



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K PATENTU

258104

(11)

(B2)

[51] Int. Cl.⁴
B 01 J 12/00

[22] Přihlášeno 28 09 83

[21] (PV 7077-83)

[32] [31] [33] Právo přednosti od 28 09 82
(167639) Japonsko

[40] Zveřejněno 17 12 87

[45] Vydáno 15 12 88

[72]

Autor vynálezu

OHSAKI KOZO ing., ZANMA JUN ing., CHIBA, WATANABE HIROSHI,
KANAGAWA (Japonsko)

[73]

Majitel patentu

TOYO ENGINEERING CORPORATION, TOKIO (Japonsko)

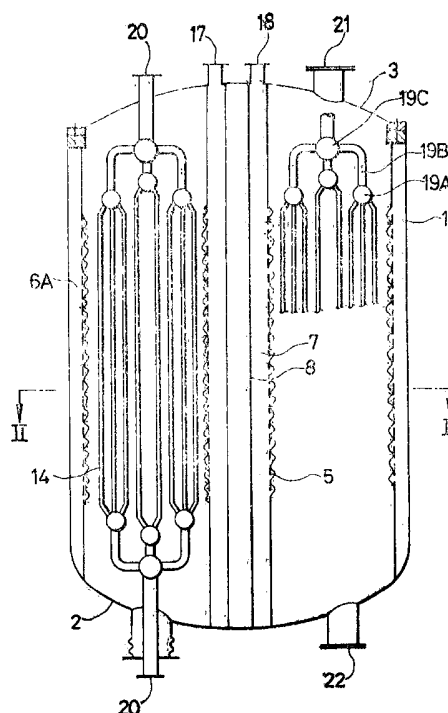
[54] Reaktor pro katalyzované reakce s průtokem plynných reakčních složek v radiálních směrech postupně jednotlivými komorami naplněnými katalyzátorem

1

2

Reaktor pro katalyzované reakce s průtokem plynných reakčních složek v radiálních směrech je tvořen stojatým prstencovým prostorem o průřezu tvaru mezikruží, vymezeným vnější válcovou stěnou a vnitřní válcovou stěnou koše na katalyzátor a rozděleným radiálně probíhajícími svislými přepážkovými stěnami v množinu komor. V alespoň jedné z těchto komor jsou upraveny svisle procházející teplosměnné trubky. Alespoň dvě z těchto komor jsou naplněny zrnitým katalyzátorem. Přiváděný plyn je nucen proudit postupně a radiálními směry těmito reakčními komorami. Protože se v tomto reaktoru dosahuje zlepšené lineární rychlosti proudícího plynu a většího celkového koeficientu přestupu tepla, vyžaduje reaktor menší počet teplosměnných trubek a může proto být konstruován menší, než jinak konstruované reaktory stejného výkonu. Každá z reakčních komor je upravena tak, že v ní lze dosahovat optimálního rozložení teplot pro právě prováděnou reakci.

Obr. 1



Vynález se týká reaktoru k provádění katalyzované chemické reakce v přítomnosti zrnitého katalyzátoru za podmínek, při nichž jsou jak reakční složky, tak reakční produkt plynné po celou dobu průběhu reakce. Zejména se vynález týká zlepšení konstrukce reaktoru typu, u něhož je plyn nucen proudit v radiálních směrech ložem katalyzátoru, nacházejícím se v prstencovém prostoru mezi dvěma stěnami tvořenými válci o různých průměrech.

Reaktory typu, u něhož je plyn nucen proudit v radiálních směrech ložem zrnitého katalyzátoru, nacházejícím se v prstencovém prostoru mezi dvěma stěnami tvořenými válci o různých průměrech, byly již popsány v řadě publikací. Tyto dosavadní konstrukce však neřeší v dostatečné šíři problém rozložení teplot v loži katalyzátoru ve směru proudění plynu a proto neumožňují zmenšit velikost reaktoru zmíněného typu bez současného snížení jeho výkonu.

Zlepšený reaktor uvedeného typu a způsob jeho používání jsou popsány v japonském zveřejněném patentovém spisu číslo 149 640/1980 a v patentovém spisu US číslo 4 321 234. Předmětem těchto patentů je způsob řízení teploty v různých úsecích cesty, jíž plyn proudí v loži katalyzátoru, nacházejícím se v prostoru mezi dvěma plynopropustnými stěnami, tvořenými válci o různých průměrech. Požadovaných teplot se dosahuje upravením řady svislých chladicích trubek na množině kružnic, které jsou soustředné se společnou středovou osou obou válcových stěn tvořících koš na katalyzátor, přičemž je přiváděný reakční plyn nucen proudit v radiálních směrech ložem katalyzátoru nacházejícím se mezi oběma zmíněnými válcovými stěnami, čímž v přiváděném reakčním plynu dochází ke katalyzované reakci za vzniku plynného produktu, zatímco se chladicími trubkami vede chladicí tekutina, do níž přechází teplo vznikající při exotermní reakci.

Výše popsaný způsob provádění reakce a reaktor k tomu používaný byly podrobeny rozsáhlým zkouškám, při nichž bylo zjištěno, že uvedený způsob a reaktor je možno ještě dále zlepšit, kteréžto zlepšení je předmětem tohoto vynálezu.

Vynález se tedy týká zlepšení výše popsaného reaktoru, kteréžto zlepšení umožňuje, aby reaktor měl menší rozměry, aniž by se tím snížil jeho výkon.

Základní charakteristiky vynálezu spočívají v těchto vyznacích:

1. prostor, obdobný prostoru pro lože katalyzátoru, vymezenému mezi oběma válcovými stěnami podle patentu US č. 4 321 234, je radiálně probíhajícími svislými dělicími přepážkami rozdělen v řadu komor;

2. v alespoň jedné z těchto komor jsou upraveny teplosměnné trubky v podstatě obdobně jako chladicí trubky podle zmíněného patentu US č. 4 321 234 a v tomto pro-

storu se nachází katalyzátor, čímž se získá alespoň jedna reakční komora naplněná katalyzátorem, a

3. těmito komorami naplněnými katalyzátorem postupně prochází přiváděný reakční plyn a proudí radiálně každou z těchto komor naplněných katalyzátorem.

Podle vynálezu je lineární rychlost plynného proudu, který prochází každou z reakčních komor, větší než je rychlost proudícího plynu, jaké se dosahuje při použití reaktoru podle patentu US č. 4 321 234, a koeficient celkového přestupu tepla, které prostupuje stěnami každé z teplosměnných trubek, se tím zvětší, což umožňuje jednak snížit potřebný počet teplosměnných trubek, jednak zmenšit velikost reaktoru při současném dosažení optimálního rozložení teplot pro uskutečnění reakce podél cesty, jíž plyn proudí v každém z katalyzátorových loží.

Předmětem vynálezu je tedy reaktor mající svislý válcový plášť s vrchní a spodní stěnou na jeho horním, resp. dolním konci, kterýžto reaktor je upraven k provádění katalyzované reakce v přítomnosti zrnitého katalyzátoru za podmínek, při nichž jak výchozí látky, tak reakční produkt jsou za teplot a tlaků použitých při reakci v plynném stavu, kterýžto reaktor se vyznačuje tím, že zahrnuje:

- a) vnější plynopropustnou válcovou stěnu koše na katalyzátor, upravenou uvnitř v určité vzdálenosti od vnitřní stěny vnějšího pláště, čímž je vymezen první vnější prstencový prostor či vnější kanál pro průtok plynu mezi vnitřní stěnou vnějšího pláště, vnější stěnou koše na katalyzátor a vrchní a spodní stěnou vnějšího pláště,

- b) vnitřní plynopropustnou válcovou stěnu koše na katalyzátor, upravenou uvnitř prostoru, ohraničeného vnější stěnou koše na katalyzátor a soustřednou s touto vnější stěnou, čímž je vymezen druhý prstencový prostor mezi vnější stěnou koše na katalyzátor, vnitřní stěnou koše na katalyzátor a vrchní a spodní stěnou vnějšího pláště,

- c) alespoň dvě svislé přepážkové stěny, upravené radiálně mezi vnitřní a vnější stěnou koše na katalyzátor a rozdělující druhý prstencový prostor na zvolený počet oddělených komor, které mají tvar výsečí válce, resp. jejich vodorovný příčný průřez má tvar prstencové výseče,

- d) množinu svislých teplosměnných trubek, upravených v alespoň jedné z komor, kteréžto trubky jsou uspořádány ve skupinách nebo seskupeních na přerušovaných soustředných kružnicích, přičemž tyto skupiny, upravené do přerušovaných soustředných kružnic, jsou jedna od druhé vzdáleny v radiálním směru a jsou soustředné se společnou středovou osou jak vnější, tak vnitřní stěny koše na katalyzátor, a teplosměnné

trubky v každé této na přerušované kružnici se nacházející skupině jsou jedna od druhé vzdáleny v obvodovém směru a vytvářejí takto alespoň jednu reakční komoru obsahující tyto trubky,

e) alespoň jednu svislou vnitřní hradicí stěnu, upravenou uvnitř prostoru ohraničeného vnitřní stěnou koše na katalyzátor v určité vzdálenosti od této vnitřní stěny, kterážto hradicí stěna je uzpůsobena k měnění směru proudění plynného proudu, takže vymezuje alespoň jeden vnitřní kanál pro průtok plynu v prostoru mezi vnitřním povrchem vnitřní stěny koše na katalyzátor a vnějším povrchem hradicí stěny (hradících stěn),

f) alespoň jedno sběrné ústrojí teplosměnné tekutiny a alespoň jedno rozdělovací ústrojí teplosměnné tekutiny, upravené vždy v protilehlých koncích každé z reakčních komor obsahujících uvedené trubky, kterážto sběrná, resp. rozdělovací ústrojí jsou napojena na příslušné konce teplosměnných trubek, jež procházejí tou, kterou reakční komorou, aby sváděla, resp. rozdělovala teplosměnnou tekutinu proudící těmito teplosměnnými trubkami,

g) alespoň jednu výpustní trubku pro vypouštění teplosměnné tekutiny a alespoň jednu přivodní trubku pro přivádění teplosměnné tekutiny, kterážto trubky procházejí buď vrchní, nebo spodní stěnou vnějšího pláště nebo oběma stěnami a jsou napojeny na alespoň jedno ze sběrných ústrojí, resp. na alespoň jedno z rozdělovacích ústrojí,

h) alespoň jednu plnicí trubku pro přivádění katalyzátoru a alespoň jednu vyprazdňovací trubku pro odvádění katalyzátoru, spojené s každou z reakčních komor a procházející vrchní, resp. spodní stěnou pláště,

i) alespoň jednu svislou radiálně probíhající dělicí stěnu, upravenou v alespoň jednom ze zmíněných prvních vnějších dílčích kanálů pro průtok plynu a v alespoň jednom ze zmíněných vnitřních dílčích kanálů pro průtok plynu, kterážto každá dělicí stěna navazuje na jednu z uvedených svislých přepážkových stěn, čímž určuje dráhu proudícímu plynu, takže plyn je nucen proudit alespoň dvěma reakčními komorami po sobě v radiálních směrech, přičemž v jedné komoře proudí radiálně směrem do středu a v sousední komoře opět radiálně směrem od středu ven, a směr proudění v první komoře je radiální od středu, když se přiváděný reakční plyn přivádí na radiálně vnitřním konci zmíněné první komory, kdežto směr proudění v první komoře je radiálně od středu, když vychází reakční plyn se přivádí na radiálně vnějším konci této komory, a

j) alespoň jeden vstup přiváděného reakčního plynu a alespoň jeden výstup plynu vzniklého jako produkt, které jsou spojeny s první, resp. s poslední z řady za sebou v kruhu upravených komor.

Jiné význaky a výhody vynálezu budou zřejmé z dále uvedeného popisu a definice předmětu vynálezu s přihlédnutím k připojeným výkresům.

Na připojených výkresech představuje:

obr. 1 schematický pohled na svislý průřez reaktorem, umožňující názornější ilustraci principu vynálezu,

obr. 2 představuje vodorovný průřez reaktorem podél spojnice II—II na obr. 1,

na obr. 3 je znázorněn diagram závislosti reakční rychlosti na reakční teplotě při syntéze amoniaku,

na obr. 4A až 4F je schematicky znázorněna cesta plynu proudícího jednotlivými reakčními komorami, přičemž obr. 4A zobrazuje reaktor podle dosavadního stavu techniky a obr. 4B až 4F ukazují provedení reaktoru podle vynálezu,

obr. 5 představuje svislý průřez reaktorem při jednom provedení reaktoru podle vynálezu,

obr. 6 představuje vodorovný průřez reaktorem z obr. 5 podél spojnice VI—VI na obr. 5,

obr. 7 představuje svislý průřez primárním sběračem při jednom provedení sběrače podle vynálezu,

na obr. 8 je znázorněn pohled shora na plochý deskový sběrač podle vynálezu v jiném provedení,

obr. 9 představuje svislý průřez plochým deskovým sběračem z obr. 8 podél spojnice IX—IX na obr. 8,

na obr. 10 je znázorněn svislý průřez reaktorem při jednom provedení reaktoru podle vynálezu, u kterého je v jeho středové části upraven výměník tepla pro předehřívání přiváděného reakčního plynu,

obr. 11 představuje vodorovný průřez reaktorem z obr. 10 podél spojnice XI—XI na obr. 10,

na obr. 12 je znázorněn svislý průřez reaktorem při delším provedení reaktoru podle vynálezu, u kterého je v jedné z komor, mající ve vodorovném průřezu tvar prstenčové výseče, upraven výměník tepla pro předehřívání přiváděného reakčního plynu, a

na obr. 13 je zobrazen vodorovný průřez reaktorem z obr. 12 podél spojnice XIII—XIII na obr. 12.

Podrobný popis vynálezu

Při katalyzované reakci existují obvykle optimální teploty, které by se měly udržovat v různých místech v loži katalyzátoru, jímž přiváděný reakční plyn prochází. Při určování těchto optimálních teplot se bere v úvahu reakční rychlost a množství vedlejších produktů vznikajících při reakci. Například při katalyzované syntéze amoniaku při konstantním tlaku za použití směsi plynného vodíku s plynným dusíkem v poměru

3 molů k 1 molu, jakožto výchozího plynu je možno rychlost reakce k syntéze amoniaku v každém místě lože katalyzátoru vyjádřit vztahem:

$$V = K \times [C_e - C_a] = K \times \Delta C \quad (1),$$

ve kterém

V znamená rychlost syntézy amoniaku vyjádřenou v $\text{kg} \cdot \text{molech} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-3}$ katalyzátoru,

C_e znamená molární zlomek rovnovážné koncentrace amoniaku, za reakční teploty a tlaku, v daném místě v loži katalyzátoru,

C_a znamená molární zlomek koncentrace amoniaku již přítomného ve stejném místě, jak výše uvedeno,

K znamená koeficient reakční rychlosti, a ΔC znamená rozdíl mezi rovnovážnou koncentrací amoniaku C_e ve výše uvedeném místě a skutečnou koncentrací C_a amoniaku v tomtéž místě.

Podle výše uvedené rovnice je zřejmé, že když se teplota v určitém místě A v loži katalyzátoru zvyšuje, zvětšuje se koeficient K reakční rychlosti, avšak rovnovážná koncentrace C_e amoniaku se snižuje, čímž se prudce zmenšuje ΔC mezi rovnovážnou koncentrací a skutečnou koncentrací a tudíž se snižuje reakční rychlost V. Naopak, když teplota v místě A klesá, zvětšuje se rozdíl ΔC mezi rovnovážnou koncentrací amoniaku a jeho skutečnou koncentrací, avšak koeficient reakční rychlosti se zmenšuje, čímž se opět snižuje reakční rychlost V.

Z výše popsané povahy reakce k syntéze amoniaku vyplývá výhodnost udržovat specifickou teplotu, při níž rychlost reakce k výrobě amoniaku dosahuje maxima, pro každou hodnotu koncentrace amoniaku, která se může skutečně vyskytovat v místě A.

Ačkoliv při výše popsané reakci k syntéze amoniaku nevznikají žádné vedlejší produkty, jsou jiné reakce doprovázeny tvorbou vedlejších produktů, jakými jsou například vyšší alkoholy při reakci k syntéze methanolu. Při syntéze methanolu může v některých případech existovat kromě teploty, při níž reakční rychlost, včetně reakční rychlosti pro každý z vedlejších produktů, dosahuje maximální hodnoty, i určitá teplota, při níž rychlost reakce k syntéze methanolu dosahuje maxima, kdežto množství vzniklých vedlejších produktů je malé. Z uvedeného vyplývá, že je velmi důležité provádět takovou katalyzovanou reakci za udržování teplot v jednotlivých místech podél cesty proudění přiváděného reakčního plynu ložem katalyzátoru na hodnotách, které umožňují dosažení maximálních reakčních rychlostí (v dalším označovaných jako „optimální teploty“), aby se při použití malého reaktoru a při nízké tvorbě vedlejších

produktů účinně získalo velké množství vyráběného reakčního produktu. Poněvadž výše popsaná optimální teplota v každém místě lože katalyzátoru se mění v závislosti na koncentraci vyráběného reakčního produktu v plynu, který je ve styku s katalyzátorem v uvažovaném místě, je možno sestavit křivku rozložení optimálních teplot, znázorňující rozložení optimálních teplot, vynesením optimálních teplot pro celou dráhu proudícího plynu od jeho vstupu do lože katalyzátoru až po výstup z lože katalyzátoru do grafu, v němž na vodorovné ose je nanášena vzdálenost mezi vstupem plynu do lože katalyzátoru a jednotlivými různými místy v loži katalyzátoru podél dráhy proudícího plynu, a na svislé ose grafu jsou vyneseny teploty.

Ačkoliv tato křivka rozložení optimálních teplot může v některých řídkých případech naznačovat konstantní teplotu od vstupu do lože katalyzátoru až k výstupu z něho, je rozložení optimálních teplot zpravidla znázorněno křivkou, která se mění v závislosti na typu reakce, typu použitého katalyzátoru, reakčním tlaku a podobných činitelích. Výše popsaná křivka rozložení optimálních teplot je v dalších označována jako „rozložení optimálních teplot“.

Jak již bylo uvedeno, jsou známy reaktory takového typu, u nichž je plyn nucen proudit v radiálních směrech ložem katalyzátoru, upraveným mezi dvěma soustřednými válcovými stěnami. Avšak téměř žádný z těchto známých reaktorů nemá takovou konstrukci, která by přihlížela k rozložení optimálních teplot pro uvažovanou reakci. Tudíž nebyly tyto známé reaktory ani vhodné z hlediska možnosti snížení jejich rozměrů.

Reaktor, který umožňuje dosáhnout rozložení optimálních teplot, byl navržen ve výše zmíněné japonské zveřejněné patentové přihlášce č. 149 640/1980 a v odpovídajícím patentu US č. 4 321 234. V této přihlášce [patentu] se navrhuje způsob provádění katalyzované reakce, který zahrnuje použití množiny chladicích trubek, procházejících svisle výše zmíněným ložem katalyzátoru umístěným mezi dvěma soustřednými válcovými stěnami a upravených na kružnicích soustředných se společnou středovou osou plynopropustného koše na katalyzátor, popřípadě uspořádaných radiálně vně a radiálně uvnitř lože katalyzátoru umístěného mezi dvěma soustřednými válcovými stěnami.

Přiváděný reakční plyn prochází ložem katalyzátoru pouze jedenkrát a rovnoměrně ve všech radiálních směrech, tj. prochází pouze jednou celým průřezem lože katalyzátoru, přičemž chladicí tekutina proudí chladicími trubkami, čímž se teploty v jednotlivých místech podél dráhy proudícího reakčního plynu od vstupu do lože katalyzátoru do výstupu z něho udržují na pří-

slušných optimálních hodnotách pro danou exotermní reakci. Výše popsané řešení je rovněž uvažováno pro reaktor vhodný pro praktické provádění výše zmíněné metody.

Nyní bylo zjištěno, že upravením radiálně probíhajících svislých přepážkových stěn v loži katalyzátoru umístěného mezi dvěma soustřednými válcovými stěnami výše popsaného reaktoru, čímž se katalyzátorové lože rozdělí ve větší počet oddělených reakčních komor, a pak vedením přiváděného reakčního plynu postupně alespoň dvěma těmito oddělenými reakčními komorami je možno rychlost proudění plynu zvýšit beze změny celkové objemové rychlosti v reaktoru, jakožto celku a zároveň je možno zvětšit celkový koeficient přestupu tepla během výměny tepla s teplosměnnou tekutinou proudící teplosměnnými trubkami, takže je možno použít nižšího počtu teplosměnných trubek a tím vyrobit reaktor menší, přičemž dosažené výsledky jsou alespoň tak dobré jako výsledky, dosažené výše popsaným reaktorem podle patentu US č. 4 321 234.

Vynález bude nyní popsán s přihlédnutím k přiloženým výkresům, kde na obr. 1 a 2 je znázorněn stojatý válcový reaktor s vnějším pláštěm 1. Válcový vnější plášť 1 reaktoru je opatřen spodní stěnou 2 a vrchní stěnou 3. Uvnitř vnějšího pláště 1 je upravena plynopropustná vnější stěna 4 koše na katalyzátor a uvnitř vnější stěny 4 koše na katalyzátor je upravena vnitřní stěna 5 koše na katalyzátor, kteréžto obě stěny 4, 5 jsou soustředné navzájem a rovněž se středovou osou vnějšího pláště 1 reaktoru.

Vnější prstencový prostor 6, vymezený mezi vnějším pláštěm 1, vnější stěnou 4 koše na katalyzátor a spodní a vrchní stěnou 2, 3 pláště, vytváří vnější kanál pro průtok plynu. Vnější kanál pro průtok plynu je rozdělen vnějšími dělicími stěnami 15 na dílčí kanály 6A a 6B. Uvnitř vnitřní stěny 5 koše na katalyzátor jsou upraveny vnitřní válcové hradicí stěny 8 a vnitřní radiální dělicí stěny 16, které probíhají radiálně od vnitřní válcové hradicí stěny 8 ven k vnitřní stěně 5 koše na katalyzátor.

Prostor ohraničený vnitřní stěnou 5 koše na katalyzátor, hradicí stěnou 8 a vrchní a spodní stěnou 2, 3 pláště je tedy vnitřními radiálními dělicími stěnami 16 rozdělen v několik vnitřních dílčích kanálů 7, 7A a 7B pro průtok plynu. Prostor ohraničený vnější stěnou 4 koše na katalyzátor, vnitřní stěnou 5 koše na katalyzátor a spodní a vrchní stěnou 2, 3 pláště je rozdělen svislými radiálně probíhajícími přepážkovými stěnami 9 v požadovaný počet (čtyři u znázorněného provedení) komor 10, 11, 12 a 13, jejichž vodorovný průřez má tvar kruhové výseče, přesněji prstencové výseče.

Těchto komor 10, 11, 12 a 13 se používá buď jako komor s náplní katalyzátoru, nebo jako komor pro použití k výměně tepla, jak bude dále popsáno. U provedení znázorněného na obr. 1 a 2 se všech těchto komor

používá jako reakčních komor a v každé z nich jsou upraveny teplosměnné trubky 14 a jsou naplněny katalyzátorem. V každé z těchto komor je plyn nucen proudit v radiálním směru. Předem je nutno stanovit pořadí reakčních komor, tj. pořadí, v němž je plyn nucen postupně procházet reakčními komorami 10, 11, 12 a 13, s směr proudění plynu v každé reakční komoře.

U provedení znázorněného na obr. 1 a 2 se reakčních komor používá v tomto pořadí:

1. v první reakční komoře 10 proudí plyn radiálně směrem od středu,
2. ve druhé reakční komoře 11 proudí plyn radiálně směrem do středu,
3. ve třetí reakční komoře 12 proudí plyn radiálně směrem od středu, a
4. ve čtvrté reakční komoře 13 proudí plyn radiálně směrem do středu.

Tím, že plyn v první komoře 10 je nucen proudit radiálně směrem ven od vnitřního dílčího kanálu 7A pro průtok plynu k vnějšímu dílčímu kanálu 6A pro průtok plynu, je určeno pořadí, jímž plyn prochází ostatními komorami a směr jeho proudění v každé z reakčních komor.

V každé reakční komoře se nacházejí teplosměnné trubky 14 sestavené do většího počtu skupin na přerušovaných kružnicích, které jsou soustředné se společnou středovou osou vnějšího pláště 1 reaktoru a s vnější a vnitřní stěnou 4 a 5 koše na katalyzátor. To znamená, že teplosměnné trubky každé skupiny jsou radiálně stejně vzdáleny od společné středové osy reaktoru a že jejich středy ve vodorovném průřezu se nacházejí na kruhovém oblouku, jehož délka závisí na obloukové velikosti reakční komory, v níž je tato skupina trubek upravena, například 90° v reaktoru na obr. 2.

Dále jsou pro ovládání pořadí průtoku plynu reakčními komorami upraveny radiálně směrem ven probíhající vnější dělicí stěny 15, které rozdělují vnější prstencový prostor pro průtok plynu ve vnější dílčí kanály 6A a 6B. Vnější dělicí stěny 15 představují prodloužení přepážkové stěny 9 v radiálním směru, která je upravena mezi první a čtvrtou reakční komorou 10, 13 a přepážkové stěny 9, která je upravena mezi druhou a třetí reakční komorou 11, 12. Radiálně probíhající vnitřní dělicí stěny 16, které vymezují vnitřní dílčí kanály 7, 7A a 7B pro průtok plynu, jsou upraveny (1) na prodloužení přepážkové stěny 9 mezi první a druhou reakční komorou 10, 11 a (2) na prodloužení přepážkové stěny 9 mezi třetí a čtvrtou reakční komorou 12, 13 a (3) na prodloužení přepážkové stěny 9 mezi čtvrtou a první reakční komorou 13, 10.

V souhlasu s cestou proudění plynu, upravenou jak výše popsáno, jsou na horním, resp. dolním konci vnitřních dílčích kanálů

7A, resp. **7B** pro průtok plynu upraveny vstup **17** přiváděného reakčního plynu, resp. výstup **18** plynu vzniklého jako produkt, kterýžto vstup **17** je spojen s první reakční komorou **10** a uvedený výstup **18** je spojen se čtvrtou reakční komorou **13**.

U provedení znázorněného na obr. 1 a 2 jsou horní a dolní konce všech teplosměnných trubek, upravených v každé z reakčních komor **10**, **11**, **12** a **13**, jak výše popsáno, napojeny na rozdělovací, resp. sběrná zařízení. U znázorněných provedení sestává toto rozdělovací, resp. sběrné zařízení z primárních rozdělovačů, resp. sběračů **19A**, spojených s teplosměnnými trubkami **14**, ze sekundárních rozdělovačů, resp. sběračů **19C** a z trubek **19B**, spojujících primární rozdělovače, resp. sběrače se sekundárními rozdělovači, resp. sběrači.

Sekundární rozdělovače, resp. sběrače **19C** rozdělovacích zařízení, resp. sběrných zařízení jsou spojeny s přívodními, resp. odváděcími trubkami **20**. Tento rozdělovací, resp. sběrný systém je reversibilní, takže teplosměnná tekutina může u znázorněného provedení protékat teplosměnnými trubkami **14** shora dolů nebo zdola nahoru. Kromě toho jsou teplosměnné trubky **14** v jednotlivých komorách **10**, **11**, **12**, **13** spojeny s příslušnými rozdělovači, resp. sběrači a přívodními, resp. odváděcími trubkami **20** tak, že teplosměnná tekutina je odděleně přiváděna do teplosměnných trubek **14** v každé z komor **10**, **11**, **12** a **13**, přičemž v každé z těchto komor je upravena jedna přívodní trubka **20** a jedna odváděcí trubka **20**.

Skrze vrchní stěnu **3** pláště procházejí plnicí trubky **21**, po jedné do každé z reakčních komor **10**, **11**, **12** a **13**, jimiž se do komor přivádí katalyzátor, a skrze spodní stěnu **2** pláště procházejí vyprazdňovací trubky **22**, po jedné z každé reakční komory **10**, **11**, **12** a **13**. Před zahájením provozu reaktoru podle vynálezu, majícího výše popsanou konstrukci, se do každé z reakčních komor **10**, **11**, **12** a **13** příslušnou plnicí trubicou **21** nasype katalyzátor vhodný pro reakci, jež má v reaktoru probíhat.

Reaktoru podle vynálezu je možno použít pro provádění jak exotermních, tak endotermních reakcí, pokud přiváděný reakční plyn a plyn vzniklý jako reakční produkt zůstávají v plynném stavu před reakcí, během ní a po ní. Když se reaktoru použije k provádění exotermní reakce, slouží teplosměnná tekutina, která prochází teplosměnnými trubkami **14**, jako chladicí tekutina. Musí tedy teplota chladicí tekutiny být nižší, než teplota katalyzátoru a reakčního plynu během reakce.

Když se reaktoru podle vynálezu použije k provádění endotermní reakce, slouží teplosměnná tekutina, která proudí teplosměnnými trubkami **14**, jako ohřívací tekutina. V tomto případě má teplota ohřívací tekutiny být vyšší než teplota katalyzátoru a teplota reakčního plynu během reakce.

Diagram na obr. 3 znázorňuje graficky vztah mezi reakční rychlostí (osa Y) v $\text{kg} \cdot \text{molech} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-3}$ katalyzátoru a teplotou (osa X) ve stupních Celsia při reakci k syntéze amoniaku v přítomnosti komerčně dostupného katalyzátoru za přetlaku 4,41 MPa ze syntézního plynu zahrnujícího plynný vodík a plynný dusík, smíšené v molárním poměru 3:1, a obsahujícího 13,6 % molárních inertního plynu.

V diagramu je znázorněn vztah mezi každou reakční rychlostí, vypočtenou podle výše uvedeného vztahu (1), a teplotou, pro každou z uvedených koncentrací NH_3 a pro každou teplotu v teplotním rozmezí 350 až 460 °C; tento vztah je znázorněn vždy jedinou křivkou. Tyto křivky v diagramu na obr. 3 ukazují velikost reakční rychlosti při reakci k syntéze amoniaku za použití komerčně dostupného katalyzátoru pro příslušnou koncentraci amoniaku, která je uvedena vždy nad každou příslušnou křivkou. Na každé z křivek příslušejících koncentraci amoniaku 4,0 % a vyšším (všechny procentové údaje v dalším textu jsou uvedeny v molárních procentech, pokud není jinak uvedeno) je jediný bod vyznačující teplotu, při níž je reakční rychlost největší, kterážto teplota je tedy optimální pro tu kterou koncentraci amoniaku.

Z důvodů uvedených výše ve spojitosti s rovnicí (1) se reakční rychlost při uvažované koncentraci amoniaku, již odpovídají jednotlivé křivky, sníží, když se teplota změní z optimální teploty, ať už tato změna zahrnuje zvýšení nebo snížení teploty. Když koncentrace amoniaku je 3,0 % nebo nižší, je teplota, která vyvolá nejvyšší reakční rychlost, větší než 460 °C. Jsou proto optimální teploty na těchto křivkách již mimo diagram znázorněný na obr. 3.

Křivka T na obr. 3 byla získána spojením bodů na křivkách závislosti reakční rychlosti na reakční teplotě, pro něž jsou u každé křivky reakční rychlosti nejvyšší. Při katalytické syntéze amoniaku se do lože katalyzátoru přivádí surový reakční plyn, z něhož stykem s katalyzátorem vzniká amoniak, takže lože katalyzátoru opouští plyn vzniklý jako produkt, mající zvýšenou koncentraci amoniaku.

Množství katalyzátoru potřebného pro tuto reakci je možno minimalizovat za předpokladu, že se teploty v loži katalyzátoru v průběhu reakce udržují na hodnotách, které skýtají maximální reakční rychlost pro koncentraci amoniaku existující v tom kterém místě. Jinými slovy, teploty při výše uvedené reakci by v každém místě lože katalyzátoru měly odpovídat bodům, které leží na křivce T. To znamená, že rozložení optimálních teplot v loži katalyzátoru je možno znázornit křivkou získanou takovou úpravou křivky T, že vzdálenosti, měřené od vstupu do lože katalyzátoru podél dráhy proudícího plynu k příslušným místům v

loži katalyzátoru, jsou představovány vodorovnou osou (osou X) a teploty jsou představovány svislou osou (osou Y).

Poněvadž reakce, jíž vzniká amoniak, je exotermní, je nutné odstraňovat vznikající reakční teplo tak, aby teploty v loži katalyzátoru byly udržovány na optimálních hodnotách odpovídajících koncentracím amoniaku skutečně se vyskytujícím v jednotlivých místech lože. Aby se udrželo rozložení optimálních teplot v celém loži katalyzátoru, snižují se teplota reakčního plynu a teplota katalyzátoru podél křivky T tak, jak reakce postupuje a jak se zvyšuje koncentrace amoniaku v reakčním plynu. Aby se toho dosáhlo, je nutné vytvořit v loži katalyzátoru chladicí teplosměnný povrch.

Teplosměnná plocha, potřebná na 1 m³ katalyzátoru pro chlazení katalyzátoru a reakčního plynu, je stejně velká ve všech místech, kde jsou koncentrace amoniaku stejné, avšak takovéto teplosměnné plochy, nutné pro chlazení, jsou navzájem různé v místech, kde koncentrace amoniaku jsou různé.

Tak je možno udržovat místa stejných koncentrací amoniaku na stejné optimální teplotě a celkově uskutečnit výše popsané rozložení optimálních teplot v loži katalyzátoru tím, že se přiváděný reakční plyn nechá rovnoměrně procházet v radiálních směrech ložem katalyzátoru ve svislém prostoru mezi dvěma soustřednými válcovými stěnami, kde je umístěna množina trubek svisle probíhajících, sestavených do kruhově upravených skupin, přičemž každá z těchto kruhových skupin je soustředná se středovou osou lože katalyzátoru a počty teplosměnných trubek v příslušných kruhových skupinách jsou voleny optimálně tak, jak jsou určeny vzdáleností těchto trubek od vstupu plynu do lože katalyzátoru, a dále tím, že se těmito teplosměnnými trubkami nechá proudit chladicí tekutina.

Když plyn proudí ložem katalyzátoru nacházejícím se mezi dvěma soustřednými válcovými stěnami radiálně z vnitřku směrem ven, je obvodová délka kružnic, v nichž jsou teplosměnné trubky uspořádány, stále delší, jak se postupuje v radiálním směru k vnějšímu obvodu lože katalyzátoru v prostoru mezi dvěma válcovými stěnami. Je proto možno umístit více teplosměnných trubek na kružnicích bližších vnějšímu obvodu lože než na kružnicích radiálně bližších vnitřnímu obvodu lože, čímž je možno postupně snižovat teplotu reakčního plynu tak, jak proudí z vnitřní strany radiálně k vnějšímu obvodu lože katalyzátoru, a dosáhnout takového rozložení optimálních teplot, jak bylo výše uvedeno.

Dosažením rozložení optimálních teplot je možno snížit reakční tlak, při němž probíhá například syntéza amoniaku nebo methanolu. V některých případech může být výhodné, nechat přiváděný reakční plyn proudit opačným směrem, totiž z radiálně

vnější strany do radiálně vnitřní strany, podle typu probíhající reakce.

Ve výše popsané zveřejněné japonské patentové přihlášce č. 149 640/1980 a v jejím analogickém patentovém spisu US číslo 4 321 234 se popisuje způsob provádění reakce a k tomu vhodný reaktor na bázi principů popsaných v předchozím odstavci. Avšak při způsobu podle uvedeného patentu proudí přiváděný reakční plyn prstencovým ložem katalyzátoru současně pouze jedenkrát ve všech radiálních směrech. Je proto lineární rychlost plynu, který proudí směrem kolmým k délce každé z teplosměnných trubek, malá a celkový koeficient přestupu tepla procházejícího stěnami teplosměnných trubek se snižuje, takže na každé kružnici je zapotřebí mnoha teplosměnných trubek.

Jak již bylo výše uvedeno, odstraňuje vynález výše popsané nedostatky zmíněného známého způsobu provádění reakcí. Poněvadž lineární rychlost proudu plynu může být zvýšena a celkový koeficient přestupu tepla se může zvětšit rozdělením prstencovitého lože katalyzátoru svislými přepážkovými stěnami 9 ve větší počet reakčních komor, jak znázorněno na obr. 1 a 2, stane se možným snížit počet teplosměnných trubek při použití téhož množství katalyzátoru a při udržení rozložení optimálních teplot v každé z reakčních komor.

Například, když je lože katalyzátoru rozděleno do čtyř reakčních komor stejné velikosti, jak je to znázorněno na obr. 1 a 2, je lineární rychlost plynu čtyřikrát větší a celkový koeficient přestupu tepla je alespoň dvojnásobný. Je tudíž možno snížit počet teplosměnných trubek nejméně o polovinu v porovnání s počtem, nutným pro týž postup prováděný výše zmíněným dřívějším způsobem. Toto snížení počtu teplosměnných trubek šetří teplosměnné trubky jako takové a rovněž umožňuje zmenšit velikost reaktoru o prostor, který by zaujímaly tyto další teplosměnné trubky.

Nadto, zlepšení, jehož se vynálezem dosáhne, umožňuje, aby konstrukce výše zmíněných rozváděčů a sběračů byla zjednodušena. Je tedy možno ušetřit materiál potřebný na stavbu reaktoru a rovněž je možno snížit počet pracovních hodin potřebných k výrobě reaktoru, čímž se sníží celkové výrobní náklady reaktoru.

Další výhodou reaktoru podle vynálezu je, že následkem zvětšeného celkového koeficientu přestupu tepla u teplosměnných trubek je možno mít dostatečnou teplosměnnou kapacitu i v místech, ležících těsně u radiálně vnitřní strany prstencového lože katalyzátoru, což konstruktérovi umožňuje volně rozhodnout, zda má plyn proudit prstencovým ložem katalyzátoru buď radiálně směrem k vnějšímu obvodu reaktoru, nebo radiálně směrem ke středu reaktoru.

Jak u způsobu provádění reakce podle vynálezu, tak i u reaktoru podle vynálezu se

uvazuje s mnoha obměnami. Vynález bude v dalším podrobně popsán s přihlédnutím k provedením znázorněným na připojených výkresech.

Na obr. 4A až 4F jsou schematicky znázorněna ve vodorovných průřezích různá uspořádání prstencového lože katalyzátoru. Obr. 4A až 4F budou popsány s přihlédnutím ke způsobu, jakým plyn proudí ložem katalyzátoru.

Na obr. 4A je znázorněn způsob, již navržený v japonské zveřejněné patentové přihlášce č. 149 640/1980 a jejím analogickým patentu US č. 4 321 234. U provedení na obrázku 4A je vytvořena pouze jedna reakční komora, která zahrnuje prstencovou komoru 10, vymezenou plynopropustnou válcovou vnější stěnou 4 koše na katalyzátor, která je upravena uvnitř vnějšího pláště 1, a plynopropustnou válcovou vnitřní stěnou 5 koše na katalyzátor, upravenou uvnitř vnější stěny 4 koše na katalyzátor.

V reakční komoře je v kružnicích, soustředných se společnou středovou osou stěn 4 a 5 koše na katalyzátor, upravena množina svislých teplosměnných trubek (neznázorněno). Reakční plyn se přivádí buď do vnějšího prstencového prostoru 6, nebo do vnitřního kanálu 7 pro průtok plynu a je nucen proudit současně a rovnoměrně ve všech radiálních směrech buď radiálně směrem ven, nebo radiálně směrem dovnitř. To znamená, že plyn prochází celým prstencovým průřezem lože katalyzátoru jen jednou.

Při způsobu podle vynálezu je plyn nucen proudit alespoň dvěma oddělenými reakčními komorami za sebou, které jsou vytvořeny rozdělením prostoru prstencového průřezu mezi válcovými stěnami tvořícími koš na katalyzátor, takže jejich vodorovný průřez má tvar segmentu mezikruží, jak bude níže popsáno.

Na obr. 4B je znázorněno jedno provedení podle vynálezu, kdy lože katalyzátoru mezi oběma válcovými stěnami je rozděleno dvěma radiálně probíhajícími svislými přepážkovými stěnami 9 ve dvě reakční komory 10, 11. U znázorněného provedení se středové části reaktoru, tj. vnitřního prostoru ohraničeného vnitřní stěnou 5 koše na katalyzátor, nevyužívá například pro umístění výměníku tepla upraveného k předehřívání přiváděného reakčního plynu. Proto v tomto prostoru není upravena žádná hradicí stěna 8. Místo toho rozděluje tento prostor vnitřní radiální dělicí stěna 16, čímž je vnitřní kanál 7 pro průtok plynu rozdělen na dva vnitřní dílčí kanály 7A a 7B.

Radiální dělicí stěna 16 je na obou svých koncích spojena s oběma radiálně vnitřními konci přepážkových stěn 9. Přiváděný reakční plyn je nucen proudit radiálně směrem ven z přilehlého vnitřního dílčího kanálu 7A pro průtok plynu první reakční komorou 10 směrem od jejího středu k jejímu vnějšímu obvodu.

Pak plyn proudí vnějším prstencovým pro-

storem 6 pro průtok plynu, načež vstupuje z tohoto prostoru 6 do druhé reakční komory 11 a prochází touto komorou do jejího vnějšího obvodu směrem do jejího středu a do přilehlého vnitřního dílčího kanálu 7B pro průtok plynu.

Na obr. 4C je znázorněno další provedení, u něhož je koš na katalyzátor mezi oběma válcovými stěnami rozdělen ve tři stejné díly. U tohoto provedení je upravena válcová vnitřní svislá hradicí stěna 8, již ohraničený středový prostor může být použit pro umístění výměníku tepla pro předehřívání přiváděného reakčního plynu teplem z plynu získaného jako produkt, který má vysokou teplotu.

Předehřívací výměník tepla, který je upraven uvnitř prostoru vymezeného vnitřní válcovou hradicí stěnou 8 není na obr. 4C znázorněn, bude však popsán v dalším textu. Vnější dělicí stěny 15, navazující radiálně směrem ven na přepážkové stěny 9, a vnitřní dělicí stěny 16, navazující radiálně směrem dovnitř na přepážkovou stěnu 9 na opačném konci, vymezují vnější dílčí kanály 6A, 6B pro průtok plynu, resp. vnitřní dílčí kanály 7A, 7B pro průtok plynu. Proto přiváděný reakční plyn, vystupující z vnitřního dílčího kanálu 7A pro průtok plynu, prochází první reakční komorou 10 radiálně směrem k jejímu vnějšímu obvodu, vystupuje z ní a proudí ve směru pohybu hodinových ručiček vnějším dílčím kanálem 6A pro průtok plynu, vstupuje do druhé reakční komory 11, jíž proudí radiálně směrem dovnitř, vstupuje do vnitřního dílčího kanálu 7B pro průtok plynu a pak proudí třetí reakční komorou 12 radiálně směrem k jejímu vnějšímu obvodu a posléze vystupuje z reaktoru přes vnější dílčí kanál 6B pro průtok plynu, který je ve spojení s třetí reakční komorou 12.

U obou výše popsáných provedení, znázorněných na obr. 4B a 4C, je lože katalyzátoru umístěno v reakčních komorách vždy téže velikosti.

Na obr. 4D je znázorněno ještě jiné provedení podle vynálezu, u něhož jsou lože katalyzátoru upravena v reakčních komorách různých velikostí. U znázorněného provedení proudí přiváděný reakční plyn první reakční komorou 10 polokruhového průřezu radiálně směrem k jejímu vnějšímu obvodu z vnitřního dílčího kanálu 7A pro průtok plynu, vystupuje z ní do vnějšího dílčího kanálu 6A pro průtok plynu, jímž proudí ve směru pohybu hodinových ručiček a z kterého vstupuje do druhé reakční komory 11, jíž prochází radiálně směrem dovnitř a z níž vstupuje do vnitřního dílčího kanálu 7B pro průtok plynu, načež vstupuje do třetí reakční komory 12, jíž proudí radiálně směrem k jejímu vnějšímu obvodu, kde pak z ní vystupuje do vnějšího dílčího kanálu 6B pro průtok plynu.

U provedení znázorněného na obr. 4E pro-

chází reakční plyn souběžně dvěma z celkem čtyř reakčních komor. Přiváděný plyn je nucen proudit z vnitřního dílčího kanálu **7A** pro průtok plynu radiálně první reakční komorou **10** směrem k jejímu vnějšímu obvodu; celkový plynný proud se pak rozdělí ve dvě části, z nichž jedna proudí ve směru a druhá proti směru pohybu hodinových ručiček vnějším dílčím kanálem **6A** pro průtok plynu. Pak proudí oba takto vzniklé dílčí proudy rovnoběžně a vstupují do dvou druhých reakčních komor **11A** a **11B**, jimiž prochází radiálně směrem do středu. Oba tyto plynné proudy se spojí v jeden ve vnitřním dílčím kanálu **7B** pro průtok plynu a vzniklý jediný plynný proud prochází třetí reakční komorou **12** radiálně směrem k jejímu vnějšímu obvodu a vystupuje z ní do vnějšího dílčího kanálu **6B** pro průtok plynu.

U provedení znázorněného na obr. 4F proudí reakční plyn z vnitřního dílčího kanálu **7A** pro průtok plynu radiálně první reakční komorou **10** směrem k jejímu vnějšímu obvodu, po výstupu z ní proudí vnějším dílčím kanálem **6A** pro průtok plynu směrem pohybu hodinových ručiček, vstupuje do druhé reakční komory **11**, jíž proudí radiálně směrem do středu, vstupuje do vnitřního dílčího kanálu **7B** pro průtok plynu a z něho do třetí reakční komory **12**, jíž prochází radiálně směrem k jejímu vnějšímu obvodu, vystupuje z ní do vnějšího dílčího kanálu **6B**, jímž proudí ve směru pohybu hodinových ručiček a z kterého vstupuje do čtvrté reakční komory **13**, jíž prochází radiálně směrem do středu a z níž vstupuje do vnitřního dílčího kanálu **7C** pro průtok plynu.

U výše popsaných provedení jsou upraveny radiálně probíhající vnější dělicí stěny **15** a radiálně probíhající vnitřní dělicí stěny **16**, vymezující vnější dílčí kanály **6A**, **6B** pro průtok plynu a vnitřní dílčí kanály **7A**, **7B**, **7C** pro průtok plynu, aby bylo možno řídit směr proudění plynu, jak to bylo výše popsáno.

U výše popsaných provedení je plyn nucen proudit ve všech prvních reakčních komorách **10** radiálně směrem k jejímu vnějšímu obvodu. Avšak do rozsahu vynálezu spadá i případ, kdy ve všech prvních reakčních komorách **10** je plyn nucen proudit opačným směrem než výše popsáno. Proudí-li plyn v každé z prvních reakčních komor **10** v opačném, než výše popsaném směru, dochází i v ostatních reakčních komorách k příslušné změně směru proudění plynu. K provedení této změny je třeba změnit polohu vnějších a vnitřních dělicích stěn **15** a **16** ve vnějších, resp. vnitřních dílčích kanálech pro průtok plynu.

Podrobnosti takovýchto změn jsou odborníkům zřejmé z předchozího popisu a nejsou zde proto uvedeny. Odborníkům budou rovněž nasnadě jiné ekvivalentní způsoby rozdělení lože katalyzátoru kromě způsobů znázorněných na obr. 4B až 4F.

U způsobu podle vynálezu není vždy nutné používat jako reakčních komor všech komor vytvořených rozdělením prostoru, vymezeného mezi dvěma válcovými stěnami a používaného pro lože katalyzátoru, jak popsáno v japonské zveřejněné patentové přihlášce č. 149 640/1980, svislými přepážkovými stěnami, jak výše uvedeno, kteréžto komory mají ve vodorovném průřezu tvar mezikruhových výsečí.

Některých z těchto komor je možno použít jako prostorů pro upravení výměníku tepla pro předehtívání reakčního plynu, jak bylo výše popsáno, a/nebo jako komor, nevybavených žádnou nebo vybavených jen několika málo teplosměnnými trubkami a naplněných katalyzátorem, aby se tak mohla reakčním teplem zvýšit teplota přiváděného reakčního plynu, procházejícího těmito komorami, na požadovanou hodnotu.

Toto posledně popsané použití komor je výhodné jakožto způsob pro další předehtívání reakčního plynu, který již byl předtím do určité míry předehtát, na optimální reakční teplotu teplem vznikajícím při exotermní reakci, za využití skutečnosti, že při exotermní reakci, jakou je například syntéza amoniaku popsaná výše s odkazem na obrázku 3, je optimální reakční teplota značně vyšší, než dolní hranice rozmezí pracovní teploty katalyzátoru v počáteční fázi syntézní reakce, v kteréžto fázi je koncentrace amoniaku v reakčním plynu nízká.

Výše zmíněný způsob předehtívání se provádí tak, že se reakce nechá probíhat v podstatě adiabaticky tím, že se ve značné míře omezí odstraňování tepla vznikajícího při exotermní reakci.

Alternativně je též možno rozdělit uvedený prostor mezi oběma válcovými stěnami, například ve dvě, čtyři nebo šest komor, sloužících jako neadiabatické reakční komory obsahující teplosměnné trubky pro regulování teploty plynu, a dvě komory sloužící jako adiabatické reakční komory, jak byly výše popsány, tak, aby vznikly dvě proudové řady, čímž se přiváděný reakční plyn rozdělí ve dva dílčí proudy a každý z těchto dílčích proudů je nucen odděleně procházet nejprve jednou adiabatickou reakční komorou a následně pak alespoň jednou reakční komorou obsahující teplosměnné trubky (neadiabatickou reakční komorou).

Použití této metody je vhodné tehdy, když množství přiváděného reakčního plynu má být z provozních důvodů podstatně sníženo, protože provoz může v tomto případě přesto pokračovat tím, že se reakční plyn vede pouze do jedné sestavy, v níž se udržuje optimální rozložení teplot a která sestává z jedné adiabatické reakční komory a alespoň jedné neadiabatické reakční komory, a průtok reakčního plynu ostatními sestavami se zastaví.

Teplosměnnou tekutinou, která se při způ-

sobu podle vynálezu vede teplosměnnými trubkami, může být buď některý plyn, kapalina nebo směs plynu a kapaliny. Tato tekutina slouží jako chladicí tekutina, když chemická reakce, která se má provádět způsobem podle vynálezu, je exotermní reakcí. V tomto případě se používá chladicí tekutiny o teplotě nižší, než je reakční teplota. Obdobně slouží tato tekutina jako zahřívací tekutina, když chemická reakce je endotermní. Výhodně se používá tekutiny, která je kapalná při teplotě 12 °C nebo nižší.

Je-li teplosměnná tekutina chladicí tekutinou, je možno jí použít dvěma způsoby, totiž tak, že se využije zjevného tepla absorbovaného za zvyšování teploty tekutiny, nebo skupenského výparného tepla kapalné tekutiny bez zvyšování její teploty. Použije-li se jako chladicí tekutiny plynu, je možné pouze využít zjevného absorbovaného tepla, čímž se zvýší teplota plynu.

V případě, že se použije chladicího plynu, je nutné nechat tento chladicí plyn procházet teplosměnnými trubkami ve velkém množství, protože chladicí plyn může absorbovat poměrně malé množství tepla, vztaheno na objemovou jednotku. Je proto vhodné použít takového chladicího plynu pouze tehdy, když při chemické reakci vzniká poměrně malé množství tepla. Je účinnější, když se takového chladicího plynu použije ve stlačeném stavu. Chladicí plyn může proudit teplosměnnými trubkami shora dolů nebo opačně.

Když se jako chladicí tekutiny použije kapaliny, je možno využít jak zjevného, tak i skupenského výparného tepla. Takovéto chladicí kapaliny je možno použít celkem stejným způsobem jako výše uvedeného chladicího plynu, když se využije zjevného tepla chladicí kapaliny. Využitím zjevného tepla takovéto chladicí kapaliny se dosáhne většího chladicího účinku, než při použití chladicího plynu, protože množství tepla, absorbovaného za zvýšení teploty kapaliny, je mnohem větší než příslušné teplo, absorbované chladicím plynem.

Je-li chemická reakce, prováděná způsobem podle vynálezu, exotermní reakcí, je možno teplo při ní vznikající účinně využít pro předehřívání vznikajících látek. Například je možno tohoto tepla využít pro předehřátí stlačeného zemního plynu (který může popřípadě obsahovat plynný vodík), používaného k reakci s vodní párou pro výrobu amoniaku, při níž se jako výchozí surovina používá zemního plynu, nebo pro předehřátí vody před její přeměnou v páru v případě, kdy se jako chladicí tekutiny používá vody.

Při posledním zmíněném provedení je výhodné, když chladicí kapalina má teplotu varu při svém tlaku v poslední reakční komoře, kterou přiváděný plynný reakční proud prochází.

Jestliže chemická reakce prováděná v reaktoru je endotermní reakcí, používá se o-

hřívací tekutiny mající vyšší teplotu než je teplota, při níž endotermní reakce probíhá, kterážto ohřívací tekutina se získává v odděleném stupni. Při endotermní reakci, která probíhá při velmi vysoké reakční teplotě, je obzvláště výhodné, když se k ohřívání reakční soustavy použije zjevného tepla ohřívacího plynu.

V tomto případě je žádoucí, aby rozdíl mezi reakčním tlakem a tlakem ohřívacího plynu byl co nejmenší. Nadto je poslední reakční komory možno použít pro předehřívání teplosměnné tekutiny, když je v kapalně podobě, bez ohledu na to, zda jde o exotermní či endotermní reakci.

Při způsobu podle vynálezu je mnohem výhodnější používat výparného nebo kondenzačního tepla tekutiny proudící teplosměnnými trubkami než zjevného tepla této tekutiny. Provádí-li se způsobem podle vynálezu exotermní reakce, je možno využít výparného tepla chladicí kapaliny tím, že se tato chladicí kapalina, jejíž tlak byl upraven tak, aby dovolil chladicí kapalině vřít při požadované teplotě nižší, než je reakční teplota, při níž uvažovaná exotermní chemická reakce probíhá, nechá proudit teplosměnnými trubkami zdola nahoru. Toto způsobí, že kapalina v teplosměnných trubkách vře a vypařuje se absorbovaným teplem vznikajícím při uvažované exotermní chemické reakci.

V tomto případě je žádoucí, aby teplota chladicí kapaliny byla zvýšena na teplotu varu při zvoleném tlaku v okamžiku, kdy chladicí kapalina vstupuje do dolních konců teplosměnných trubek v reakční komoře. V typickém případě tedy se chladicí kapalina, přítomná v teplosměnných trubkách, přemění ve směsnou fázi zahrnující kapalinu a její páry, které vznikají pohlcením reakčního tepla kapalinou. Rozdělením směsné fáze na parní a kapalnou fázi v odlučovači, upraveném uvnitř nebo vně reaktoru, je možno získat vysokoteplotní vysokotlaké páry této kapaliny a kapalnou fázi je možno recirkulovat do dolních konců teplosměnných trubek, aniž by se její teplota snížila chlazením. Obzvláště výhodné je zužitkovat výparné teplo chladicí kapaliny v případě, kdy množství tepla vznikajícího při uvažované reakci je velmi značné, protože výparné teplo kapaliny je velké.

Kapalinu nepřeměněnou v páry je možno z odlučovače recirkulovat do dolních konců teplosměnných trubek buď metodou, tzv. přirozené recirkulace, nebo metodou nucené recirkulace. Při metodě přirozené recirkulace se kapalina nepřeměněná v páry recirkuluje tím, že se nechá proudit vlastní hmotností směrem dolů, například tak, že se odlučovač upraví v horní části reaktoru nebo mimo a výše než reaktor a využije se toho, že hustota směsné fáze chladicí tekutiny v teplosměnných trubkách je menší, než hustota této kapaliny jako takové.

Při metodě nucené recirkulace se kapalina nepřeměněná v páry recirkuluje pomocí čerpadla. Má-li být použito metody přirozené recirkulace, je výhodné, když se pracuje s chladicí tekutinou o přetlaku nižším než 14,7 MPa, protože hustota výše zmíněné směsné fáze při varu chladicí kapaliny se těsně blíží hustotě této kapaliny jako takové, takže se přirozená recirkulace kapaliny nepřeměněné v páry stává obtížnou, vzroste-li tlak tekutiny příliš vysoko. Přirozené recirkulaci se dává přednost při syntéze amoniaku z vodíku a dusíku. Použije-li se metody nucené recirkulace, neplatí výše zmíněná omezení a je možno použít přetlaku až asi 19,6 MPa.

Vysokoteplotních vysokotlakých par, například vodní páry, získaných při výše popsané metodě, je možno použít pro ohřev jiného materiálu nebo látky v jiném výrobním stupni nebo pro výrobu elektrické energie pomocí parní turbíny. Kterýkoliv z těchto způsobů umožňuje účelně využít tepla uvolněného při exotermní reakci.

V tomto případě je výhodné dodávat do teplosměnných trubek, v nichž dochází k přeměně chladicí kapaliny v páry, další množství chladicí kapaliny po jejím předehřátí na její teplotu varu v teplosměnných trubkách poslední reakční komory. Využití výparného tepla při endotermní reakci se může dosáhnout tím, že se do horních konců teplosměnných trubek přivádějí jakožto ohřívací tekutina páry kapaliny, jejichž teplota je vyšší, než je teplota, při níž probíhá endotermní reakce, tyto páry se v teplosměnných trubkách ponechají zkondenzovat a takto uvolněného kondenzačního tepla se použije k udržování optimální teploty reakčního plynu, jakož i u udržování rozložení optimálních teplot v loži katalyzátoru pro endotermní reakci.

V tomto případě bývá obvykle nutné použít par pod zvýšeným tlakem, aby se teplota par mohla zvýšit nad teplotu, při níž reakce probíhá. Kapalina vzniklá kondenzací se odvádí z dolních konců teplosměnných trubek.

Je-li reakční teplota vysoká, je u všech výše popsaných metod k využití výparného tepla nutno použít kapaliny pod vyšším tlakem, bez ohledu na to, zda jde o endotermní, či exotermní reakci. Proto je nutno použít teplosměnných trubek s velkou tloušťkou stěn, aby vyhovovaly větším rozdílům mezi reakčním tlakem a tlakem použité tekutiny, což je v některých případech ekonomicky nevýhodné. V takovém případě je žádoucí použít kapaliny mající vysokou teplotu varu, aby se tak mohlo využít výparného tepla kapaliny při nižším tlaku.

Když se výše uvedené metody použije při exotermní reakci, která probíhá při poměrně vysoké teplotě, je možno zpět získaného tepla, vzniklého při reakci, účelně použít k výrobě elektrické energie tím, že se takto získané páry, které mají vysokou teplotu

avšak poměrně nízký tlak, podrobí výměně tepla s jinou kapalinou, mající nižší teplotu varu než dříve uvedená kapalina, která byla přeměněna v páry, pomocí dalšího odděleně upraveného výměníku tepla, čímž vzniknou páry kapaliny s nižší teplotou varu, které mají o něco nižší teplotu, avšak mnohem vyšší tlak, a tyto vysokotlaké páry kapaliny o nižší teplotě varu se přivádějí do parní turbíny.

Takovýto způsob konverze tlaku je výhodný, když se vzhledem k vysoké teplotě, při níž reakce probíhá, použije chladicí kapaliny o teplotě varu nad 150 °C. V tomto případě se páry o nižším tlaku kondenzují v odděleně upraveném výměníku tepla. Vzniklý kapalný kondenzát se může snadno recirkulovat do dolních konců teplosměnných trubek v reakčních komorách reaktoru.

Rozložení optimálních teplot v reakčních komorách je zpravidla v jednotlivých komorách odlišné, jak by mělo být zřejmé z výše uvedeného popisu. Je tedy účelu vynálezu možno lépe dosáhnout změnou uspořádání teplosměnných trubek a průměrů těchto trubek, a též upravením takových podmínek, jako jsou typ tekutin proudících teplosměnnými trubkami, jak výše uvedeno, a teplota, tlak, průtočné množství, typ tekutiny apod., různé v jednotlivých komorách.

Podle výsledku těchto úvah se stanoví uspořádání teplosměnných trubek v každé jednotlivé reakční komoře tak, že se v ní dosáhne popsaného rozložení optimálních teplot pro uvažovanou reakci. Je však žádoucí, použít u teplosměnných trubek v jedné reakční komoře týchž podmínek a tekutiny jediného typu, a upravit odděleně rozdělovače, resp. sběrače pro každou z reakčních komor, aby se tak tekutina rozdělovala nebo sváděla a byla nucena vtékat do teplosměnných trubek, resp. z nich vytékat odděleně pro každou příslušnou reakční komoru.

Jestliže reakce vykazuje velmi příkrou křivku vyjadřující rozložení optimálních teplot a jestliže se reakce provádí ve větším počtu reakčních komor tím, že se přiváděný reakční plyn nechá proudit stejným směrem v alespoň dvou reakčních komorách, může být v některých případech výhodnější, vytvořit odděleně rozdělovače, resp. sběrače pro každou skupinu teplosměnných trubek uspořádaných na téže kružnici v obou komorách, aby tak tekutina byla nucena vytékat z teplosměnných trubek nebo do nich vtékat jednotným způsobem, jak bylo výše uvedeno.

V teplosměnných trubkách podle vynálezu je možno použít jakékoliv teplosměnné tekutiny, pokud jen nevyvolává korozi reaktoru. Je však nutné, aby tato tekutina protékala teplosměnnými trubkami v množství, postačujícím k odstranění tepla vznikajícího exotermní reakcí, nebo naopak k dodání tepla, vyžadovaného pro endotermní reakci.

V tomto smyslu je velmi důležité použít kapaliny, která může být zkondenzována nebo může vřít při požadované teplotě, buď vyšší, nebo nižší o zvolený teplotní rozdíl, než je reakční teplota, kterýžto teplotní rozdíl je nutný pro uskutečnění výměny tepla změnou tlaku tekutiny.

Jakožto teplosměnné tekutiny se výhodně používá kapalin majících teplotu tání na nejvýš 12 °C. Jako příklad kapalin, které jsou poměrně levné a schopné vyhovět těmto podmínkám, je možno uvést vodu, nasycené alifatické uhlovodíky mající teplotu varu v rozmezí 100 až 350 °C, chlorované aromatické uhlovodíky, směs difenylu s difenyloxidem, alkylbenzeny, alkylnaftaleny a směsi těchto látek.

Vynález zahrnuje mnoho různých provedení, pokud jde o konstrukci reaktoru. Další provedení konstrukce reaktoru budou popsána v následujícím textu. V reaktoru podle vynálezu může vnějším pláštěm **1**, zobrazeným na obr. 1 a 2, být tlakový vnější plášť. Avšak tlakový vnější plášť tlakového reaktoru se během provozu zahřívá na zvýšenou teplotu. Když se takového reaktoru použije pro syntézu, například amoniaku z plynného vodíku a plynného dusíku, dostane se tlakový vnější plášť o zvýšené teplotě v přímý styk s plynným vodíkem o vysokém parciálním tlaku, čímž se podporuje nebezpečí vzniku vodíkové křehkosti v oceli, z níž je vnější plášť vyroben.

V tomto případě je možno se vyhnout vzniku vodíkové křehkosti vnějšího pláště tím, že (1) se reaktor znázorněný na obr. 1 a 2 vloží do uzavřené tlakové nádoby, která má poněkud větší jak vnitřní průměr, tak i vnitřní objem než reaktor, (2) přiváděný reakční plyn, který ještě nebyl dostatečně předehřát a který má poněkud nízkou teplotu, se nechá procházet prostorem mezi vnitřním povrchem stěny tlakové nádoby a vnější stěnou reaktoru, (3) přiváděný reakční plyn, který prošel výše uvedeným prostorem, se předehřeje na požadovanou teplotu ve výše popsaném výměníku tepla upraveném v reaktoru a (4) takto předehřátý reakční plyn se pak přivádí do první reakční komory naplněné katalyzátorem k zahájení reakce.

Na obr. 5 a 6 je znázorněno další provedení reaktoru podle vynálezu. V pravé půlce reaktoru, zobrazeného na obr. 5, jsou schematicky znázorněny teplosměnné trubky, rozdělovače, sběrače a přívodní a odváděcí trubky pro teplosměnnou tekutinu. Konstrukce přepážkových stěn a vnějšího pláště jsou zobrazeny v levé půlce reaktoru. Na obr. 5 a 6 je vztahovou značkou **51** označena tlaková nádoba a vztahová značka **1** označuje vnější plášť reaktoru.

U znázorněného provedení tvoří spodní a vrchní stěna **2** a **3**, které sousedí s vnějším pláštěm **1**, též spodní a vrchní stěny tlakové nádoby **51**. Celý prstencový prostor mezi

tlakovou nádobou **51** a vnějším pláštěm **1** reaktoru je vyplněn tepelně izolačním materiálem. Vztahovou značkou **4** je označena vnější plynopropustná stěna koše na katalyzátor a obdobná vnitřní stěna koše na katalyzátor je označena vztahovou značkou **5**. Každá z těchto stěn **4**, **5** koše na katalyzátor je tvořena válcovou stěnou opatřenou řadou průchozích otvorů a jedním nebo dvěma listy drátěného pletiva.

Vztahové značky **6**, resp. **7** označují vnější, resp. vnitřní prostor (kanál) pro průtok plynu.

Prostor mezi vnější stěnou **4** koše na katalyzátor a vnitřní stěnou **5** koše na katalyzátor, které mají tvar soustředných válců, je rozdělen čtyřmi radiálně probíhajícími svislými přepážkovými stěnami **9** v první reakční komoru **10**, druhou reakční komoru **11**, třetí reakční komoru **12** a čtvrtou reakční komoru **13**.

Dvě radiálně probíhající vnější dělicí stěny **15** a tři radiálně probíhající vnitřní dělicí stěny **16** vymezují vnější dílčí kanály **6A**, **6B** pro průtok plynu a vnitřní dílčí kanály **7A**, **7B** a **7C** pro průtok plynu, takže plyn, přiváděný vstupem **17** pro přívod surového reakčního plynu, je nucen procházet po řadě první, druhou, třetí a čtvrtou reakční komorou **10**, **11**, **12**, **13**, jak je naznačeno šipkami na obr. 6, a potom vystupuje z reaktoru výstupem **18** pro plyn vzniklý jako produkt.

Ve vnějších dílčích kanálech **6A**, **6B** pro průtok plynu jsou v místech prodloužení přepážkových stěn **9**, oddělujících první reakční komoru **10** od druhé reakční komory **11**, resp. třetí reakční komoru **12** od čtvrté reakční komory **13**, upraveny radiálně směrem k vnějšímu obvodu perforované desky **23** vymezující průchod plynu, které nutí plyn proudit rovnoměrně v radiálních směrech v každé z reakčních komor **10**, **11**, **12**, **13**, protože perforované desky **23** kladou proudícímu plynu jen malý odpor.

Abyste usnadnila kontrola a opravy vnitřku reaktoru, jsou horní a dolní části každé z přepážkových stěn **9**, oddělující od sebe jednotlivé reakční komory, opatřeny vyjímatelnými díly **9A**, **9B**, které jsou vytvořeny tak, že je lze připojit jejich dolní, resp. horní hranou k hornímu konci **24**, resp. k dolnímu konci **25** střední části každé přepážkové stěny **9**. Na vnitřním povrchu spodní stěny **2** pláště a vrchní stěny **3** pláště a na vnějším povrchu horních a dolních konců částí trubkových členů vytvářejících vnitřní dílčí kanály **7A**, **7B** a **7C** jsou upraveny výstupky pro upevnění vyjímatelných dílů **9A**, **9B** pomocí svorníků a matek.

Vnější okrajové části radiálně probíhajících vnějších dělicích stěn **15**, upravených ve vnějších dílčích kanálech **6A** a **6B** pro průtok plynu, jsou zakřiveny, aby tak zachytily tepelné pnutí, vyvolané v přepážkových stěnách **9** rozdílem mezi teplotou vněj-

šího pláště 1 a teplotou reakčních komor 10, 11, 12 a 13. Z téhož důvodu zapadají perforované desky 23 do drážek, vytvořených výstupky upravenými na příslušných místech na vnitřním povrchu vnějšího pláště 1, jak je znázorněno na obr. 6, poněvadž v místech umístění perforovaných desek 23 v kanálech pro průtok plynu je dovolen malý stupeň netěsnosti. Trubka 21 pro plnění katalyzátoru slouží rovněž jako průlez pro kontrolu a opravy. Rovněž jako průlez slouží i trubka 22 pro vyprazdňování katalyzátoru.

V reakčních komorách jsou upraveny svislé teplosměnné trubky 14 sestavené do skupin na částečných kružnicích, které jsou soustředné se společnou středovou osou obou válcových stěn 4, 5 tvořících koš na katalyzátor. Teplosměnné trubky mohou mít různý tvar ve vodorovném průřezu, například kruhový, vejčitý nebo eliptický.

Trubky s eliptickým nebo vejčitým vodorovným průřezem jsou výhodnější v porovnání s trubkami majícími kruhový vodorovný průřez, protože tvar těchto trubek zvyšuje celkový koeficient přestupu tepla stěnami těchto trubek. Horní, resp. dolní konce těchto teplosměnných trubek 14 jsou zaústěny do příslušných sběrných, resp. rozdělovacích zařízení 19.

U provedení znázorněného na obr. 5 a 6 jsou v každé reakční komoře upravena samostatná sběrná a rozdělovací zařízení 19. Když tekutina proudí teplosměnnými trubkami 14 dolů, slouží horní zařízení 19 jako rozdělovače, zatímco dolní zařízení 19 se používají jako sběrače. Tyto rozdělovače, resp. sběrače jsou spojeny s přívodními, resp. odváděcími trubkami 20 v souladu se směrem proudění tekutiny.

Jestliže tekutina proudí teplosměnnými trubkami vzhůru, slouží dolní zařízení 19 jako rozdělovače, kdežto horní zařízení 19 se používají jako sběrače. Obdobně, když tekutina proudí v trubkách dolů, slouží horní trubka 20 jako přívodní trubka, kdežto dolní trubka 20 se používá jako odváděcí trubka. Naopak, když tekutina proudí trubkami vzhůru, slouží dolní trubka 20 jako přívodní trubka a horní trubka 20 jako odváděcí trubka.

Každé z rozdělovacích zařízení 19 a ze sběrných zařízení 19 může mít kteroukoliv ze dvou zásadně odlišných konstrukcí, totiž konstrukci, která je v podstatě trubkovým členem, nebo konstrukci, která používá deskových členů. Rozdělovací a sběrné zařízení 19, znázorněná na obr. 5 a 6, jsou zhotovena z trubkových členů o kruhovém příčném průřezu.

U znázorněného provedení jsou sběrná a rozdělovací zařízení 19, která mají prakticky stejnou konstrukci, umístěna symetricky kolem svislé středové roviny reaktoru. Proto budou v dalším popsána pouze sběrná zařízení 19, přičemž se předpokládá, že tekutina proudí v trubkách směrem vzhůru.

Primární sběrná trubka 19 je spojena s řadou teplosměnných trubek 14. Primární sběrná trubka 19A je zakřivena podél oblouku kružnice, na níž jsou příslušné teplosměnné trubky 14 v příslušné reakční komoře upraveny. Primární sběrná trubka 19A je v praxi uložena vodorovně. Spojovací trubka 19B spojuje vždy primární sběrné trubky 19A se sekundární sběrnou trubkou 19C.

Pro každou primární sběrnou trubku 19A je nutno použít alespoň jedné spojovací trubky 19B. Sekundární sběrná trubka 19C je vodorovná a probíhá v podstatě radiálním směrem a je spojena s odváděcí trubkou 20 pro odvádění teplosměnné tekutiny z reaktoru. Počet a uspořádání primárních sběrných trubek 19A, spojovací trubky, resp. trubek 19B a sekundární sběrné trubky, resp. trubek 19C je možno vhodně upravit podle počtu a rozložení teplosměnných trubek, upravených v příslušné reakční komoře.

Jestliže má reaktor velké rozměry nebo je uzpůsoben k provádění reakce, kterou se uvolňuje velké množství reakčního tepla a v každé reakční komoře je zapotřebí velkého počtu teplosměnných trubek, může být výhodné upravit terciární sběrné trubky, kvartérní sběrnou trubku a spojovací trubky (neznázorněné), spojující terciární a kvartérní sběrné trubky, kteréžto uvedené další trubky jsou určeny k tomu, aby vytvořily spojení mezi sekundárními sběrnými trubkami 19C a příslušnou odváděcí trubkou 20 pro odvádění teplosměnné tekutiny z reaktoru, takže v každé reakční komoře může být s přívodní, resp. odváděcí trubkou 20, která je upravena pro příslušnou reakční komoru, snadno spojen velký počet teplosměnných trubek tím, že se použije dalších sběrných trubek a spojovacích trubek, jak je výše popsáno.

Jestliže počet teplosměnných trubek je malý, je možno sekundární sběrné trubky 19C a spojovací trubky 19B vynechat a místo toho použít odváděcí trubky 20 rozvětřující se v řadu dílčích trubek, z nichž každá je napojena na jednu primární sběrnou trubku 19A.

Na obr. 7 je znázorněn příklad primární sběrné trubky 19A, která je tvořena trubkovým členem v podstatě obdélníkového příčného průřezu. V závislosti na uspořádání teplosměnných trubek 14 může použití takového trubkového členu, majícího obdélníkový příčný průřez, jakožto primární sběrné trubky 19A usnadnit spojení mezi primární sběrnou trubkou 19A a do ní zaústěnými teplosměnnými trubkami 14.

U tohoto provedení je možno bez obtíží použít trubkových členů majících kruhový příčný průřez, jakožto spojovacích trubek 19B, sekundárních sběrných trubek 19C a jakýchkoliv následných trubek, použitých za spojovacími trubkami 19B.

Jestliže se použije reaktoru k provádění reakce, při níž vzniká mnoho reakčního tepla a je třeba velkého počtu teplosměnných trubek, může být nezbytné použít velkého počtu primárních sběrných trubek **19A** a v některých případech i sekundárních sběrných trubek **19C**.

V tomto případě mohou být primární sběrné trubky **19A** nebo sekundární sběrné trubky **19C** upraveny střídavě v různých výškách, jak to je znázorněno na obr. 1, takže napojení teplosměnných trubek **14** na příslušné primární sběrné trubky **19A**, popřípadě spojení mezi primárními sběrnými trubkami **19A** a k nim příslušejícími spojovacími trubkami **19B**, nebo spojení mezi spojovacími trubkami **19B** a k nim příslušejícími sekundárními sběrnými trubkami **19C** může být usnadněno.

Na obr. 8 a 9 je znázorněn příklad sběrného nebo rozdělovacího zařízení, které je v podstatě vytvořeno z deskových členů. Příklad znázorněný na obr. 8 a 9 je sběrač. Primární sběrač **19A** je vytvořen z deskových členů a zahrnuje horní a dolní desky **19D** a **19F**, které mají tvar segmentu kruhového prstence. Tyto desky **19D** a **19F** jsou spolu těsně spojeny pomocí svislé stěny **19H**, která je svou horní a dolní hranou spojena s okraji každé z obou uvedených desek **19D** a **19F** po celé jejich délce.

Řada krátkých trubek **19G** spojuje desky **19D** a **19F** v jejich středových částech, takže výsledný sběrač odolává tlaku v něm přítomné tekutiny. K horní desce **19D** je připojena spojovací trubka **19B** nebo alternativně odváděcí trubka **20** pro odvádění tekutiny, a k dolní desce **19F** jsou připevněny teplosměnné trubky **14**.

Řada průchozích otvorů **19F** prochází oběma těmito deskami **19D**, **19E** a tyto otvory jsou opatřeny krátkými trubkami **19G**. Průchozí otvory **19F** mají protáhlý oválný průřez a používá se jich jako otvorů, jimiž padají zrna katalyzátoru při plnění nebo vyprazdňování zrnitého katalyzátoru.

Použije-li se deskového sběrače, který nemá žádné otvory pro plnění zrnitého katalyzátoru, je velmi obtížné katalyzátor plnit nebo vyprazdňovat a udělit sběrači dostatečnou pevnost. K usnadnění průtoku tekutiny za účelem výměny tepla je možno použít výše popsaných sekundárních sběrných trubek **19C**, spojovacích trubek **19B** atd. v kombinaci s takovými deskovými sběrači **19A**.

U reaktoru podle vynálezu je možno použít jakožto vnitřní válcové hradicí stěny (válcového členu) **3** válcového členu, takže ve střední části reaktoru je možno uvnitř tohoto válcového členu upravit výměník tepla pro předehřívání nízkoteplotního přiváděného reakčního plynu teplem vysokoteplotního plynu vzniklého jako reakční produkt.

Na obr. 10 a 11 je znázorněn reaktor v

dalším provedení podle vynálezu, u něhož je uvnitř prostoru ohraničeného válcovou hradicí stěnou **3** u reaktoru znázorněného na obr. 1 upraven trubkový výměník tepla k předehřívání přiváděného reakčního plynu vstupujícího do reaktoru vstupem **17**, kterýžto plyn nemá dostatečně vysokou teplotu, plynem vzniklým jako produkt, který prošel čtvrtou reakční komorou **13** a má vyšší teplotu.

Reaktor znázorněný na obr. 10 a 11 se konstruací své vnitřní stěny **5** koše na katalyzátor liší od reaktoru, popsaného výše s přihlédnutím k obr. 1, avšak pokud jde o ostatní části, je prakticky shodný s reaktorem na obr. 1. Proto bude v dalším popsána hlavně konstrukce vnitřní stěny **5** koše na katalyzátor, která se liší od konstrukce vnitřní stěny **5** koše na katalyzátor, znázorněné na obr. 1.

Výměník tepla pro předehřívání vstupujícího reakčního plynu v provedení znázorněném na obr. 10 a 11 sestává v podstatě z hradicí stěny **8** kruhového průřezu, která slouží jako plášť výměníku tepla, z vrchní a spodní mřížové desky **26** tvaru kotouče, v nichž jsou uchyceny trubky, a z řady předehřívacích trubek **27**, upevněných svými oběma konci v mřížových deskách **26**. Přiváděný reakční plyn, který přichází ze vstupu **17** a dosud nebyl v patřičné míře předehřát, prochází mezikusem **40** a vstupuje do řady předehřívacích trubek **27**.

Za proudění předehřívacími trubkami **27** směrem dolů se přiváděný plyn předehřívá teplem plynu vzniklého jako produkt, který proudí vně těchto trubek **27** a má vyšší teplotu. Přiváděný plyn, který prošel předehřívacími trubkami **27**, vstupuje do mezikusu **41**, který je oddělen od vnitřních dílčích kanálů **7B**, **7C** pro průtok plynu hradicí deskou **28**. Upravením hradicí desky **28** je přiváděný plyn nucen proudit vzhůru do vnitřního dílčího kanálu **7A** a z něho pak do první reakční komory **10**.

Plyn, který vychází z první reakční komory **10**, pak postupně prochází, v podstatě stejně, jak znázorněno na obr. 1, vnějším dílčím kanálem **6A** pro průtok plynu, druhou reakční komorou **11**, vnitřním dílčím kanálem **7B**, třetí reakční komorou **12**, vnějším dílčím kanálem **6B** a čtvrtou reakční komorou **13**, jak naznačeno šipkami na obr. 11, načež vstupuje jakožto vysokoteplotní plyn, vzniklý jako produkt při reakci, do vnitřního dílčího kanálu **7C** pro průtok plynu.

V dolní části vnitřní válcové hradicí stěny **8** je vytvořen otvor **30**, který ústí do vnitřního dílčího kanálu **7C** pro průtok plynu. Proto je vysokoteplotní plyn vzniklý jako produkt nucen projít z vnitřního dílčího kanálu **7C** otvorem **30** do dolní části výměníku tepla, v němž proudí vně předehřívacích trubek. Tento plyn, který vstoupil do dolní části výměníku tepla a proudí vně trubek, je nucen proudit vzhůru, přičemž směr jeho

proudění je střídavě od obvodu ke středu a naopak, což je způsobeno přepážkovými mezistěnami 29 v plášťové straně výměníku tepla, přičemž dochází k výměně tepla s přiváděným plynem, proudícím v předehřívacích trubkách 27.

Výsledný plyn vzniklý jako produkt, mající nyní již nižší teplotu, který dosáhl nejvyšší části ve výměníku tepla na vnější straně trubek 27, prochází středovou trubicou 31 a vystupuje z reaktoru výstupem 18.

Jak již bylo výše uvedeno, je možno výměník tepla pro předehřívání přiváděného reakčního plynu teplem z výsledného vysokoteplotního plynu vzniklého jako produkt, který upustil poslední reakční komoru, upravit v alespoň jedné z reakčních komor, oddělené svislými přepážkovými stěnami 9 od ostatních reakčních komor a mající ve vodorovném průřezu tvar kruhové výseče,

Zde, především z důvodu prostorového uspořádání komory, je výhodné použít výměníku tepla, v němž se jako teplosměnných ploch zásadně používá deskových členů, tzn. deskového výměníku tepla, spíše než výměníku tepla sestávajícího z trubek obklopených pláštěm, ve středové části reaktoru popsaného v japonské zveřejněné patentové přihlášce č. 149 640/1980.

Na obr. 12 a 13 je znázorněn příklad výše popsaného reaktoru. U reaktoru zobrazeného na obr. 12 a 13 se jedné z komor, oddělené od ostatních svislými přepážkovými stěnami 9, používá jako předehřívací komory 33 pro instalování deskového výměníku 39 tepla k předehřívání přiváděného plynu, jehož teplota ještě nedostoupila dostatečné výše, teplem z vysokoteplotního plynu, a první reakční komora 10 není opatřena žádnými teplosměnnými trubkami.

Níže uvedený popis bude omezen pouze na části, které se liší od částí již popsaných výše s odkazem na reaktor znázorněný na obr. 1. Je ovšem třeba mít na zřeteli, že pro jednoduchost není na obr. 13 znázorněna většina trubek, ačkoliv ve druhé reakční komoře 11 je upraveno několik teplosměnných trubek 14.

Deskový výměník 39 tepla, upravený v předehřívací komoře 33, je vytvořen z řady plochých obdélníkových teplosměnných skříní 35, z nichž každá je vytvořena ze dvou teplosměnných desek upravených navzájem rovnoběžně v poměrně malé libovolné vzdálenosti od sebe a spojených spojovacími pláty 37. Mezi dvěma sousedícími teplosměnnými skříněmi 35 je požadovaná vzdálenost.

Přiváděný plyn, který přichází do reaktoru vstupem 17, proudí vnitřním dílčím kanálem 7A pro průtok plynu do předehřívací komory 38, kde je nucen procházet ze středové části reaktoru radiálně směrem k okrajím mezerami mezi sousedícími teplosměnnými skříněmi 35 a je ohříván teplem z vysokoteplotního plynu procházejícího teplosměnnými skříněmi 35. Takto předehřátý přiváděný plyn vstupuje do vnějšího dílčího

kanálu 5A pro průtok plynu, jímž prochází a vstupuje pak do první reakční komory 10, jak je naznačeno šipkami na obr. 13.

V první reakční komoře 10 nejsou upraveny žádné teplosměnné trubky, a tak v ní reakce probíhá adiabaticky. Plyn, který vyšel z první reakční komory 10, pak prochází postupně vnitřním dílčím kanálem 7B pro průtok plynu, druhou reakční komorou 11, vnějším dílčím kanálem 6B pro průtok plynu a třetí reakční komorou 12, přičemž se reakce dokončí. Výsledný plyn pak vstupuje do vnitřního dílčího kanálu 7C a vychází z reaktoru výstupem 18 pro odvádění plynu vzniklého jako produkt, kterýžto výstup je upraven na horním konci vnitřního dílčího kanálu 7C pro průtok plynu.

Vysokoteplotní ohřívací plyn, který proudí teplosměnnými skříněmi 35, vchází do reaktoru vstupem 32 pro ohřívací plyn a rozděluje se přes trubkový rozdělovač 34A ohřívacího plynu do řady spojovacích trubek 34B, které ústí do horních vnitřních částí příslušných teplosměnných skříní 35. Pak ohřívací plyn proudí teplosměnnými skříněmi 35 směrem dolů. Při tomto postupu ohřívacího plynu směrem dolů dochází k přestupu tepla do přiváděného reakčního plynu, čímž se ohřívací plyn ochlazuje. Takto ochlazený ohřívací plyn vystupuje z teplosměnných skříní 35 na jejich dolním konci a prochází pak spojovacími trubkami 34B, upravenými pro odvádění plynu.

Jednotlivé dílčí proudy ohřívacího plynu se spojují v jeden proud v dolním trubkovém sběrači 34A ohřívacího plynu, kterýžto spojený proud pak odchází z reaktoru výstupem 33 pro ohřívací plyn. Jakožto výše popsaný ohřívací plyn je možno přivádět plyn mající vhodnou teplotu a tlak z vnějšího zdroje mimo reaktor. Použitím takovýchto teplosměnných skříní se nemusí nutně dosáhnout výhod vyplývajících z jejich konstrukce, jestliže mezi tlakem panujícím uvnitř teplosměnných skříní a tlakem vně těchto skříní je značnější rozdíl.

Je proto výhodné, aby ohřívací plyn procházející teplosměnnými skříněmi měl tlak, jehož výše se příliš neliší od tlaku přiváděného reakčního plynu. Z těchto důvodů a pro získání tepla z plynu vyrobeného jako produkt, který vychází z reaktoru výstupem 18, je výhodné vést plyn získaný jako produkt, který vyšel z reaktoru výstupem 18, do vstupu 32 ohřívacího plynu (neznázorněnou) trubicou upravenou vně reaktoru, popřípadě spojit vstup 32 pro ohřívací plyn s horní částí vnitřního dílčího kanálu 7C pro průtok plynu uvnitř reaktoru, takže plyn vzniklý jako produkt se odvádí z reaktoru výstupem 33 pro ohřívací plyn.

Je samozřejmé, že je možno předehřívát přiváděný reakční plyn teplem plynu vzniklého jako produkt tím, že se upraví trubkový výměník tepla, jak je znázorněn na výkresech na obr. 10 a 11, nebo deskový vý-

měník tepla, jak je znázorněn na výkresech na obr. 12 a 13, v místě vně reaktoru, ačkoliv toto uspořádání výměníku tepla není znázorněno na připojených výkresech.

V reaktoru podle vynálezu má uspořádání teplosměnných trubek v reakčních komorách velkou důležitost. Poněvadž teplosměnné trubky jsou upraveny k dosažení výše popsaného rozložení optimálních teplot, je jejich uspořádání v jednotlivých reakčních komorách různé.

Je velmi neobvyklé, aby teplosměnné trubky i v téže reakční komoře byly od sebe stejné vzdáleny ve směru proudění plynu, tj. v radiálním směru. Zpravidla jsou tyto teplosměnné trubky spořádány s různými vzdálenostmi od sebe v radiálních směrech.

Jinými slovy, bývá obvyklejší, dokonce v téže reakční komoře, když dále uvedené vzdálenosti, tj. vzdálenost mezi vnější stěnou 4 koše na katalyzátor a nejbližší k vnějšímu okraji ležící soustřednou částečnou kružnicí, do níž je část z celkového počtu teplosměnných trubek 14 uspořádána, dále vzdálenost vždy mezi dvěma sousedícími soustřednými částečnými kružnicemi, do nichž jsou teplosměnné trubky uspořádány, a konečně vzdálenost mezi nejvnitřnější soustřednou částečnou kružnicí, do níž jsou teplosměnné trubky uspořádány, a vnitřní stěnou 5 koše na katalyzátor, jsou navzájem různé, a tyto vzdálenosti v jedné reakční komoře se mohou lišit od příslušných těchto vzdáleností v jiné reakční komoře. Obecně se tyto vzdálenosti mohou měnit v rozmezí od 50 do 500 mm. Naproti tomu však je výhodné, když obvodová vzdálenost jednotlivých trubek na kružnici je jednotná v rozmezí od 20 do 200 mm, měřeno od středové osy každé teplosměnné trubky k středovým osám sousedících teplosměnných trubek na téže soustředné částečné kružnici.

Tato vzdálenost může být různá u jednotlivých částečných kružnic v každé z reakčních komor a rovněž různá v jednotlivých reakčních komorách, i když příslušné teplosměnné trubky se nacházejí na téže soustředné kružnici v reaktoru.

Výhodný vnější průměr teplosměnných trubek je 10 až 100 mm. Jestliže průměr teplosměnných trubek je příliš velký, je velmi obtížné dosáhnout v reaktoru dostatečně velké teplosměnné plochy. Naproti tomu, použije-li se teplosměnných trubek o příliš malém průměru, trvá výroba reaktoru nadmíru dlouho. Průměry teplosměnných trubek se mohou měnit od jedné komory ke druhé a/nebo od jedné soustředné částečné kružnice ke druhé.

Aby byla zajištěna rovnoměrnost proudění plynu v radiálním směru v každé z reakčních komor reaktoru podle vynálezu, je výhodné upravit v každé reakční komoře mezi vnější a vnitřní stěnou 4, 5 koše na katalyzátor alespoň jednu vříslovou válcovou děrovanou stěnu 25A (obr. 10, 11), která je sou-

středná s vnitřní a vnější stěnou 5, 4 koše na katalyzátor. Kromě toho, jak již bylo výše popsáno, jsou pro tentýž účel upraveny perforované desky 23 vymezující otvor pro průchod plynu.

Dříve, než se reaktor podle vynálezu uvede do provozu, je nutné naplnit katalyzátorem, jehož se má použít, v každé reakční komoře alespoň prostor od horní čelní plochy nejspodnějších primárních sběračů 19A po dolní čelní plochu nejvyšších primárních rozdělovačů 19A. Těmito čelními plochami nejspodnějších a nejvyšších sběračů, resp. rozdělovačů jsou plochy po obou stranách vodorovné roviny a nejbližší k ní, kterážto rovina prochází bodem pulcím reakční komory na výšku.

Zbývající prostor v komoře může být vyplněn levným zrnitým nekatalytickým materiálem. Je výhodné vyrobit horní a dolní okrajové části vnější a vnitřní stěny 4, 5 koše na katalyzátor, kteréžto dolní a horní okrajové části odpovídají prostoru naplněnému zrnitým, výše uvedeným materiálem, nepropustné pro plyny bez ohledu na to, zda horní a dolní části reakční komory jsou naplněny katalyzátorem nebo zrnitým nekatalytickým materiálem.

Jako materiálu pro konstrukci reaktoru podle vynálezu je nutno použít materiálů, které mohou úspěšně odolávat teplotám a tlakům panujícím při reakcích, které mají v reaktoru probíhat, a korozivním účinkům přiváděného reakčního plynu a plynu vzniklého jako reakční produkt. Příklady materiálů, schopných vyhovět těmto požadavkům, zahrnují uhlíkaté ocele, nízkolegované ocele obsahující nikl, chrom, mangan, molybden a podobné prvky v malých množstvích, a nerezavějící ocele obsahující alespoň jeden z výše zmíněných neželezných prvků ve větším množství.

Rovněž je možné kombinovat při výrobě jediného reaktoru tyto různé typy ocelí, přičemž se typ ocele, již se má použít pro tu kterou část reaktoru, volí v souladu s různými požadavky, které jsou na jednotlivé části reaktoru kladeny.

Reaktoru podle vynálezu je možno použít pro provádění řady reakcí, u nichž jsou suroviny i reakční produkt či produkty při reakční teplotě a tlaku v plynném stavu a v průběhu reakce nevzniká žádná tuhá látka nebo kapalina. Jako příklad těchto reakcí je možno uvést tyto exotermní reakce:

(1) Výrobu amoniaku z plynného vodíku a plynného dusíku, zejména při přetlaku až do 14,7 MPa,

(2) výrobu methanolu z plynného vodíku a plynného oxidu uhelnatého a/nebo plynného oxidu uhličitého, zejména při přetlaku až do 14,7 MPa,

(3) výrobu vyšších alifatických jednomocných alkoholů, jako je ethanol, propanol a butanol, z plynného vodíku a plynného oxi-

du uhelnatého a/nebo plynného oxidu uhličitého,

(4) výrobu methanu a vyšších uhlovodíků z plynného vodíku a plynného oxidu uhelnatého a/nebo plynného oxidu uhličitého,

(5) výrobu plynného vodíku a plynného oxidu uhličitého z plynného oxidu uhelnatého a vodní páry,

(6) výrobu chlorovaných uhlovodíků z příslušných uhlovodíků a plynného chloru,

(7) výrobu ethylenoxidu, anhydridu kyseliny maleinové, anhydridu kyseliny ftalové apod., z příslušných uhlovodíků a kyslíku,

(8) výrobu vinylchloridu z uhlovodíku, plynného chloru a/nebo plynného chlorovodíku,

(9) výrobu kyanovodíku a akrylonitrilu z uhlovodíku, amoniaku a kyslíku,

(10) výrobu nasycených uhlovodíků z příslušných nenasycených uhlovodíků a plynného vodíku,

(11) výrobu nasycených uhlovodíků alkyací nenasycených uhlovodíků a nasycených uhlovodíků,

(12) výrobu formaldehydu z methanolu a plynného kyslíku, a

(13) výrobu nasycených a nenasycených alifatických uhlovodíků a aromatických uhlovodíků z methanolu.

Jako příklady endotermních reakcí je možno uvést:

(14) výrobu plynného vodíku a plynného oxidu uhelnatého a/nebo plynného oxidu uhličitého z nasycených alifatických uhlovodíků a vodní páry, a

(15) výrobu plynného vodíku a plynného oxidu uhelnatého z methanolu.

Výše uvedené reakce se provádějí za prakticky stejných reakčních podmínek a za použití známých katalyzátorů.

Po podrobném popsání vynálezu bude odborníkům zřejmé, že je v něm možno provést mnoho změn a úprav, aniž by tím došlo k odchýlení od podstaty a rozsahu vynálezu, jak byly výše popsány.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Reaktor pro katalyzované reakce s průtokem plynných reakčních složek v radiálních směrech postupně jednotlivými naplněnými katalyzátorem, zahrnující válcový svislý vnější plášť a vrchní a spodní stěnou, kterýžto reaktor je způsoben k provádění katalyzované reakce v přítomnosti zrnitého katalyzátoru za podmínek schopných udržet jak výchozí látky pro reakci, tak reakční produkt v plynném stavu za reakčních teplot a tlaků, vyznačující se tím, že zahrnuje:

plynopropustnou válcovou vnější stěnu (4) koše na katalyzátor, upravenou uvnitř vnějšího pláště (1) a vzdálenou od vnitřní stěny vnějšího pláště (1), čímž je mezi vnitřním povrchem vnějšího pláště (1), vnějším povrchem vnější stěny (4) koše na katalyzátor, vrchní stěnou (3) pláště a spodní stěnou (2) pláště vymezen vnější, první prstencový prostor (6),

plynopropustnou válcovou vnitřní stěnu (5) koše na katalyzátor, upravenou uvnitř prostoru ohraničeného vnější stěnou (4) koše na katalyzátor a soustřednou s ní, čímž je mezi vnější stěnou (4) koše na katalyzátor, vnitřní stěnou (5) koše na katalyzátor, vrchní stěnou (3) pláště a spodní stěnou (2) pláště vymezen druhý prstencový prostor,

alespoň dvě svislé přepážkové stěny (9), upravené v různých radiálních směrech mezi vnější stěnou (4) koše na katalyzátor a vnitřní stěnou (5) koše na katalyzátor, čímž rozdělují druhý prstencový prostor v množinu oddělených komor (10, 11, 12, 13) majících ve vodorovném průřezu tvar prs-

tencových výsečí, z kterýchžto komor každá vytváří oddělenou reakční komoru, je-li naplněna zrnitým katalyzátorem,

množinu svislých teplosměnných trubek (14) v alespoň jedné z reakčních komor (10, 11, 12, 13), kteréžto trubky (14) jsou uspořádány do skupin ležících na částečných kružnicích jsou soustředné se společnou osou jak vnější stěny (4), tak vnitřní stěny (5) koše na katalyzátor, přičemž trubky (14) v každé z uvedených skupin mají stejnou radiální vzdálenost od společné osy a jsou obvodově od sebe vzdáleny, a jednotlivé skupiny trubek (14) mají od společné středové osy různou radiální vzdálenost,

alespoň jedno sběrné zařízení (19) a alespoň jedno rozdělovací zařízení (19), upravené v protilehlých krajních oblastech každé z reakčních komor, mající uvnitř teplosměnné trubky (14), a napojené na tyto trubky, procházející příslušnou reakční komorou, na protilehlých koncích těchto trubek, pro rozvádění, resp. svádění teplosměnné tekutiny procházející teplosměnnými trubkami (14),

alespoň jedno přívodní zařízení (20) a alespoň jedno odváděcí zařízení (20) pro teplosměnnou tekutinu, která jsou spojena s rozdělovacím zařízením (19), resp. se sběrným zařízením (19),

alespoň jedno plnicí zařízení (21) a alespoň jedno vyprazdňovací zařízení (22) pro katalyzátor, upravená u každé z reakčních komor (10, 11, 12, 13),

alespoň jednu radiálně probíhající svislou dělicí stěnu (15, 16), upravenou v alespoň jednom prvním prstencovém prostoru

[6], resp. v prostoru [7] uvnitř vnitřní stěny [5] koše na katalyzátor, přičemž každá z těchto dělicích stěn [15, 16] je upravena k řízení směru toku reakčního plynu tak, že tento plynný proud je nucen procházet postupně po sobě alespoň dvěma z reakčních komor v radiálních směrech střídavě radiálně směrem dovnitř v jedné komoře a

směrem ven ve druhé následné komoře, takže směr proudění plynu v první komoře je radiálně směrem ven, když se plynný proud přivádí v radiálně vnitřním konci komory, kdežto směr proudění plynu v první komoře je radiálně směrem dovnitř, když se plynný proud přivádí v radiálně vnějším konci komory, a

alespoň jeden vstup [17] přiváděného reakčního plynu a alespoň jeden výstup [18] plynu vzniklého jako produkt, napojené na reakční komory.

2. Reaktor podle bodu 1, vyznačující se tím, že dále zahrnuje další, nejvíce vně upravenou tlakovou nádobu [51] obsahující uvnitř vnější plášť (1) reaktoru.

3. Reaktor podle bodu 1, vyznačující se tím, že dále zahrnuje alespoň jednu svislou vnitřní válcovou hradicí stěnu [8], upravenou uvnitř v prostoru [7] ohraničeném vnitřní stěnou [5] koše na katalyzátor a radiálně od ní vzdálenou, která rozděluje prostor [7], vymezený uvnitř vnitřní stěny [5] koše na katalyzátor, v alespoň dvě oddělené vnitřní komory.

4. Reaktor podle bodu 1, vyznačující se tím, že dále zahrnuje zařízení pro výměnu tepla upravené v jedné z uvedených vnitřních komor, kterážto vnitřní komora se nachází uvnitř prostoru ohraničeného hradicí stěnou [8], v kterémžto teplosměnném zařízení se předeřívají přiváděné plynné výchozí látky teplem z plynu vzniklého jako reakční produkt, který má vyšší teplotu než přiváděné plynné výchozí látky.

5. Reaktor podle bodu 1, vyznačující se tím, že dále zahrnuje teplosměnné zařízení upravené v alespoň jedné z komor, jiné než uvedené reakční komory, v kterémžto teplosměnném zařízení se zahřívají přiváděné plynné výchozí látky teplem z plynu vzniklého jako reakční produkt, který má vyšší teplotu než přiváděné plynné výchozí látky.

6. Reaktor podle bodu 1, vyznačující se tím, že teplosměnným zařízením je deskový výměník tepla.

7. Reaktor podle bodu 1, vyznačující se tím, že každé ze sběrných a rozdělovacích zařízení [19] zahrnuje trubkové členy s kruhovým nebo pravoúhlým průřezem.

8. Reaktor podle bodu 1, vyznačující se tím, že alespoň jedno ze sběrných a rozdělovacích zařízení zahrnuje dvě desky [19D, 19E] uspořádané rovnoběžně a vzájemně spojené za vzniku sběrného nebo rozdělovacího zařízení.

9. Reaktor podle bodu 1, vyznačující se

tím, že v uvedeném uzavřeném sběrném, resp. rozdělovacím zařízení jsou upraveny svislé trubkové otvory [19F] procházející tímto zařízením, takže katalyzátor může propadávat těmito otvory.

10. Reaktor podle bodu 1, vyznačující se tím, že radiální vzdálenost mezi vnější stěnou [4] koše na katalyzátor a k ní nejbližší soustřednou částečnou kružnicí, na níž jsou uspořádány teplosměnné trubky [14], dále vzdálenosti mezi sousedícími soustřednými částečnými kružnicemi, na nichž jsou uspořádány teplosměnné trubky [14], a vzdálenost mezi nejvnitřnější soustřednou částečnou kružnicí, na níž jsou uspořádány teplosměnné trubky [14], a vnitřní stěnou [5] koše na katalyzátor, jsou v jednotlivých reakčních komorách [10, 11, 12, 13] shodné nebo různé a jsou v rozmezí 50 až 500 mm.

11. Reaktor podle bodu 1, vyznačující se tím, že vzdálenosti mezi jednotlivými středovými osami sousedícími teplosměnných trubek [14] na téže soustředné částečné kružnici v téže reakční komoře je stejná a má u jednotlivých částečných kružnic v jednotlivých reakčních komorách hodnotu v rozmezí 20 až 200 mm.

12. Reaktor podle bodu 1, vyznačující se tím, že vnější průměry teplosměnných trubek [14] jsou stejné nebo různé v rozmezí 10 až 100 mm.

13. Reaktor podle bodu 1, vyznačující se tím, že rozdělovací zařízení [19] je spojeno jednak se vstupními konci teplosměnných trubek [14] pro teplosměnnou tekutinu, jednak s přívodním zařízením [20] pro tuto tekutinu, a sběrné zařízení [19] je spojeno jednak s výstupními konci teplosměnných trubek [14] pro teplosměnnou tekutinu, jednak s odváděcím zařízením [20] této tekutiny.

14. Reaktor podle bodu 1, vyznačující se tím, že dále zahrnuje alespoň jednu svislou válcovou děrovanou desku [25A] soustřednou s oběma stěnami [4, 5] koše na katalyzátor a upravenou ve druhém prstencovém prostoru mezi těmito stěnami [4, 5], kterážto děrovaná deska [25A] je uzpůsobena k rovnoměrnému rozdělování plynného proudu procházejícího komorami [10, 11, 12, 13] do všech radiálních směrů uvnitř každé z těchto komor.

15. Reaktor podle bodu 1, vyznačující se tím, že dále zahrnuje alespoň jednu svislou, v radiálním směru upravenou perforovanou desku [23] v jednom z uvedených vnějších prstencových prostorů, které nutí plynný proud protékat obvodovým směrem otvory, vytvořenými perforací této desky [23] a jež tvoří radiální prodloužení s ní spojené přepážkové stěny [9].

16. Reaktor podle bodu 1, vyznačující se tím, že sběrná zařízení [19] a rozdělovací zařízení [19] jsou uspořádána střídavě v různých svislých výškách.

17. Reaktor podle bodu 1, vyznačující se

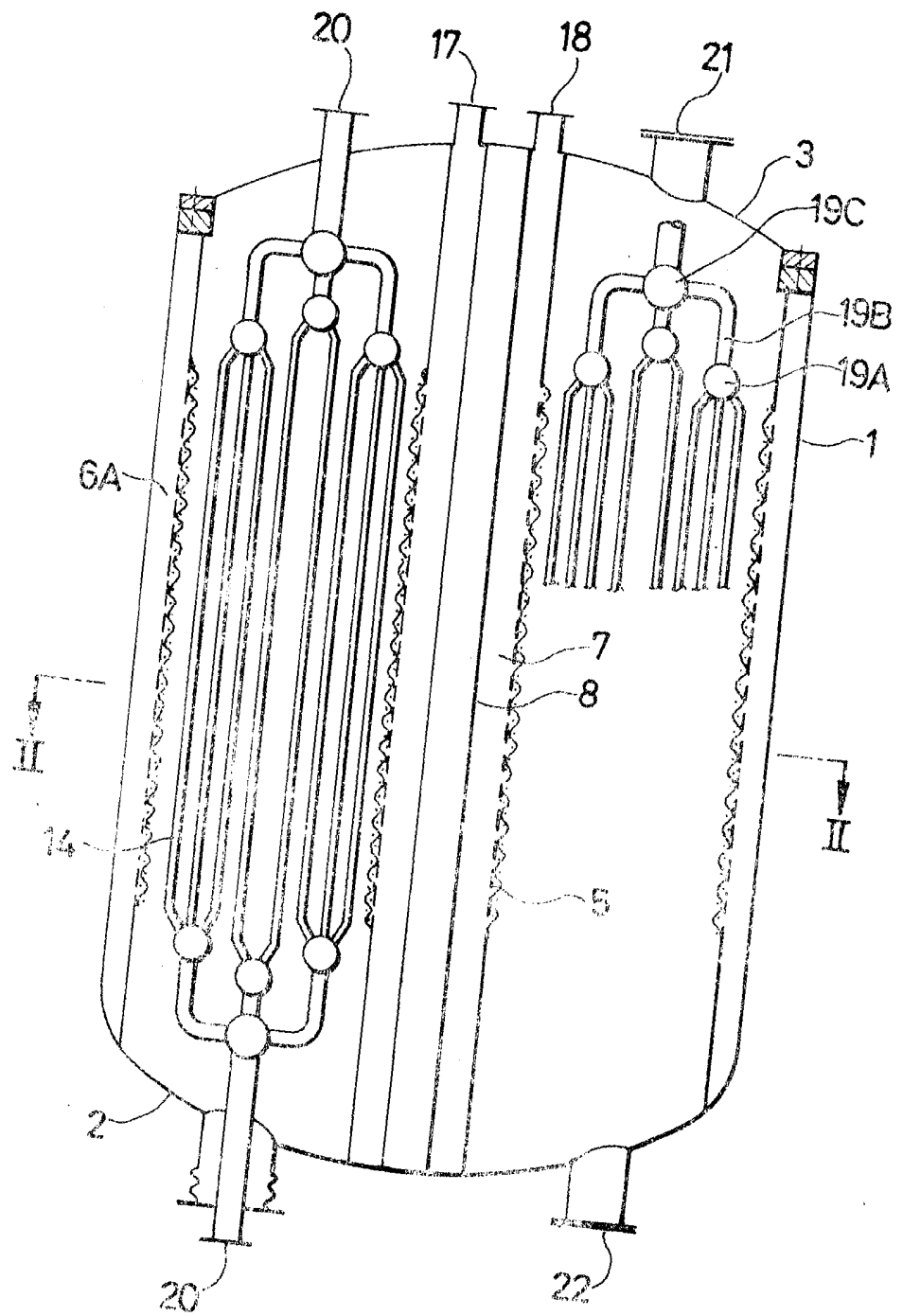
tím, že v prostoru nad dolním koncem nejníže umístěného rozdělovacího zařízení (19) v horní části každé reakční komory obsahující teplosměnné trubky (14) a v prostoru pod horním koncem nejvýše umístěného sběrného zařízení (19) v dolní části

každé reakční komory obsahující teplosměnné trubky (14) je umístěn katalyticky neúčinný zrnitý materiál a ve zbývajícím prostoru v každé reakční komoře je umístěn zrnitý katalyzátor.

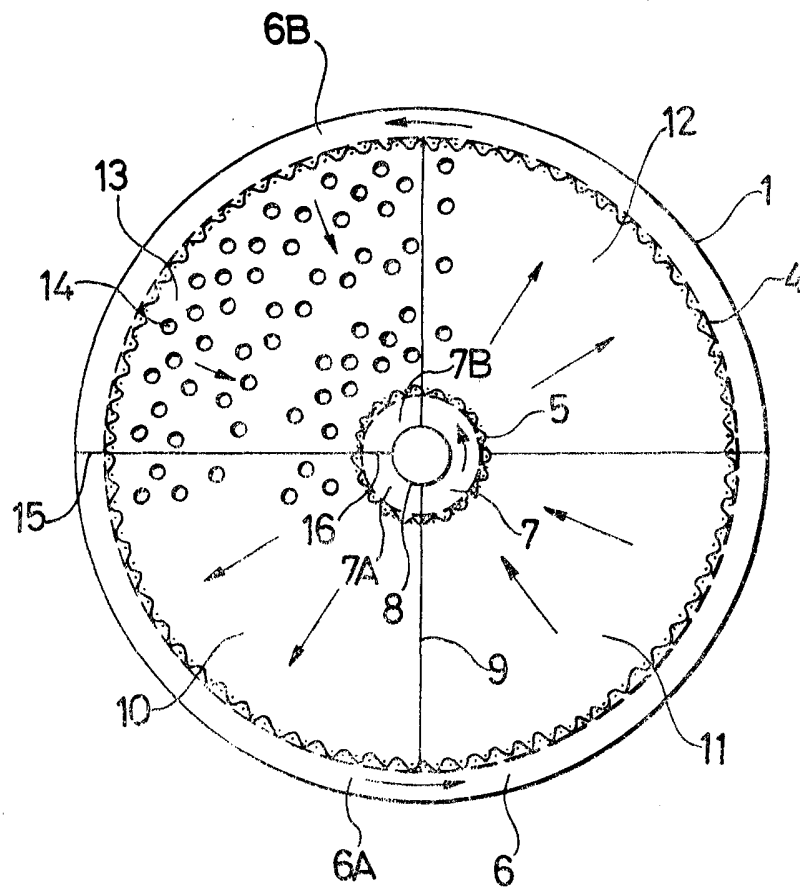
11 listů výkresů

258104

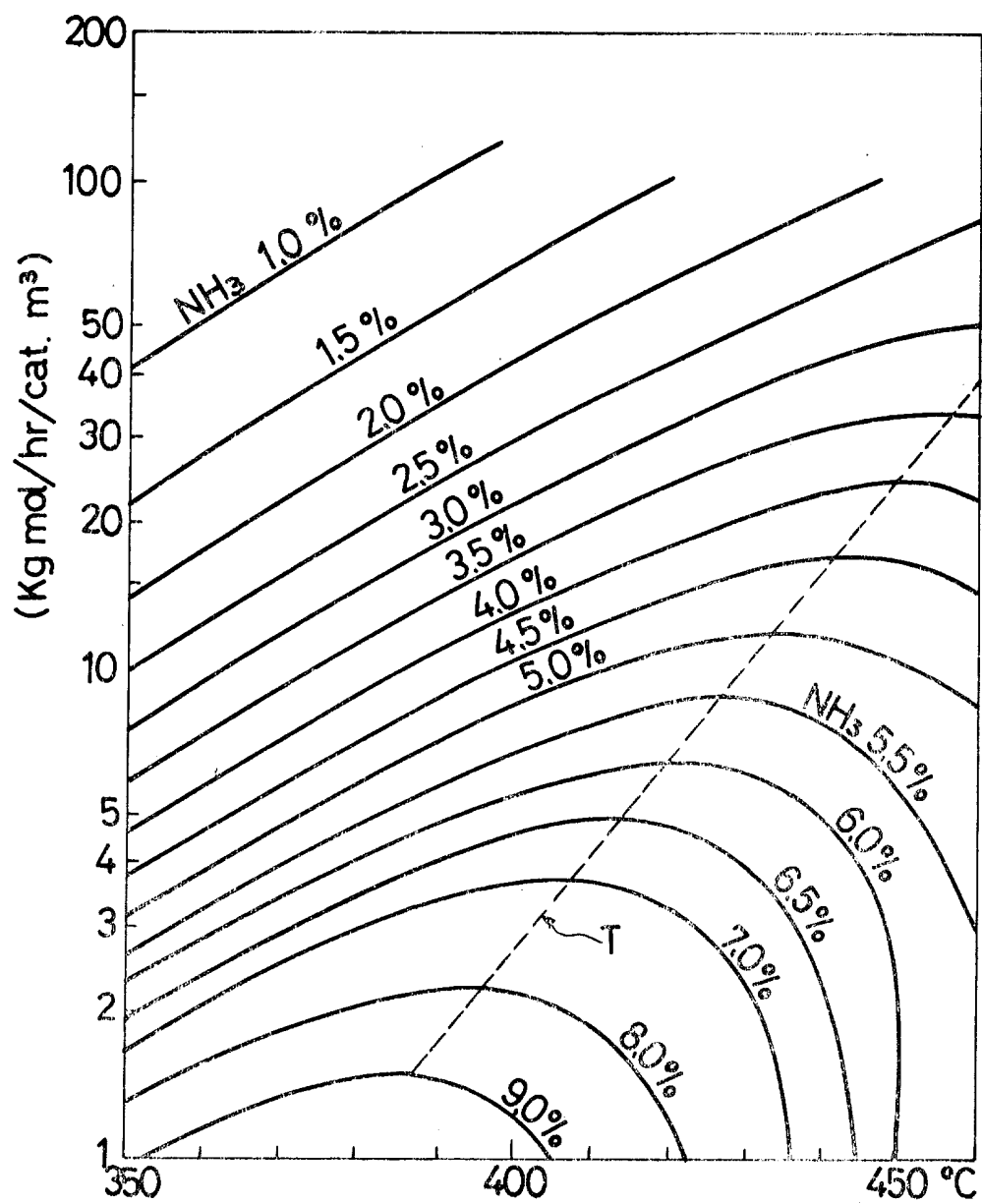
Obz. 1



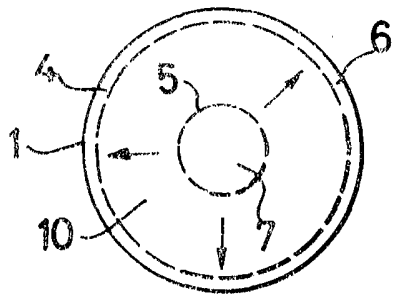
Obr. 2



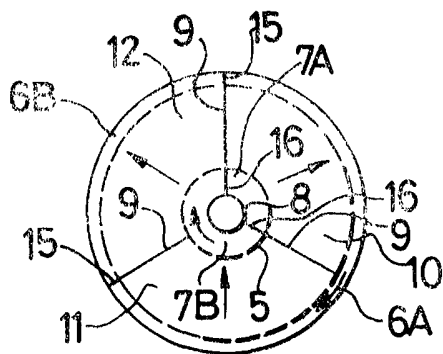
Obr. 3



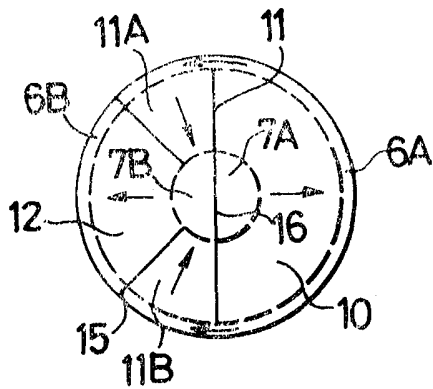
Obv. 4A



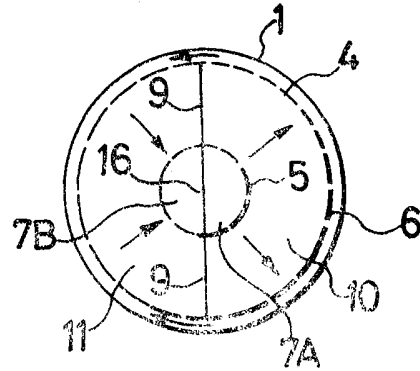
Obv. 4C



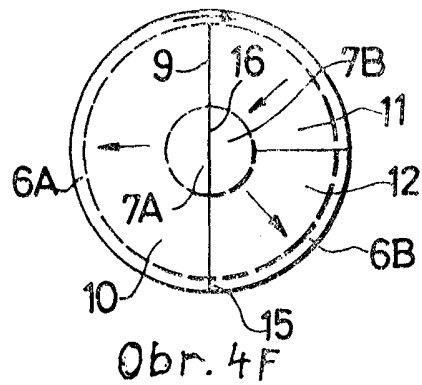
Obv. 4E



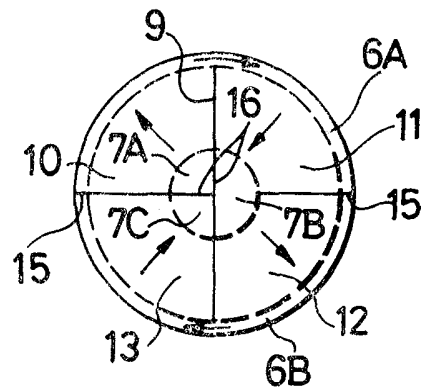
Obv. 4B



Obv. 4D

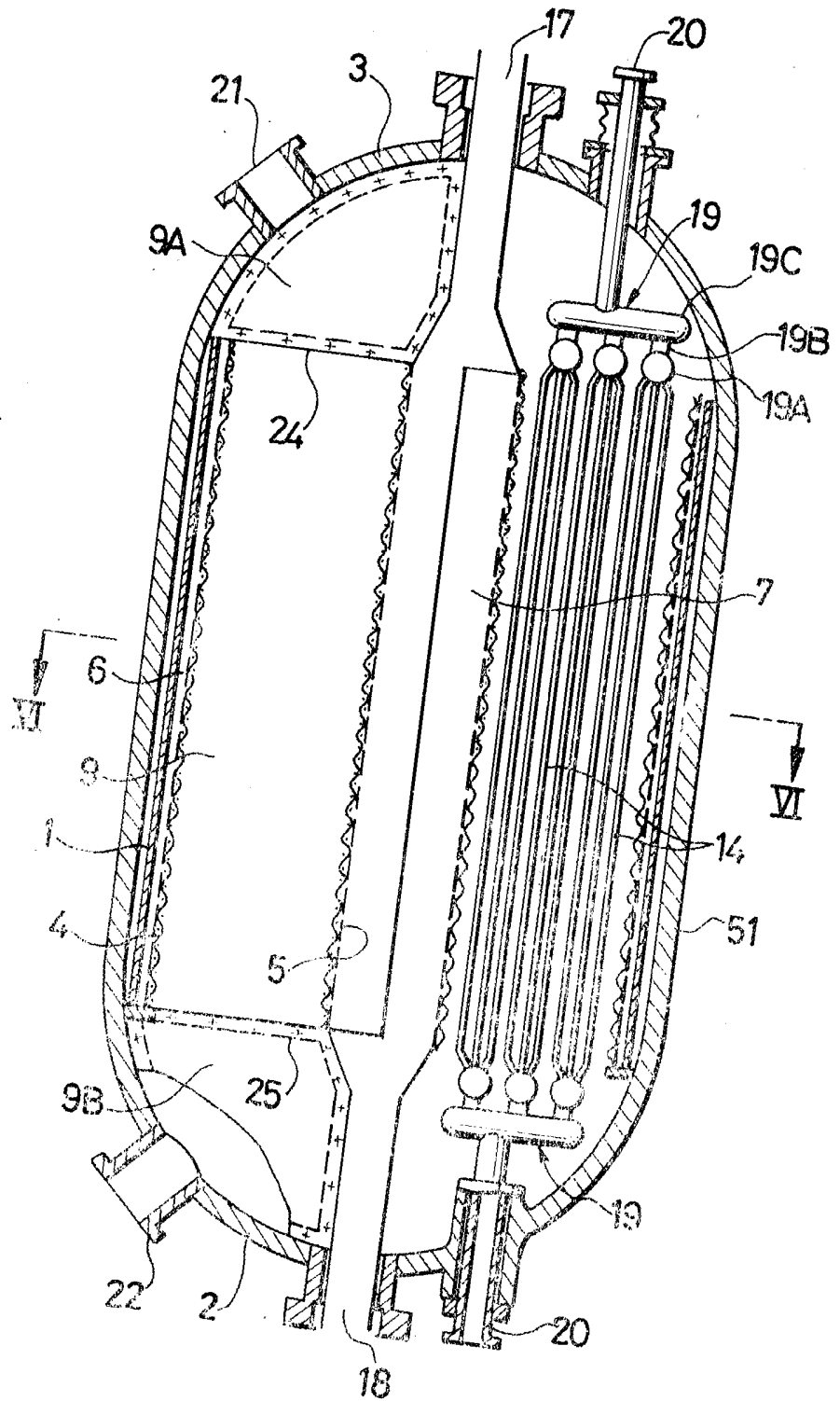


Obv. 4F

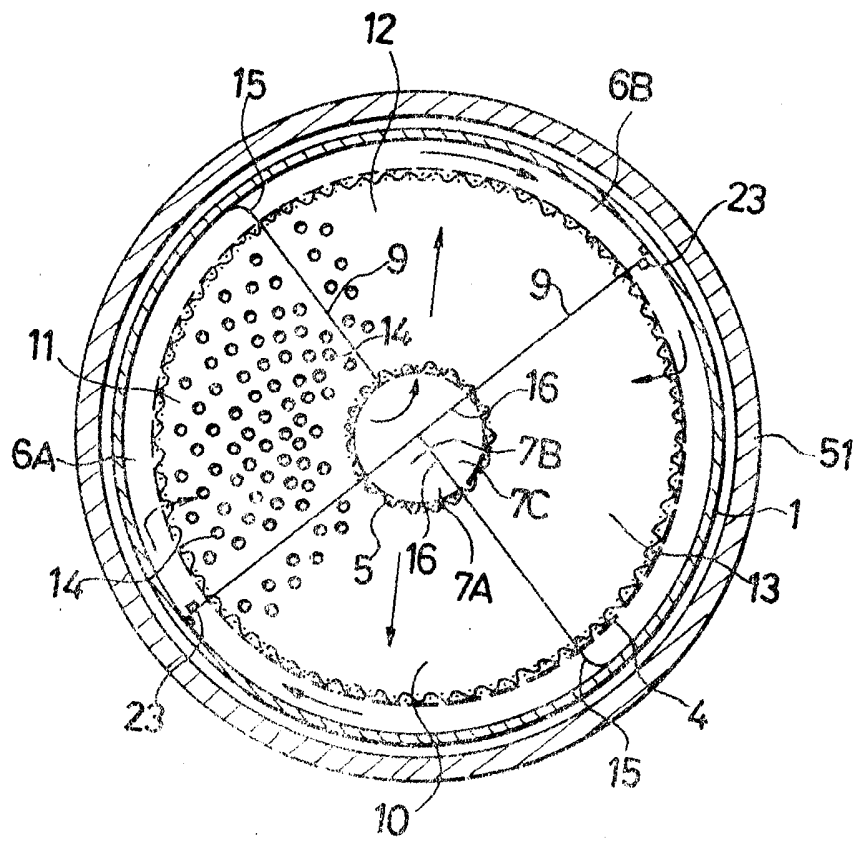


258104

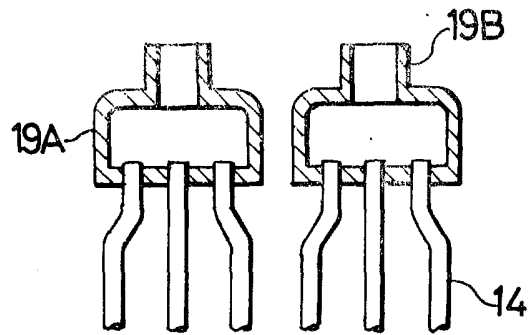
Obr 5



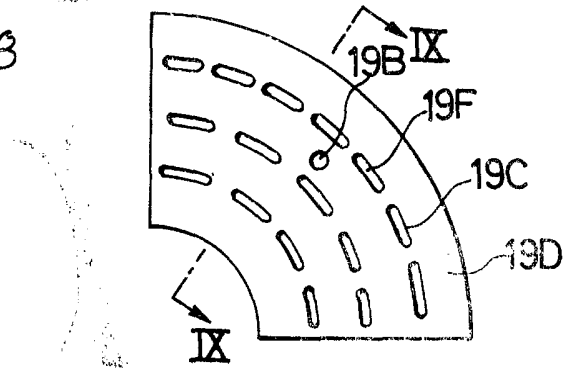
Obr. 6



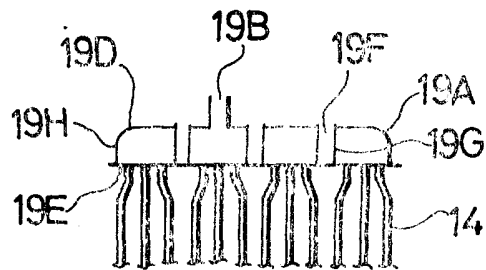
Obr. 7



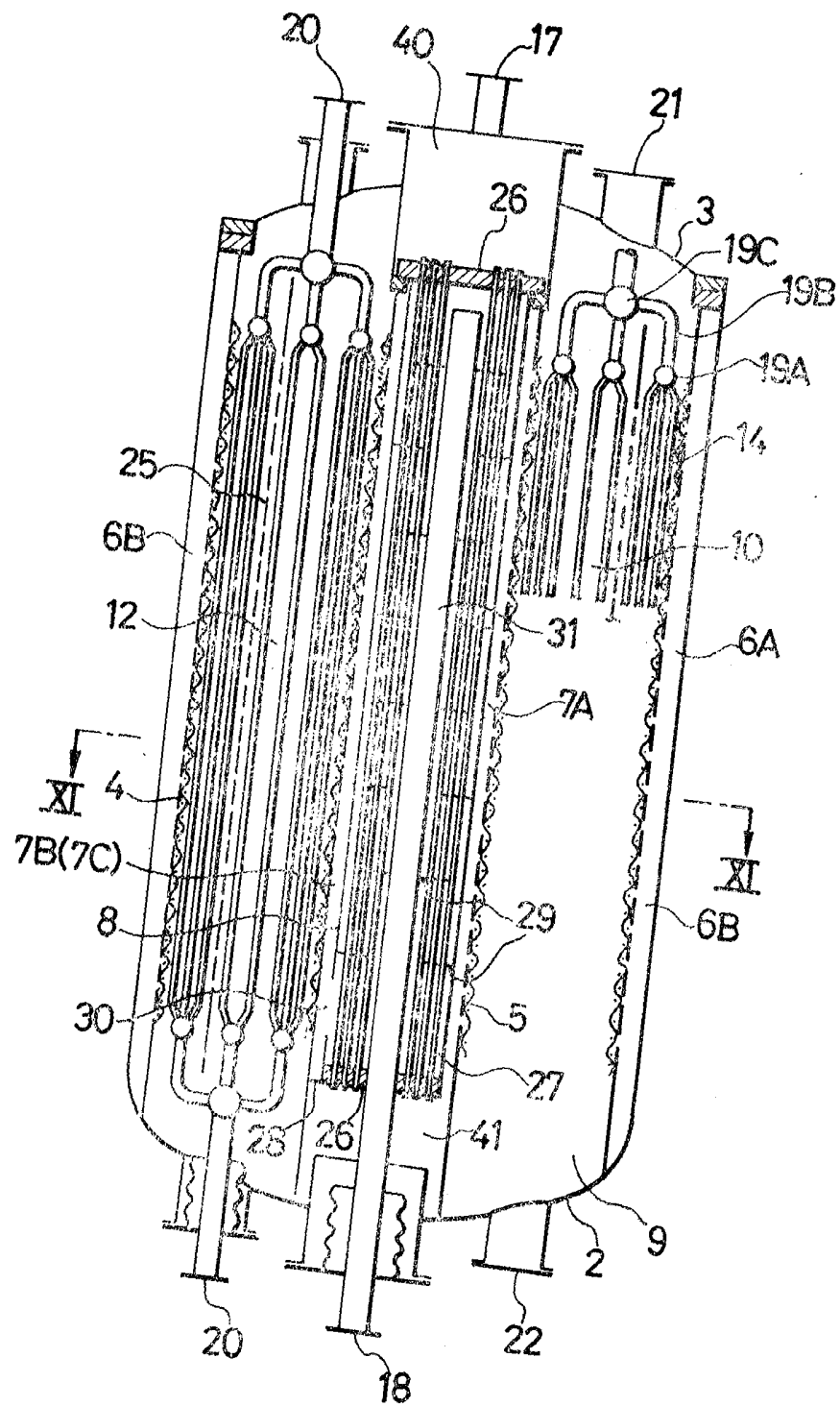
Obr. 8



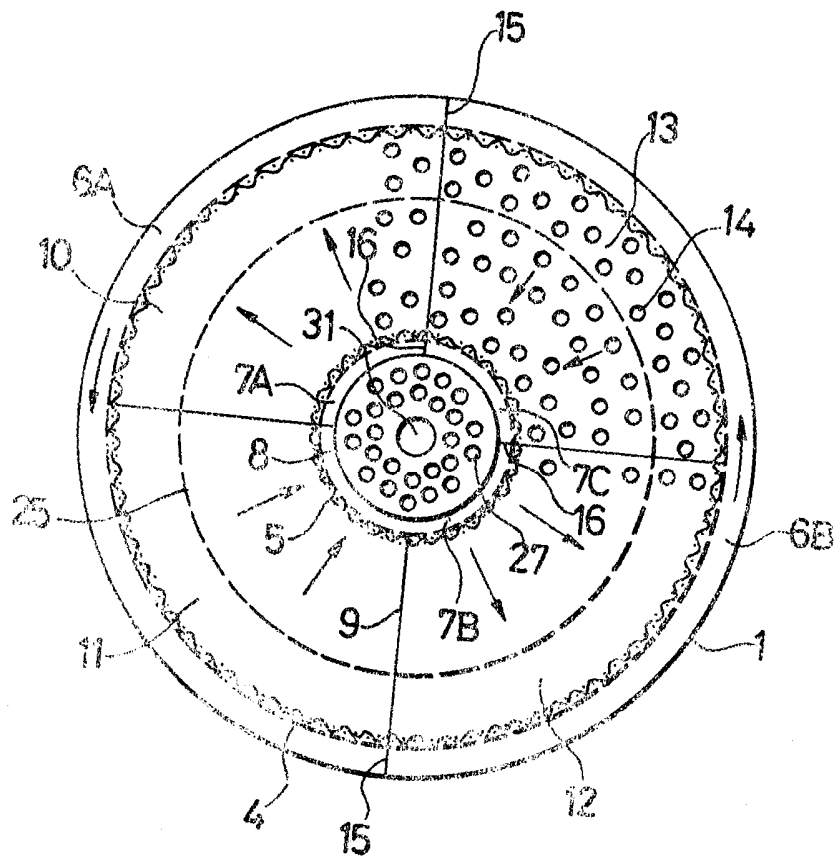
Obr. 9



Obr. 10



Obr. 11



Obr. 12

