



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

219211
(11) (B1)

(22) Přihlášeno 19 02 81
(21) (PV 1176-81)

(51) Int. Cl.³
C 10 G 9/20
F 22 B 21/24
F 22 B 37/24

(40) Zveřejněno 30 04 82

(45) Vydáno 15 08 85

(75)

Autor vynálezu

VAŠÍČEK EDUARD ing., BRNO

(54) Trubková pec pro tepelné štěpení uhlovodíků

1

Vynález se týká trubkové pece pro tepelné štěpení uhlovodíků, za normální teploty kapalných či plyných, za účelem výroby olefinů, především etylenu a dalších chemicky využitelných uhlovodíků. Pec je uzpůsobena pro proces pyrolýzy vedený za relativně vysokých reakčních teplot a nízkých parciálních tlaků uhlovodíků, při velmi krátké době prodloužení suroviny v procesních trubkách.

Pyrolýza plyných či kapalných uhlovodíků, s bodem varu až do 360 °C se zpravidla provádí v přítomnosti ředicí páry v trubkových pecích při teplotách 700 až 850 °C a době prodlevy zpracovávané suroviny 0,3 až 1,0 s. Vlastní reakční prostor představuje v těchto klasických trubkových pecích převážně svislý trubkový had, a to buď jednoduchý, anebo rozvětvený. Trubkový had je vyhříván sálavým teplem stěny pece, vytápěné sálavými hořáky různých typů. Vnitřní průměr trubkového hadu se pohybuje obvykle v rozmezí 75 až 160 mm, celková délka hadu v rozmezí 45 až 120 m.

Spaliny z radiální sekce jsou vedeny do sekce konvenční, kde se jejich tepla využije k odpaření a přehřátí uhlovodíkové suroviny, k přehřátí ředicí páry, popřípadě k přehřevu spalovacího vzduchu anebo napájecí vody pro výměníky či kotle, v nichž

2

se odpadní teplo pyroplynů zužitkuje k výrobě vysokotlaké páry, popřípadě k přehřátí této páry. Zreagovaná směs uhlovodíků s párou musí být totiž nezbytně v zájmu potlačení nežádoucích sekundárních reakcí bezprostředně po výstupu z trubkového hadu prudce ochlazena. Tohoto intenzivního ochlazení se zpravidla dosáhne v některém typu vysokotlakého výměníku, v němž se tepla odebraného reakční směsí využívá k výrobě páry o tlaku 12 až 15 MPa, určené příkladně k pohonu turbokompresorů v procesu nízkoteplotního dělení ochlazených plyných produktů pyrolýzy.

Vzhledem k tomu, že jak procesní trubky, tak i chladicí či výměňkový systém se během procesu pyrolýzy postupně zanášejí vylučujícími se dehtovými vysokomolekulárními sloučeninami a koksem, je třeba zařízení po určité době odstavit a vyčistit.

U trubkové pece či reaktoru se odkoksování provádí profukováním trubek vysokotlakou párou anebo směsí páry a vzduchu. V chladicích zařízeních se koks odstraňuje obvykle mechanicky či hydraulicky po odstavení a ochlazení chladiče a po demon-táži jeho vstupní a výstupní části.

Hlavní nevýhody dosud známých, průmyslově využívaných trubkových pecí spočívají především v tom, že trubkové hady jsou

značně členité a jsou opatřeny větším počtem kolen s nátrubky a nálitky, které je možno vyrobit pouze statickým litím, takže jsou nezbytně tlustostěnné a zvyšují celkovou váhu trubkového hadu a nadto jsou i značně nákladné, neboť jsou zhotoveny z vysoce legovaných žáruvzdorných materiálů.

K nevýhodám dosud užívaných trubkových pecí patří kromě toho i okolnost, že jsou vesměs řešeny jako jednoúčelové, tj. jsou uzpůsobeny pro zpracování zcela určitého typu suroviny. K tomuto účelu jsou provedny vždy příslušné konstrukční adaptace a změny, které bývají nejrozsáhlejší zejména v úseku výměny a využití odpadního tepla.

Podstatnou nevýhodou klasických typů trubkových pecí je pak především skutečnost, že nedávají předpoklady pro vedení pyrolýzy při reakční době kratší než 0,3 s, takže nejsou schopny splnit požadavky současného světového trendu na zvýšení výrobní kapacity pece a výtěžnost etylénu cestou zvyšování „ostroti“ reakčních podmínek tj. zejména zvýšení pracovní teploty při současném zkrácení reakční doby.

Potřebné předpoklady pro ultrakrátkodobý proces pyrolýzy naproti tomu poskytuje trubková pec pro tepelné štěpení uhlovodíků podle vynálezu, která sestává z alespoň jedné radiační komory obsahující řadu svislých procesních trubek, napojených na jeden či více tepelných výměníků, umístěných nad radiační komorou, popřípadě vedle ní, a dále z konvenční sekce napojené na odvod spalín z radiační komory či komor, a která je charakterizována tím, že jednotlivé procesní trubky jsou vytvořeny jako dvoutrubka, která je vyvedena z radiační komory a plynule přechází ve výměňkovou část, opatřenou hrdly pro přívod přehřáté suroviny a odvod chlazeného produktu pyrolýzy.

Tím, že procesní trubka, zejména její reakční část, je vytvořena jako dvoutrubka, se docílí maximálního zvýšení výhřevné plochy na jednotku objemu protékající suroviny. K tomu přistupují výhody vyplývající z použití přímých trubek, které jsou ve srovnání se složitými trubkovými hady snadněji montovatelné i demontovatelné, a které poskytují nadto i možnost pružné regulace průtoku zpracovávané suroviny trubkou a splňují proto předpoklady pro vedení procesu pyrolýzy za ztížených podmínek, tj. při vyšších reakčních teplotách a velmi krátké reakční době. Důsledkem tohoto opatření je, že výtěžnost etylénu se v peci podle vynálezu zvyšuje.

Ve srovnání s klasickými trubkovými hady se ve svazku přímých procesních trubek podle vynálezu potlačí rovněž na minimum zanášení trubek koksovitými úsadami, a tím se prodlouží délka pracovního cyklu. Odkoksování je přitom možno provádět velmi jednoduchým způsobem, za použití páry nebo

parovzdušné směsi, a to současně jak v radiační, tak i výměňkové části dvoutrubek, aniž by bylo nutno zařízení odstavit z provozu, ochladit a demontovat.

V zájmu maximálního snížení stavební výšky dvoutrubky v úseku výměňkové části může být dvoutrubka dále v tomto úseku s výhodou provedena jako dvojitá dvoutrubka, opatřená hrdlem pro přívod přehřáté suroviny ve vnějším plášti a hrdlem pro odvod chlazeného produktu pyrolýzy ve vnitřním plášti vnější dvoutrubky.

Zejména výhodné je přitom uspořádání, kdy vnitřní plášť nese na svém spodním konci opěrný element, spočívající na stropní konstrukci pece, zatímco vnější plášť je k vnitřnímu plášti napojen v odstupu, který odpovídá 1/20 až 1/10 celkové délky vnitřního pláště. V tomto odkrytém úseku dochází totiž k prudkému, nárazovému ochlazení reakční směsi bezprostředně po jejím výstupu z radiační zóny.

Vnější trubka dvoutrubky může být dále v úseku obklopeném vnějším pláštěm na své vnější straně opatřena tepelně izolační vrstvou, která zvyšuje chladicí účinek přehřáté směsi suroviny a páry, vedené do reakce prostorem vnějšího pláště, vůči pyroplynu opouštějícímu dvoutrubku v protiproudu prostorem vnitřního pláště.

Dvoutrubka je dále v místě přestupu reakční směsi z vnitřní trubky do vnější trubky, popřípadě z vnějšího pláště do vnitřní trubky opatřena usměrňovacím přechodovým dnem ve tvaru půlanuloidu. Tímto uspořádáním se docílí plynulého obrácení směru toku reakční směsi a předchází se případnému zakoksování mrtvých koutů.

V prostorech mezi jednotlivými trubkami nebo plášti dvoutrubky, popřípadě dvojitě dvoutrubky jsou umístěny středící přepážky ve formě plochých návarků, připojených ke stěně trubky či pláště v takových vzdálenostech a takovém sklonu, aby vykazovaly co nejmenší aerodynamický odpor. V přednostním uspořádání mají přepážky tvar jedno- či vícechodé, spojitě či přerušované šroubovice, jejíž stoupání se po délce dvoutrubky mění v přímé závislosti na teplotě protékající reakční směsi tak, aby rychlost plynné reakční směsi zůstávala i při narůstající teplotě ve všech úsecích dvoutrubky konstantní. Tímto opatřením se sníží zakoksování teplosměnných ploch na minimum.

V zájmu úspory drahých legovaných materiálů je dále účelné uspořádání, při němž dvoutrubka, popřípadě dvojitá dvoutrubka, je zhotovena z většího počtu úseků, vyrobených z ocelí o rozdílném obsahu legovacích přísad. Z vysoce legovaných materiálů je pak možno zhotovit pouze ten úsek vnější trubky, který je v radiační zóně vystaven největší tepelné zátěži. Zbývající část vnější trubky, stejně jako vnitřní trubka a oba pláště mohou být zhotoveny z materiálů o postupně nižší tepelné odolnosti, tedy méně legovaných, a proto i levnějších.

K podstatným výhodám konstrukčního uspořádání pece podle vynálezu patří dále i okolnost, že jak v procesní, tak i ve výměňkové části dvoutrubky je zcela odstraněno pnutí z tepelných dilatací. Zůstává pouze namáhání z vnitřního přetlaku a tepelných spádů ve stěně trubek.

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 rovněž podstatně zjednoduší i údržba a čištění pece, dosahuje se kromě toho i snížení provozních nákladů až o 25 %.

Shora uvedené okolnosti spolu s konstrukční jednoduchostí pece jsou současně i zárukou provozní spolehlivosti a prodloužení životnosti celé výrobní jednotky.

V novém uspořádání pece jsou kromě toho vytvořeny i dobré předpoklady pro odpaření a přehřev uhlovodíkové suroviny, vedené do reakce, za využití odpadního tepla jednak kouřových plynů, jednak horkých pyrolýzních plynů, vystupujících z reakce, tj. z radiační zóny. Tím se podstatně sníží spotřeba tepelné energie a odpadní teplo plynného produktu pyrolýzy se přitom zúčtňuje způsobem, který je hospodárnější a méně náročný než způsob využití v provozně choulolistivém paroenenergetickém zařízení. Vysokého obsahu tepla ve spalínách je možno kromě toho využít v konvekci i k současné výrobě technologické páry, zatímco vysokotlaká pára, potřebná pro pohon turbokompresorů v úseku dělení plynů a ke krytí spotřeby páry při spouštění, zastavování či odkoksování zařízení, se pro celou výrobní jednotku vyrábí ve standardním kotelním zařízení s využitím tepla odpadních pyrolýzních plynů, zejména metanu, kterého je v daném případě k dispozici více, než je zapotřebí k vytápění pecí. Tímto uspořádáním se pak docílí toho, že se celá pyrolýzní jednotka stává energeticky soběstačnou.

K významným výhodám uspořádání trubkové pece podle vynálezu patří posléze i okolnost, že užití pece není omezeno jen na jediný typ suroviny, ale že pec má univerzální charakter a může zpracovávat jak plynné, tak i kapalné uhlovodíky bez nutnosti provedení konstrukčních změn na zařízení. Mění se pouze technologické parametry, jako nastříkované množství suroviny, poměr suroviny k ředicí páře a vstupní teploty suroviny, popřípadě její směsi s vodní párou.

Příkladné provedení trubkové pece podle vynálezu je dále blíže znázorněno na připojeném výkrese, kde obr. 1 představuje ve svislém řezu trubkovou pec se dvěma samostatnými radiačními komorami, společnou středovou konvekci a výměňkovými úseky uspořádanými nad radiačními komorami, obr. 2 ve svislém řezu detailní provedení dvoutrubky v reakční i výměňkové části,

obr. 3 ve svislém řezu, v detailu spodní část vnější dvoutrubky se vstupním a výstupním hrdlem a s naznačenou středicí přepážkou, obr. 4 příčný řez vedený rovinou A-A výměňkové části dvoutrubky podle obr. 2 s naznačenými středicími přepážkami a vstupním i výstupním hrdlem, obr. 5 svislý řez částí dvoukomorové pece v uspořádání, při němž jsou výměňkové části dvoutrubky umístěny vedle radiačních komor.

Pec v provedení znázorněném na obr. 1 se v radiační části podstatně neliší od běžného uspořádání vysokovýkonné trubkové pyrolýzní pece. Tvoří ji dvě paralelně zapojené radiační komory 1, vytápěné bezplamennými sálavými hořáky 4, umístěnými v obou bočních stěnách 3 radiačních komor 1. Kouřové plyny, které předaly část svého tepla v radiační komoře 1 do procesních trubek 5, 6, uspořádaných v jedné řadě ve středu radiační komory 1, odcházející s dosud značně vysokým tepelným obsahem do konvenční sekce 2, kde se jejich tepla využije k odpaření uhlovodíkové suroviny a vody a částečnému přehřátí jejich par. V zájmu docílení homogenního teplotního pole je odtah 7 kouřových plynů z radiace do konvekce proveden ve spodní části pece.

Konvekční sekce 2, která je umístěna mezi oběma samostatnými radiačními komorami 1 a je zaústěna do komína 8, je ke shora uvedenému účelu vybavena dvěma systémy svislých trubkových hadů: trubkovými hady 9 je vzestupně, v souproudu s tokem spalín, vedena uhlovodíková surovina, přiváděná do pece potrubím 20, zatímco trubkovými hady 10 proudí voda, přiváděná do pece potrubím 21. Jak uhlovodíková surovina, tak i voda se v trubkových hadech 9, 10 odpařují a jejich páry se přehřívají na požadovanou vstupní teplotu, která je dána typem zpracovávané suroviny: při zpracování nižších plyných uhlovodíků, jako metanu, etanu či propanu, postačí obvykle přehřev na cca 200 °C; při zpracovávání lehkého benzínu se odpařené páry uhlovodíkové suroviny přehřívají obvykle na 300 °C, při zpracování těžkého benzínu na 400 °C, při zpracování petroleje na 450 °C a při zpracování ropy cca 550 °C.

Po obou stranách pece jsou nad radiačními komorami 1 uspořádány výměňkové části 11 dvoutrubek, které plní současně funkci přehříváče suroviny a chladiče reakčního produktu. Detailní uspořádání dvoutrubky 5, 6, jak v procesní, tak i ve výměňkové části 11, je patrné z obr. 2 a 4. Funkci dvoutrubky 5, 6 je možno nejlépe objasnit na popisu činnosti trubkové pece podle vynálezu: z trubkových hadů 9 vystupující páry uhlovodíkové suroviny, přehřáté na potřebnou vstupní teplotu, se ve směšovači 22 mísí s vodní párou, která vystupuje z trubkových hadů 10 a může být přehřátá na přibližně stejnou výstupní teplotu jako uhlovodíková surovina. V zásadě

se však teplota vodní páry na výstupu z konvekce řídí především zvoleným ředicím poměrem a dále druhem zpracovávané suroviny.

Ze směšovače **22** se směs uhlovodíkových par a vodní páry potrubím **23** vede do hrdla **14**, vytvořeného ve vnějším plášti **12** dvojité dvoutrubky. Protéká ve směru zdola nahoru prstencovým prostorem mezi vnějším pláštěm **12** a vnitřním pláštěm **13**, přičemž se ještě dále předeheřívá v nepřímém styku s pyroplyny, vedenými v protiproudu prstencovým prostorem mezi vnitřním pláštěm **13** a vnější trubkou **6** směrem k odvodnému hrdlu **15**. Směs předeheřáté suroviny a páry, vystupující z vnějšího prstencového prostoru, je horním přechodovým dnem **17** usměrněna do prostoru vnitřní trubky **5**, kterou protéká ve směru shora dolů, přičemž se dále předeheřívá, takže do radiační komory **1** vstupuje s teplotou nad $600\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Radiační komorou **1** protéká reakční směs dvoucestně: při průtoku vnější trubkou **6** je přitom ohřívána sálavým teplem stěn **3** radiační komory a zčásti i kouřovými plyny, zatímco při průtoku vnitřní trubkou **5** směsí proudící ve vnější trubce **6**, a to na teplotu, při níž proběhne tepelné štěpení v uhlovodíkové surovině obsažených nasycených uhlovodíků za vzniku uhlovodíků nenasyčených, převážně etylénu a propylenu. Při přestupu z vnitřní trubky **5** do vnější trubky **6** je přitom reakční směs opět usměrněna spodním přechodovým dnem **16**.

Pyroplyn, který na výstupu z radiační komory **1** vykazuje teplotu zhruba 800 až 950 stupňů Celsia, je pak při průtoku výměňkovou částí **11** dvoutrubky v zájmu potlačení nežádoucích sekundárních reakcí prudce ochlazen pod kritickou teplotu, tj. pod cca $600\text{ }^{\circ}\text{C}$. K rozhodujícímu chladicímu impulsu však dochází především v tom úseku dvoutrubky **5**, **6**, který je bezprostředně po výstupu z radiační komory **1** obklopen pouze vnitřním pláštěm **13** a je vystaven chladicímu účinku již ochlazeného pyroplynu, vedeného tímto pláštěm směrem k výstupnímu hrdlu **15**. Chladicí účinek pyroplynu, opouštějícího výměňkovou část **11** dvoutrubky, je navíc v tomto úseku zesílen i chladícím účinkem okolního prostředí. U provozních pecí činí délka tohoto rozhodujícího úseku řádově cca 1 m .

Ochlazený pyroplyn, který opouští výměňkovou část **11** dvoutrubky hrdlem **15**, se dále potrubím **24** odvádí k dalšímu zpracování, popřípadě k dalšímu dochlazení ve sprchových chladičích, kde se jeho teplota sníží ve styku se sprchovým olejem.

V zájmu zintenzívnění přestupu tepla mezi čerstvou surovinou, natékající ve směsi s vodní párou prostorem mezi vnějším pláštěm **12** a vnitřním pláštěm **13**, a pyroplynem opouštějícím výměňkovou část **11** v protiproudu prostorem mezi vnitřním pláštěm **13** a vnější trubkou **6**, je vnější trubka opatřena

tepelně izolační vrstvou **18**, vytvořenou kupříkladu z opláštovaných asbestavých desek. V jiném uspořádání může izolační vrstvu nahradit kupříkladu další souosá trubka, vymežující s vnější trubkou **6** prstencový prostor o velmi malé šířce, vyplněný tepelně izolačním materiálem. Je však třeba zdůraznit, že v zájmu docílení potřebného chladicího rázu je izolační vrstva **18** ukončena v úrovni spodního okraje vnějšího pláště **12** a nepřesahuje tedy do úseku obklopeného pouze vnitřním pláštěm **13**.

Na obr. 3 a 4 je znázorněno v detailu provedení hrdel, tj. přívodního hrdla **14** i výstupního hrdla **15**. Obě hrdla jsou zaústěna do příslušného vnějšího či vnitřního pláště dvojité dvoutrubky v tangenciálním směru, a to jak ve vztahu k obvodu pláště, tak i ke směru toku reakční směsi tímto pláštěm, resp. k podélné ose přerušované tříchodé šroubovice, kterou vytvářejí středící přepážky **26**. Obr. 5 představuje alternativní provedení pece v podmínkách, kdy není nutno omezovat zastavěnou plochu a požaduje se naopak další snížení celkové stavební výšky pece. Výhodou tohoto uspořádání, při němž je výměňková část **11** dvoutrubky umístěna vedle radiační komory **1**, je rovněž snadnější přístup k výměňkové části. Obou shora uvedených předností se však dosahuje za cenu dalších tlakových ztrát a zvýšených investičních nákladů, nehledě k potížím, které jsou spojeny s nutností použití spojovacích kolen u dvoutrubky.

K těmto potížím patří kupříkladu i nezbytnost vyrovnání rozdílných tepelných dilatací v trubkách. Rozhodného, nárazového chladicího účinku se v tomto uspořádání docílí v odkryté spojovací části dvoutrubky **5**, **6**, v úseku mezi jejím výstupem z radiační komory **1** a místem napojení dvojitého pláště **12**, **13**.

V následujícím jsou uvedeny příkladně některé z hlavních parametrů dvoukomorové pece o výkonu $100\,000\text{ t}$ etylénu/rok, zpracovávající benzin vroucí v rozmezí od 50 do $180\text{ }^{\circ}\text{C}$:

průměr vnější trubky	94 mm
průměr vnitřní trubky	57 mm
průměr vnitřního pláště	133 mm
průměr vnějšího pláště	159 mm
délka trubek v radiaci	12 m
počet trubek v peci	100
průtok suroviny jednou trubkou	400 kg/hod.
průtok suroviny celkem	40 tun/hod.
průtok páry jednou trubkou	200 kg/hod.
průtok páry celkem	20 tun/hod.
směrná teplota pyrolýzy	$870\text{ }^{\circ}\text{C}$
doba prodlení suroviny v radiaci	$0,075\text{ s}$
teplota na vstupu z konvekce	cca $60\text{ }^{\circ}\text{C}$
teplota na výstupu z konvekce	$300\text{ }^{\circ}\text{C}$
teplota pyroplynu na výstupu	350 až $450\text{ }^{\circ}\text{C}$
tlak pyroplynu na vstupu	

do výměníku	0,4 MPa
tlak pyroplynu na výstupu	
z výměníku	0,15 MPa
topný plyn	metan
výkon topení na jednu trubku	71 m ³ /hod.
přebytek vzduchu	1,07
spalovací teplota	1600 °C
teplota vyzdívky pece	1300 °C
teplota na jízku pece	1100 °C
teplota spalin v komíně	150 °C
konverse na etylén	
(s recyklem etanu)	32 % vah.

Předmět vynálezu není ovšem omezen jen na provedení znázorněná na výkrese. Trubková pec může zahrnovat pouze jedinou radiační komoru kruhovou či čtyřúhelníkového půdorysu, napojenou na vyoseně umístěnou konvekci, která je umístěna buď ve stejné rovině jako radiační komora, anebo nad ní.

V případě, že je použito radiační komory s kruhovým půdorysem, jsou procesní trubky uspořádány do prstence podél vnitřní stěny této komory. Stěnové hořáky jsou v takovémto případě doplněny ještě o hořáky umístěné ve dně a stropu pece. Stejně tak může být odtah kouřových plynů proveden v horní části radiační komory a je možno volit i jiné uspořádání trubkových hadů v konvekci.

K uhlovodíkové surovině, vystupující z trubkových hadů konvekce, může být kromě ředicí páry přimísen i etan, který vzniká v průběhu pyrolýzy a recykluje se z úseku nízkoteplotního dělení plyných produktů pyrolýzy. Tím odpadá nutnost jeho zpracování v samostatné peci a poněkud odlišném konstrukčním uspořádání a výtěžky užitečných produktů se tím dále zvyšují.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Trubková pec pro tepelné štěpení uhlovodíků, za normální teploty plyných či kapalných, sestávající z alespoň jedné radiační komory, obsahující řadu svislých procesních trubek, které jsou napojeny na jeden nebo více tepelných výměníků, umístěných nad radiační komorou, popřípadě vedle ní, a dále z konvekční sekce, napojené na odvod spalin z radiační komory či komor, vyznačená tím, že jednotlivé procesní trubky jsou vytvořeny jako dvoutrubka (5, 6), která je vyvedena z radiační komory (1) a plynule přechází ve výměňkovou část (11), opatřenou hrdly (14, 15) pro přívod předehřáté suroviny a odvod ochlazeného produktu pyrolýzy.

2. Trubková pec podle bodu 1, vyznačená tím, že výměňková část (11) dvoutrubky (5, 6) je provedena jako dvojité dvoutrubka (5, 6, 12, 13), opatřená hrdlem (14) pro přívod předehřáté suroviny ve vnějším plášti (12) a hrdlem (15) pro odvod ochlazeného produktu pyrolýzy ve vnitřním plášti (13) vnější dvoutrubky.

3. Trubková pec podle bodu 2, vyznačená tím, že vnitřní plášť (13) dvojité dvoutrubky (5, 6, 12, 13) nese na svém spodním konci opěrný element (19), spočívající na stropní konstrukci pece, zatímco vnější plášť (12) je k vnitřnímu plášti napojen v odstupu,

který odpovídá 1/20 až 1/10 celkové délky vnitřního pláště.

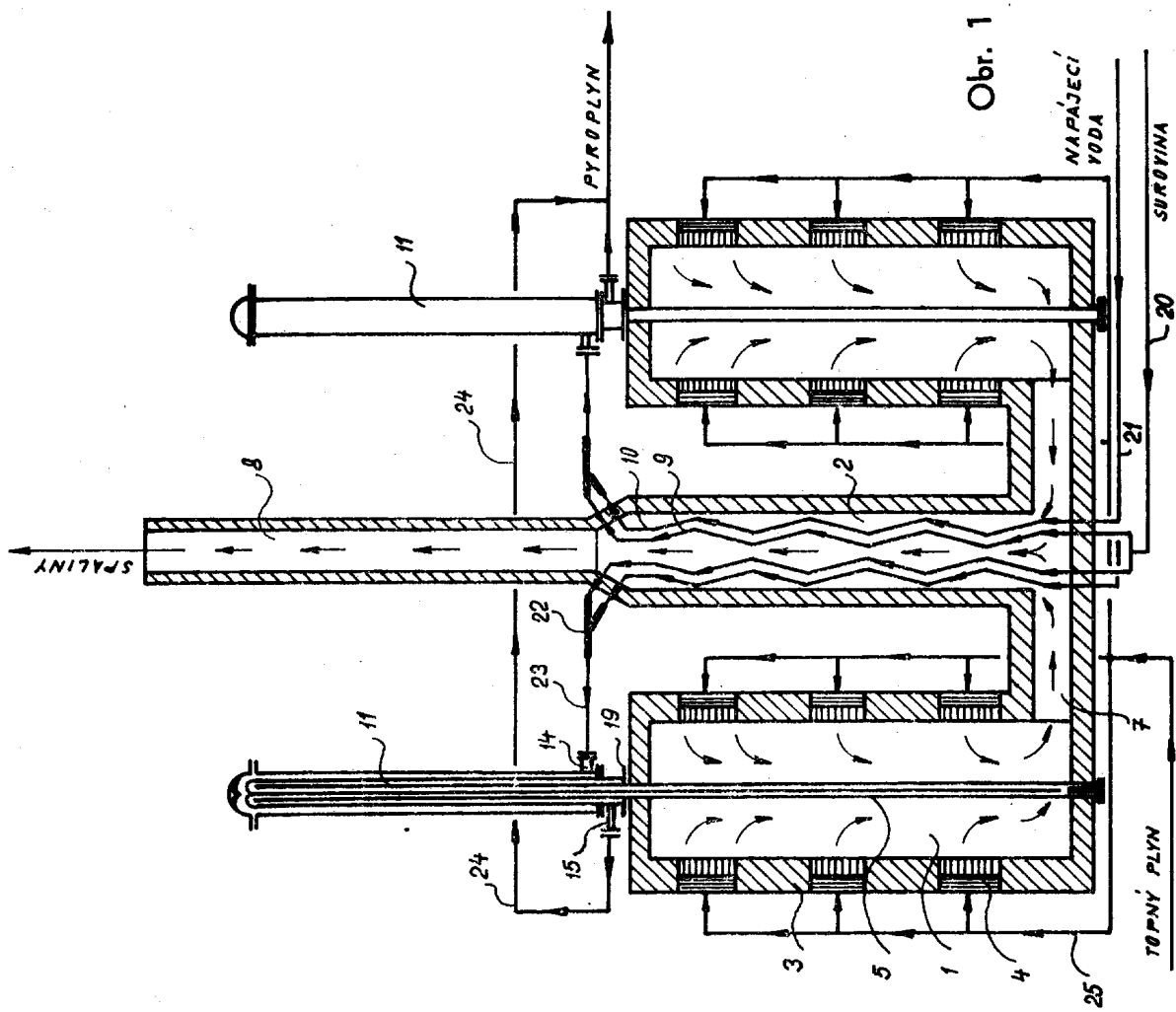
4. Trubková pec podle bodů 2 a 3, vyznačená tím, že vnější trubka (6) dvoutrubky (5, 6) je v úseku obklopeném vnějším pláštěm (12) na vnější straně opatřena tepelně izolační vrstvou (18).

5. Trubková pec podle bodů 1 až 4, vyznačená tím, že dvoutrubka (5, 6) je v místě přestupu reakční směsi z vnitřní trubky (5) do vnější trubky (6), popřípadě z vnějšího pláště (12) do vnitřní trubky (5) opatřena usměrňovacím přechodovým dnem (16, 17) ve tvaru půlanuloidu.

6. Trubková pec podle bodů 1 až 5, vyznačená tím, že v prostorech mezi jednotlivými trubkami (5, 6) nebo plášti (12, 13) dvoutrubky, popřípadě dvojité dvoutrubky jsou umístěny středící přepážky (26).

7. Trubková pec podle bodu 6, vyznačená tím, že středící přepážky (26) mají tvar jedno- či vícechodé, přerušované či spojitě šroubovice, jejíž stoupání se po délce dvoutrubky (5, 6), popřípadě dvojité dvoutrubky (5, 6, 12, 13) mění v přímé závislosti na teplotě protékající reakční směsi.

8. Trubková pec podle bodů 1 až 7, vyznačená tím, že dvoutrubka (5, 6), popřípadě dvojité dvoutrubka (5, 6, 12, 13) je zhotovena z většího počtu úseků, vyrobených z oceli o rozdílném obsahu legovacích přísad.



Obr. 5

