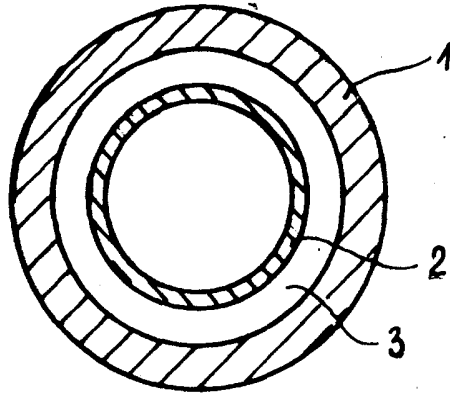
1. Pec pro tepelné štěpení uhlovodíků, za normální teploty kapalných či plyných, sestávající z alespoň jedné radiační komory a alespoň jedné konvekční sekce, napojené na odvod spalín z radiační komory, kde v radiační komoře jsou umístěny reakční prvky ve tvaru svislých dvoutrubek, horním koncem vyvedených z radiační komory a nad ní plynule přecházejících ve výměníkovou část, vyznačená tím, že výměníkovou část dvoutrubky (1,2) tvoří trubkový výměník (4), jehož plášť (5) je v horní části opatřen vstupním hrdlem (11) pro předehtátou směs suroviny a páry, zatímco spodní konec pláště (5) je napojen na horní konec vnější trubky (1), přičemž trubkový svazek výměníku (4) je horním koncem zaústěn do výstupní komory (15) výměníku (4) s hrdlem (16) pro odvod pyroplynu a spodním koncem do výstupního prostoru vnitřní trubky (2) a přičemž horní trubkovnice (12) výměníku (4) je vyjímatelně uložena v přírubě (13) výměníku (4), zatímco na spodní trubkovnici (7) je napojen horní okraj vnitřní trubky (2) .
2. Pec podle bodu 1, vyznačená tím, že plášť (5) výměníku je na horní konec vnější trubky (1) napojen prostřednictvím vnějšího přechodového dílce (10), popřípadě prostřednictvím kombinace vnějšího přechodového dílce (10) se spojovacím dílcem (9), zatímco spodní trubkovnice (7) je s horním koncem vnitřní trubky (2) spojena prostřednictvím vnitřního přechodového dílce (8) .
3. Pec podle bodu 1, vyznačená tím, že spodní trubkovnice (7) je v obvodové části opatřena vybráními (19), jejichž tvar koresponduje s profilem drážek v navazující horní části vnitřního přechodového dílce (8) .

4. Pec podle bodů 1 až 3, vyznačená tím, že v mezitrubkovém prostoru výměníku (4) jsou v úseku mezi vstupním hrdlem (11) a spodní trubkovnicí (7) v přesazeném uspořádání umístěny usměrňovací přepážky (18), například přepážky ve tvaru mezikruží, kruhové úseče či výseče.

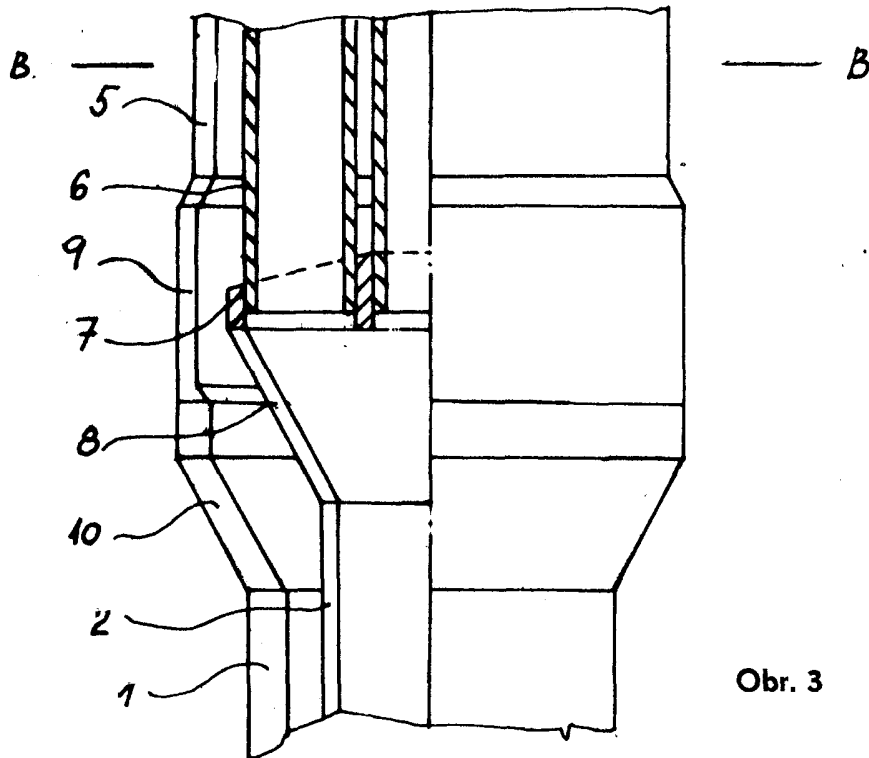
3 výkresy



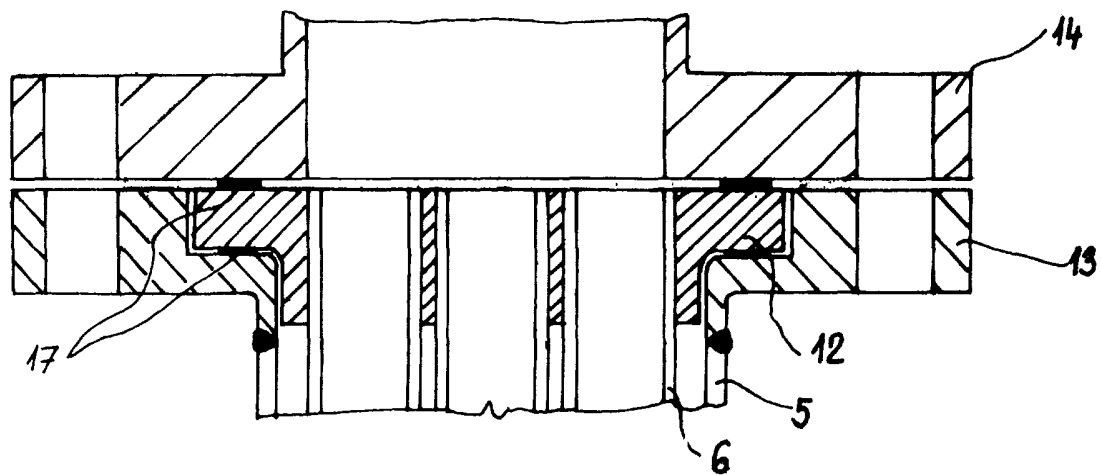
Obr. 1



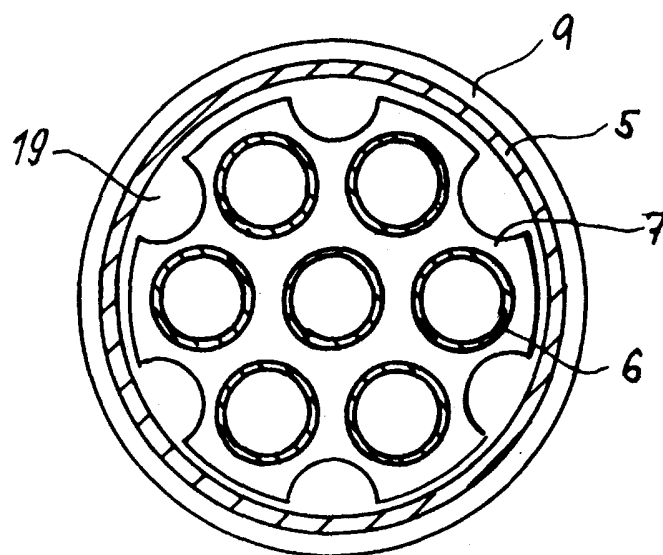
Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4



Obr. 5