



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K PATENTU

221542
(11) (B2)

(51) Int. Cl.³
C 01 C 1/04
C 07 C 27/00

(22) Přihlášeno 01 04 80

(21) [PV 2260-80]

(32) (31) (33) Právo přednosti od 03 04 79
(39306) Japonsko

(40) Zveřejněno 15 09 82

(45) Vydáno 15 02 86

(72)

Autor vynálezu

OHSAKI KOZO, FUNABASHI, ZAMMA JUN, YACHIYO, KOBAYASHI
YUKIHIRO, CHIBA, WATANABE HIROSHI, ZUSHI (Japonsko)

(73)

Majitel patentu

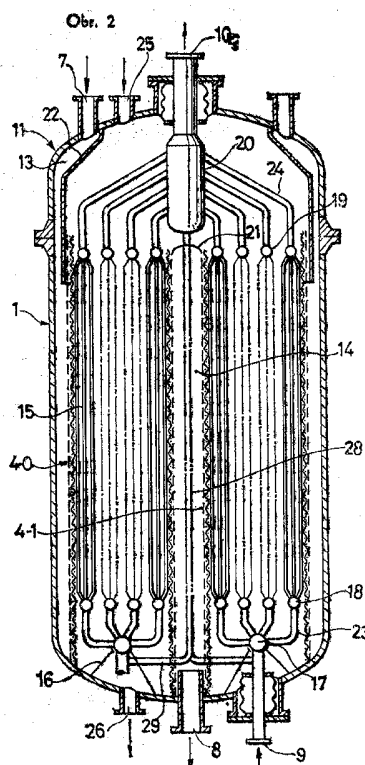
TOYO ENGINEERING CORPORATION, TOKIO (Japonsko)

(54) Způsob exotermní konverze

1

Způsob exotermní konverze plynných surovin ve styku s vrstvou tuhého katalyzátoru vytvořenou ve vertikální válcovité reakční nádobě, při němž plynné suroviny procházejí jen jednou a v podstatě v radiálním směru vrstvou katalyzátoru. Vrstva katalyzátoru je tvořena jednou vrstvou. Ve vrstvě katalyzátoru jsou vertikálně uspořádány chladicí trubky, kterými prochází chladicí prostředek. Předložený způsob může dosáhnout optimálního rozdělení teploty ve vrstvě katalyzátoru.

2



Vynález se týká zlepšeného postupu exotermní konverze plyných surovin jejich stykem s katalyzátorem.

Konverzní reakce prováděná stykem plyného výchozího materiálu s tuhým katalyzátorem za vhodného tlaku se nyní používá pro syntézu amoniaku, syntézy methanolu, methanaci a jiné různé účely.

V mnoha případech je tato konverzní reakce exotermní reakcí prováděnou za vyššího tlaku, než je tlak atmosférický. V soulase s tím se teplota plynu a katalyzátoru extrémně zvyšuje teplem reakce, což má za následek snižování výkonu katalyzátoru a snižování koncentrace požadovaného produktu vzhledem k chemické rovnováze. Tudíž takovéto přílišné zvýšení teploty plynu a katalyzátoru by nemělo být dovolováno a dosud bylo věnováno mnoho důmyslu pro dosažení tohoto cíle.

Nejpopulárnějším způsobem odstraňování tepla reakce je využití tepla reakce pro předehřívání výchozího plynu, který se má přivádět do vrstvy katalyzátoru.

Konkrétněji podle tohoto způsobu se provádí výměna tepla mezi plynem o vysoké teplotě přítomným ve vrstvě katalyzátoru nebo pouštějícím vrstvu katalyzátoru, a plynem o nízké teplotě, který se přivádí do vrstvy katalyzátoru, aby se zvýšila teplota plynu přiváděného do vrstvy katalyzátoru na úroveň nutnou pro zahájení reakce. Obvykle se výměna tepla provádí za v podstatě stejného tlaku jako je reakční tlak a katalyzátor a výměník tepla mezi plyny jsou uspořádány v jedné reakční nádobě.

Při tomto způsobu pro předehřívání přiváděného plynu využitím reakčního tepla je množství reakčního tepla větší, než je množství tepla potřebného pro předehřátí a ve vrstvě katalyzátoru je teplota na výstupní straně mnohem vyšší, než je teplota na vstupní straně.

Dosud se nemohlo dosáhnout žádné dostatečné výhody získané pokud jde o výše uvedenou účinnost katalyzátoru nebo chemickou rovnováhu. Navíc je tento způsob nedokonalý v tom, že je nutné další zařízení pro získání přebytku reakčního tepla v dostatečném množství a hladina získané tepelné energie se snižuje.

Dalším způsobem pro odstraňování reakčního tepla, který se často používá, je odstraňování reakčního tepla odpařováním kapaliny za příslušného tlaku.

Jako kapalina, která se má odpařit, se z praktického hlediska nejlépe hodí voda, ačkoli Dowtherm nebo směs uhlovodíků, které mají vhodný bod varu, se také mohou použít.

Při tomto postupu je podstatné, že kapalina je odpařována pod tlakem zajišťujícím příslušný bod varu nižší, než je teplota katalyzátoru, aby se předešlo přílišnému zvýšení teploty katalyzátoru a reakční teplo se odstraňuje odpařováním chladicí kapaliny.

Běžně je tlak v chladicí kapalině nižší,

než tlak plynu a reakční nádoba, která má konstrukci, jak je znázorněno v obr. 1 znázorňujícím její vertikální řez, se používá v tomto případě.

S odkazem na obr. 1 vrchní trubkovnice 2 a spodní trubkovnice 3 jsou plynotěsně připevněny k tlakovému plášti 1 a velký počet trubek 5 je plynotěsně připevněn k vrchní trubkovnici 2 a spodní trubkovnici 3. Síť 4 je uspořádána pod trubkovnicí 3, aby nesla katalyzátor a vrstva katalyzátoru 6 je naplněna uvnitř každé z trubek 5.

Plyn stlačený na reakční tlak a předehřátý na příslušnou teplotu se zavádí za vstupu 7 plynu, prochází vrstvou katalyzátoru 6 a dává se do dalšího stupně z výstupu 8 plynu. Zatímco plyn prochází vrstvou katalyzátoru, uskutečňuje se konverzní reakce a teplo vytvořené touto reakcí se převádí vrstvou katalyzátoru 6 a stěnou každé z trubek 5 do chladicí kapaliny přiváděné ze vstupu 9 chladicí kapaliny do prostoru mezi tlakovým pláštěm 1 a trubkovnicemi 2 a 3 vně trubek 5 a reakční teplo se odstraňuje varem a odpařením chladicí kapaliny. Chladicí kapalina se vypouští z výstupu 10 ve formě páry nebo ve formě směsi kapaliny a páry a teplo v páře nebo ve směsi kapaliny a páry se využije pro zajištění požadovaného účelu, například pohánění turbíny pro stlačování výchozího plynu.

Reakční nádoba tohoto typu odpařování chladicí kapaliny je výhodnější než výše uvedená reakční nádoba typu výměny tepla mezi dvěma plyny pokud jde o zábranu přílišného zvýšení teploty katalyzátoru a účinné využití reakčního tepla.

Ovšem z hlediska současně zvýšené důležitosti úspory energie a nutnosti zvýšení rozměru jednoho reaktoru vyvstává nový problém v reakční nádobě typu odpařování chladicí kapaliny.

Prvním problémem je to, že se pro zvýšení stupně účinného využití reakčního tepla požaduje vyšší teplota páry a vyšší tlak páry. Například, když je vytvořena pára vodní párou a zavádí se do turbíny, aby se převedla na mechanickou energii, vodní pára udržovaná na přetlaku 9,8 MPa a teplotě 480 °C se expanduje na tlak 3,92 MPa, čímž se získá energie asi 50 kWh na tunu vodní páry. Jestliže je však tlak vytvořené vodní páry 3,92 MPa, pak se energie, odpovídající tomuto přetlaku páry, nezíská. Konstrukce znázorněná v obr. 1 není vhodná pro velkorozměrovou reakční nádobu, když se požaduje vysoký tlak vytvořené páry.

Druhým problémem je to, že se sníží reakční tlak. Například při výrobě amoniaku nebo methanolu se obvykle používá přetlak 9,8 MPa až 29,4 MPa pro konverzní reakci. V tomto případě je nutné stlačit surový plyn z přetlaku 1,96 MPa až 3,92 MPa ve stupni tvorby plynu, na úroveň 9,8 MPa až 29,4 MPa. Jestliže se tlak pro konverzní re-

akci sníží pod 9,8 MPa, pak se musí značně snížit síla potřebná pro toto stlačení. Z důvodu chemické rovnováhy je snížení reakčního tlaku možné, jestliže je dostupný katalyzátor, který má vysokou aktivitu při nízké teplotě.

Dále je známo, že čím nižší je teplota a tlak konverzní reakce, tím větší je množství tepla vytvořeného touto reakcí, a že snížení účinnosti přílišného zvýšení teploty je zřejmé u katalyzátoru, který vykazuje katalytickou účinnost při nízké teplotě.

Proto, aby se vyřešil tento druhý problém, je nutné zvýšit průřezovou plochu průchodu plynu pro proudění nízkotlakého a velkoobjemového surového plynu a úplné řízení teploty uvnitř katalyzátoru. Toho lze však těžko dosáhnout konstrukcí reakční nádoby obsahující vrstvu katalyzátoru uspořádanou v trubce, jak je znázorněno v obr. 1.

Třetí problém vyvstává se vzrůstem rozměru jednoho reaktoru. Zejména u reakční nádoby znázorněné v obr. 1, aby se předešlo netěsnosti mezi chladicím prostředkem a reakčním výtokovým plynem, který má rozdílný tlak, je nutné upevnit trubky 5 plynotěsně k trubkovnici 2 a 3 a také upevnit plynotěsně trubky 2 a 3 k tlakovému plášti 1 svařováním nebo jinými prostředky. Protože je však teplota trubek 5 rozdílná od teploty tlakového pláště 1, mění se vertikální délka mezi trubkovnicí 2 a 3 vzhledem k rozdílu tepelné expanze během operace.

Dokonce, když se použije kovový materiál, který má koeficient tepelné roztažnosti rovný koeficientu tepelné roztažnosti materiálu tlakového pláště 1 a tento materiál se použije pro trubku 5, jak je uvedeno v japonském zveřejňovacím spisu přihlášky vynálezu č. 49 707/73 vytvoří se velké tepelné napětí v trubkovnicích 2 a 3. Toto tepelné napětí se zvýší, jak se zvyšuje průměr a délka reaktoru.

Tudíž konstrukce velkorozměrového reaktoru se stává obtížnou.

Jestě dalším problémem je to, když se tlak na straně chladicího prostředku zvýší a tlak na výpustní straně se sníží pro úsporu energie jak bylo dříve poukázáno, pak je nutné zvýšit tloušťku tlakového pláště 1, trubkovnic 2 a 3, trubek 5, což má za následek vážné ekonomické nevýhody v případě velkorozměrové reakční nádoby.

Cílem předloženého vynálezu je vytvořit zlepšený postup pro katalytickou reakci v plynné fázi, při němž se může zajistit zvýšený zisk tepla. Dalším cílem předloženého vynálezu je vytvořit zlepšený postup pro katalytickou reakci v plynné fázi, při němž se může dosáhnout optimálního rozdělení teploty v katalytické vrstvě.

Jiné a další cíle tohoto vynálezu budou zjevné z následujícího popisu.

Předmětem předloženého vynálezu je způsob exotermní konverze plynných surovin ve styku s vrstvou tuhého katalyzátoru vy-

tvořenou mezi válcovou obvodovou vložkou katalyzátoru a válcovou střední vložkou katalyzátoru ve vertikálním válcovém reaktoru, při němž procházejí plynné suroviny prakticky radiálním směrem skrze vrstvu katalyzátoru, ve které jsou uspořádány vertikálně podélné chladicí zóny o relativně malém průměru a chladicí prostředek prochází těmito chladicími zónami k odstranění tepla vytvořeného reakcí probíhající ve vrstvě katalyzátoru, jehož podstata spočívá v tom, že vrstva katalyzátoru se vytvoří z jediné vrstvy a plynné suroviny procházejí jen jedenkrát vrstvou katalyzátoru v radiálním směru od obvodu směrem ke středu nebo v opačném směru.

Vynález bude dále popsán s odkazem na připojené výkresy, v nichž obr.

obr. 1 je schéma znázorňující vertikální řez známou reakční nádobou;

obr. 2 je schéma znázorňující vertikální řez jedním provedením reakční nádoby podle předloženého vynálezu;

obr. 3 je zvětšené znázornění ukazující jeden příklad uspořádání střední a obvodové vložky katalyzátoru v reakční nádobě znázorněné v obr. 2

obr. 4 je pohled znázorňující horizontální řez jedním příkladem obvodové vložky katalyzátoru znázorněném v obr. 3;

obr. 5 je zobrazení znázorňující příklady konstrukcí obvodové a střední vložky katalyzátoru;

obr. 6 je pohled znázorňující horizontální řez jedním příkladem této střední vložky katalyzátoru;

obr. 7 je zobrazení znázorňující vertikální řez střední vložkou katalyzátoru;

obr. 8 je schéma znázorňující konkrétní provedení, ve kterém je výměník tepla přehřátého plynu uspořádán v prostoru střední části reakční nádoby předloženého vynálezu.

Nyní bude popsán náčrt reakční nádoby podle předloženého vynálezu s odkazem na obr. 2.

Výchozí plyn stlačený na nutný tlak a přehřátý na příslušnou teplotu se zavede do válcovité reakční nádoby ze vstupu 7 plynu. Po vyrovnání tlaku v prostoru 13 vymezeném stěnou 22 přepážky v části uvnitř tlakového pláště 1, plyn projde mnoha otvory vytvořenými na obvodové vložce katalyzátoru 4—0 uspořádané přilehle k vnitřní ploše tlakového pláště 1, přičemž prochází dolů do prostoru majícího prstencový horizontální průřez na této straně vnitřní plochy tlakového pláště 1.

Pak se plyn zavede do vrstvy katalyzátoru, naplněné v prostorech vytvořených mezi velkým počtem chladicích trubek vertikálně uspořádaných a provádí se konverzní reakce, zatímco plyn se pohybuje v podstatě horizontálně směrem ke středu. Pak zreagovaný plyn projde otvory vytvořenými ve vnitřní vložce katalyzátoru 4—1 uspo-

řádané přilehle k vnitřní straně chladicích trubek skupiny umístěné nejtěsněji ke středu reakční nádoby. Plyn se shromáždí ve středním vyrovnávacím prostoru 14 tlaku, který je vytvořen ve střední části reakční nádoby a je oddělen od vrchního prostoru přepážkovou deskou 21 a vypouští se z reakční nádoby výstupem 8 plynu.

Chladicí prostředek udržovaný na požadované teplotě a tlaku se zavádí ze vstupu 9 ve formě vzestupného proudu do prstencové první rozváděcí trubky 17 a pak se rozdělí a zavede trubkami 23 připojenými k první rozváděcí trubce 17 do sekundárních rozváděcích trubek 18, které jsou soustředně uspořádány. Pak chladicí prostředek stoupá do velkého počtu chladicích trubek 15 připojených k druhým rozváděcím trubkám 18.

Chladicí prostředek stoupající v každé chladicí trubce 15 absorbuje teplo vytvořené konverzní reakcí ve vrstvě katalyzátoru uložené vně chladicích trubek 15 a část chladicího prostředku se odpaří a vytvoří se směs plynu a kapaliny. Pak se směs plynu a kapaliny zavede do velkého počtu sběrných trubek 19 uspořádaných soustředně nad vrstvou katalyzátoru a shromáždí se v druhé sběrné trubce 20 pomocí trubek 24 připojených k prvním sběrným trubkám 19.

Pak se chladicí prostředek vypouští z reakční nádoby výstupem 10 chladicího prostředku. Chladicí prostředek vypouštěný z reakční nádoby, který je ve formě směsi kapaliny a páry se zavede do separátoru plynu a kapaliny a tam se rozdělí na páru a kapalinu. Kapalina se vrací bez chlazení do vstupu 9 pro recirkulaci nuceně pomocí čerpadla nebo přirozeně pomocí gravitace bez použití čerpadla.

Vysoký tlak a vysoká teplota oddělené páry se využívají pro požadovaný účel. Protože tento stupeň se provádí známým způsobem, je v obr. 2 vynechán.

Charakteristické rysy předloženého vynálezu, který byl dosud načrtnut, budou nyní popsány detailně.

Prvním charakteristickým rysem předloženého vynálezu je to, že ačkoli se pro odstraňování tepla použijí svazky trubek, nepoužívají se trubkovnice. Když se použijí trubkovnice při výše uvedeném uspořádání chladicích trubek podle předloženého vynálezu, měl by se použít tlustý, vysoce kvalitní materiál, který má vysokou pevnost tahu pro tyto trubkovnice a jsou požadovány obtížné operace jako je vytváření průchozích otvorů na trubkovnicích, zavádění trubek do těchto průchozích otvorů a sváření těchto trubkovic s tlakovým pláštěm.

V předloženém vynálezu může být uspořádan materiál, který se má použít pro trubkovnice a může být snížen počet stupňů zpracování.

Druhým charakteristickým rysem předloženého vynálezu je to, že chladicí průchod

tvořený hlavně trubkovitými členy nemusí být připevněn k tlakovému plášti a známý výsuvný prostředek zabraňující netěsnostem ucpávkového typu nebo typu rozpínacích vlnovců je uspořádán jen v té části, kde vstup 9 chladicího prostředku a výstup 10 pronikají vrchním a spodním víkem tlakového pláště 1.

Protože průměr této části je mnohem menší než průměr připojení trubkovnice 2 nebo 3 k tlakovému plášti 1, kde by takový výsuvný prostředek měl být uspořádán, je opatření takového výsuvného prostředku značně usnadněno v předloženém vynálezu. Není tudíž nutné, aby koeficient tepelné roztažnosti materiálu teplosměnných trubek byl stále stejný jako koeficient tepelné roztažnosti materiálu tlakového pláště.

Třetím charakteristickým rysem předloženého vynálezu je to, že teplota v příslušných polohách vrstvy katalyzátoru podél směru proudění plynu, to je rozložení teploty, může být nastavena mnohem těsněji k optimální hodnotě, než v známé reakční nádobě znázorněné v obr. 1. Konkrétněji řečeno, ve známé reakční nádobě znázorněné v obr. 1 vnější plochy každé trubky 5 přicházejí do styku s chladicím prostředkem udržovaným na teplotě varu a rozdíl teploty varu v příslušných polohách ve vertikálním směru je velmi malý. Je tudíž nemožné konstruovat reakční nádobu tak, aby teplota v každé poloze vrstvy katalyzátoru byla udržována na požadované hodnotě, poněvadž oblast přestupu tepla v příslušných polohách jsou v podstatě stejné, ačkoli se množství tepla, vytvořeného reakcí mění v těchto příslušných polohách, jak plyn proudí ve vrstvě 6 katalyzátoru v každé trubce 5.

Na rozdíl od toho v reakční nádobě podle předloženého vynálezu, protože plyn proudí vrstvou katalyzátoru v horizontálním směru, zakřížení chladicích trubek 15 v podstatě v pravém úhlu může být rozložení teploty v příslušných polohách katalyzátoru podél proudění plynu udržováno na optimální hodnotě vhodným uspořádáním průměrů a počtů chladicích trubek uložených v příslušných polohách katalyzátoru s rozdíly ve vzdálenosti od středu reakční nádoby, čímž se vytvoří rozdíly katalytické účinnosti mezi příslušnými polohami katalyzátoru.

Tento charakteristický rys je velmi důležitý a má za následek tu výhodu, že určité množství plynu může reagovat ve vysokém konverzním stupni za použití sníženého množství katalyzátoru a rozměr reakční nádoby může být zmenšen.

Čtvrtým charakteristickým rysem předloženého vynálezu je to, že když se sníží tlak plynu pro konverzní reakci a tlak chladicího prostředku se zvýší, aby se uspořila energie, jak bylo dříve popsáno, tloušťka materiálu buď tlakového pláště 1, nebo chladicích trubek 15 může být mnohem menší

než v konstrukci znázorněné v obr. 1 a sníží se značně náklady na materiál.

Pátým charakteristickým rysem předloženého vynálezu je to, že jak plnění, tak vypouštění katalyzátoru může být velmi snadno provedeno. V konstrukci znázorněné v obr. 1, když je katalyzátor přítomen nad trubkovnicí 2 v náplni katalyzátoru, se chlazení tohoto katalyzátoru v této části stává neúčinným a v této části se zvýší teplota, což má za následek spočívající ve špatném vlivu na zachování pevnosti trubkovnice. Když jsou množství katalyzátoru uložena v příslušných trubkách 5 nerovnoměrná, vyvolají se odchylky v proudění plynu.

Proto je ve známé reakční nádobě nutné plnit katalyzátor ve stejných naměřených množstvích do příslušných trubek. Na rozdíl od toho v reakční nádobě podle předloženého vynálezu je vzdálenost mezi obvodovými plochami každých dvou přilehlých trubek větší, než je průměr částice katalyzátoru. V tomto případě katalyzátoru, který má obvyklou velikost částic, se snadno provádí naplňování jenom zavedením potřebného množství katalyzátoru z plnicího otvoru 25 katalyzátoru znázorněného v obr. 2. Dokonce, když je katalyzátor přítomen ve vrchním prostoru nad sběrnou trubkou 19, která je první, v náplňovém stupni, nezpůsobí se žádná potíž, protože plyn sotva prochází tímto prostorem a určitá chladicí kapacita se zajistí trubkou 24.

Ve vypouštěcím stupni katalyzátoru u známé reakční nádoby znázorněné v obr. 1, je velmi obtížné předejít vnikání velkého množství katalyzátoru do vypouštěcí trubky plynu o velkém průměru, připojené k výstupu 8 plynu, když je vložná síť 4 katalyzátoru odebrána, a to i v případě, když je poloha připojení výstupu plynu změněna a výpustní otvor katalyzátoru je uspořádán v nejnižší poloze. Je tudíž nutné odejmout tuto velkoprávěrovou vypouštěcí trubku plynu a vybrat katalyzátor z této trubky.

Na rozdíl od toho v reakční nádobě podle předloženého vynálezu se nemusí takovéto obtížné operace provádět a katalyzátor může být vypouštěn přímo výpustním otvorem 26 katalyzátoru z reakční nádoby.

Nyní budou popsány konkrétní rysy provedení předloženého vynálezu detailně.

První konkrétní rys tohoto vynálezu spočívá ve směru průchodu plynu vrstvou katalyzátoru. V předloženém vynálezu lze použít nejen provedení, při němž plyn prochází vrstvou katalyzátoru v podstatě v horizontálním směru v okrajové části směrem ke středu, jak bylo dosud popsáno, ale také provedení, při němž plyn prochází vrstvou katalyzátoru v opačném směru, to je od středu směrem k okrajové části v podstatě v horizontálním směru. To, zda se má provést první provedení nebo druhé provedení, se určí podle různých faktorů, jako je typ hlavních a vedlejších reakcí, závislosti konečných koncentrací chemických rov-

nováh produktů těchto hlavních a vedlejších reakcí na tlaku a teplotě, stupních ovlivnění rychlosti proudění, teploty a složení plynu na účinnosti katalyzátoru pro urychlení hlavní a vedlejší reakce, teplota plynu ve vstupu do vrstvy katalyzátoru, a množství tepla vytvořeného a odstraněného v různých částech vrstvy katalyzátoru.

Vytvořením konkrétního uspořádání chladicích trubek jak je dále popsáno, může být určeno optimálním rozložením teploty ve vrstvě katalyzátoru ve směru vedení plynu, které minimalizuje množství katalyzátoru nutného pro získání požadované koncentrace produktu ve výstupu z vrstvy katalyzátoru, v závislosti na těchto faktorech.

Jinými slovy, podle předloženého vynálezu je možné snížit rozměr reakční nádoby. Například, když se objem plynu sníží během reakce nebo se drasticky sníží účinnost katalyzátoru se vzrůstem průchodu plynu vrstvou katalyzátoru, jak je dobře známo z provozu, sníží se během reakce reakční rychlost. Jestliže se uvažuje tato skutečnost, je zřejmé, že v případě, kde se získává stejný konverzní produkt ze surového plynu za použití stejného katalyzátoru v konvenční reakční nádobě znázorněné v obr. 1, protože rychlost procházejícího plynu je vysoká ve vstupní části vrstvy katalyzátoru, tam, kde je koncentrace produktu velmi nízká, účinnost katalyzátoru nemůže být účinně využita a i když se průchozí rychlost plynu sníží ve vypouštěcí části vrstvy katalyzátoru, je nutné zvýšit množství katalyzátoru naplněného v této části, protože je nemožné zvýšit reakční rychlost vzhledem k vzrůstu množství vytvořeného reakčního produktu.

Navíc ve známé konstrukci znázorněné v obr. 1, protože v přívodní části, kde se vytvoří relativně velké množství tepla, je chladicí plocha přestupu tepla na jednotku množství plynu menší, než chladicí plocha přestupu tepla ve vypouštěcí části, kde je množství reakčního tepla malé, když se zajistí optimální plocha pro přestup tepla v přívodní části, pak je plocha přestupu tepla ve vypouštěcí části přílišná a tudíž se způsobí ztráta buď v množství katalyzátoru, nebo v ploše přestupu tepla.

Na rozdíl od toho, jestliže se provádí provedení, kde plyn prochází vrstvou katalyzátoru od obvodové části směrem ke směru reakční nádoby podle předloženého vynálezu, pak v počátečním stupni průchodu vrstvou katalyzátoru se využije účinnost katalyzátoru nejúčinněji při nízké rychlosti plynu a reakce se urychlí při menším množství katalyzátoru, než ve známé reakční nádobě znázorněné v obr. 1 a zajistí se dostatečně velká plocha přestupu tepla na jednotku množství plynu pro odstranění tepla vytvořeného reakcí.

Navíc, protože reakční nádoba je uspořádána tak, že množství katalyzátoru a plo-

cha přestupu tepla se sníží snížením objemu plynu a vytvořeného reakčního tepla podle průběhu reakce, může být vytvořena optimální chladicí plocha přestupu tepla v každé poloze vrstvy katalyzátoru.

Zejména rozložení teploty ve vrstvě katalyzátoru může být nastaveno podle potřeby. Konkrétněji může být realizováno rozložení teploty minimalizující množství katalyzátoru a plocha přestupu tepla nutná pro získání určitého množství konverzního produktu jako celku, podle druhů chemických reakcí a vlastností katalyzátoru, což je těsně spojeno s konstrukcí reakční nádoby, jak bylo dříve poukázáno.

Navíc může být snížen rozměr reakční nádoby. Když je změna rovnovážné koncentrace konverzního produktu se změnou teploty malá, je snížení objemu plynu v průběhu reakce malé nebo je malá změna účinnosti katalyzátoru se změnou průchozí rychlosti plynu, provádí se jiné provedení, ve kterém plyn prochází vrstvou katalyzátoru ze středu k obvodové části.

Při tomto provedení se teplota plynu přiváděného do střední části udržuje na hodnotě tak nízké, jak je to jen možné z hlediska účinnosti katalyzátoru a chladicí trubky nejsou uspořádány v části blízko vstupu plynu do vrstvy katalyzátoru, ale jsou uspořádány v polohách za těmito polohami, kde se teplota plynu zvýší reakčním teplem na vrchní přípustnou hodnotu pro katalyzátor tak, že další vzrůst teploty plynu je v těchto polohách katalyzátoru zabráněn. Při tomto uspořádání se rychlost plynu procházejícího vrstvou katalyzátoru sníží v konečném stupni reakce, kde se koncentrace konverzního produktu zvýší s tím následkem, že reakce může být dokončena v krátké době a množství katalyzátoru a plocha přestupu tepla mohou být sníženy.

Druhým konkrétním rysem předloženého vynálezu je rys spočívající v uspořádání chladicích trubek. Jak bylo dosud uvedeno v tomto vynálezu, chladicí trubky jsou uspořádány podle druhu konverzní reakce a vlastností použitého katalyzátoru tak, že se může dosáhnout optimálního rozložení teploty v radiálním směru ve vrstvě katalyzátoru. V této reakční nádobě, kde plyn proudí v radiálním směru, se dává přednost tomu, aby proudící množství plynu v příslušných radiálních směrech byla stejná. Přítomnost chladicích trubek ve vrstvě katalyzátoru má vliv na proudění plynu.

V souhlase s tím, aby se vyrovnala proudící množství plynu ve všech radiálních směrech, je nejvýhodnější, aby chladicí trubky byly uspořádány soustředně. Příslušný počet soustředných kružnic, na kterých jsou chladicí trubky uspořádány, se vytvoří podle rozměru reakční nádoby a množství tepla vytvořeného reakcí. Vzdálenost mezi obvodem vrstvy katalyzátoru a vnější soustřednou kružnicí, vzdálenost mezi dvěma přilehlými soustřednými kružnicemi a vzdá-

lenost mezi vnitřní soustřednou kružnicí a vnitřním obvodem vrstvy katalyzátoru by měly být určeny podle druhu konverzní reakce, podle vlastností použitého katalyzátoru a podle konstrukčních faktorů, jako je směr proudění plynu tak, aby optimální rozložení teploty mohlo být vytvořeno ve vrstvě katalyzátoru a v předloženém vynálezu nejsou vždy použity stejné vzdálenosti.

Aby se zvýšily účinky předloženého vynálezu, je důležité nastavit uspořádání hustoty plochy přestupu tepla podle poloh soustředných kružnic použitím rozdílných průměrů chladicích trubek pro odstraňování reakčního tepla.

V předloženém vynálezu je důležité, aby proudící množství chladicího prostředku bylo stejné mezi chladicími trubkami uloženými na soustředné kružnici. Z tohoto hlediska není vyžadováno, aby chladicí trubky byly uspořádány horizontálně nebo ve sklonu, ale je výhodné, aby byly uspořádány vertikálně.

Třetím konkrétním rysem předloženého vynálezu je rys spočívající na způsobu použití chladicího prostředku. Jako chladicí prostředek může být použit jakýkoli plyn, kapalina a směs plynu a kapaliny v tomto vynálezu.

Když se použije plyn, využívá se zjevné teplo. Když se použije kapalina, pak může být použita metoda využití zjevného tepla, při které teplota kapaliny obsahující alespoň jednu složku, se zvýší, zatímco se udržuje kapalný stav, aby se absorbovalo teplo reakce, a metoda využití latentního tepla, při které se kapalina odpaří absorpcí reakčního tepla.

Když se použije směs kapaliny a plynu, mohou být použity dvě výše uvedeného metody využívající zjevného tepla kapaliny a výparného latentního tepla kapaliny. Navíc v tomto případě mohou být uvažovány dva způsoby; způsob, při němž je složka kapaliny rozpustná v kondenzátu složky plynu (páry) a způsob, při němž kapalina je nerozpustná v kondenzátu páry.

První způsob je například aplikovatelný na směs uhlovodíkové kapaliny a uhlovodíkového plynu (páry) nebo vody a vodní páry a druhý způsob je aplikovatelný na směs páry a uhlovodíkové kapaliny.

Když se použije způsob využívající zjevného tepla, teplota chladicího prostředku na výstupu je vyšší, než teplota chladicího prostředku na vstupu, jestliže se použije buď plyn, nebo kapalina, nebo směs plynu a kapaliny a způsobí se určitý rozdíl teploty mezi vrchní a spodní částí vrstvy katalyzátoru. Navíc při způsobu využívajícím zjevné teplo je nutné použít chladicího prostředku ve větším množství než při způsobu využívajícím latentní teplo.

Proto způsob využívající zjevného tepla může být použit jenom tehdy, když tím ne-

ní vyvolána žádná zvláštní nevýhoda, i když se zjistí určitý rozdíl teploty mezi vrchní a spodní částí vrstvy katalyzátoru nebo když je množství reakčního tepla relativně malé. Proto se v předloženém vynálezu dává přednost použití způsobu, který využívá výparného skupenského tepla pro absorbování reakčního tepla, přičemž výše uvedený způsob je rozdělen na způsoby, kdy jsou kapalina a pára vzájemně rozpustné a na způsoby, kdy jsou kapalina a pára vzájemně nerozpustné, jak bylo výše uvedeno. Tyto způsoby budou dále detailně popsány.

Jak bylo dosud popsáno, mohou být uvažovány různé způsoby, jako způsoby využití chladicího prostředku. V kterémkoli případě je však nutné snížit potřebnou plochu k přestupu tepla, jak bylo dosud uvedeno a aby se dosáhlo tohoto snížení, je důležité, aby viskozita chladicího prostředku uvnitř chladicí trubky byla nízká. Konkrétněji, aby se dosáhlo cílů předloženého vynálezu, je nezbytné, aby viskozita chladicího prostředku byla nižší než 1 Poise.

Když se využívá zjevného tepla chladicího prostředku, je možné vyvolat, aby chladicí prostředek proudil chladicí trubicou ve formě dolů směřujícího proudu. Aby však procházel chladicí prostředek rovnoměrně příslušnými chladicími trubicami, je výhodné, aby chladicí prostředek proudil ve formě nahoru směřujícího proudu při každém způsobu využívajícím zjevného tepla nebo způsobu využívajícím skupenského tepla.

Čtvrtým konkrétním rysem předloženého vynálezu je rys spočívající ve způsobu nesení katalyzátoru. Jak bylo dosud popsáno u reakční nádoby tohoto vynálezu, katalyzátor není přítomen ve vnější obvodové části a ve střední části a tak jsou tam přítomny prostory dovolující průchod plynu v těchto dvou částech. Proto když katalyzátor je plněn z dávkovacího otvoru 25 katalyzátoru, který je znázorněn v obr. 2, měly by být vložky katalyzátoru uspořádány tak, aby se částice katalyzátoru nedostaly do těchto dvou prostorů. Jedna vložka katalyzátoru by měla být uspořádána pro obvodovou část a jedna pro středovou část.

Způsob uspořádání vložky katalyzátoru v obvodové části je však poněkud rozdílný od způsobu uspořádání vložky katalyzátoru ve střední části. Následující tři způsoby mohou být použity pro uspořádání vložky katalyzátoru v obvodové části.

Podle prvního způsobu, jak je znázorněn v obr. 3, válcovitá deska 4—2 s průchozími děrami 4—4, jejichž počet a volná plocha jsou uspořádány tak, aby se umožnil průchod nutného množství plynu, je odmontovatelně upevněna ve vnitřní obvodové části tlakového pláště 1 v určité vzdálenosti od vnitřní plochy tlakového pláště pomocí příslušného počtu nosných desek 27.

Tyto nosné desky jsou uspořádány podél vnitřní obvodové plochy tlakového pláště

1 a jsou odděleny jedna od druhé vzdáleností nutnou pro umožnění průchodu plynu. Alespoň jedna síť 4—3, která má vhodnou velikost ok, je připevněna k vnitřní obvodové ploše vnější obvodové plochy perforované desky 4—2, čímž se vytvoří vložka katalyzátoru na vnitřním obvodu tlakového pláště. Spodní část válcovité perforované desky 4—2 dosahuje spodního čela tlakového pláště 1 a vrchní část perforované desky 4—2 zasahuje mírně pod vrchní konec první sběrné trubky 19 pro chladicí prostředek.

Aby se předešlo zkratovému průchodu plynu je výhodné, aby průchozí díry 4—4 nebo síť 4—3 nebyly umístěny v určité oblasti vrchní a spodní části perforované desky 4—2. Při tomto způsobu je konstrukce vložky katalyzátoru velmi snadná a výhodně se této vložky využije.

Podle druhého způsobu jak je znázorněno v obr. 4, je vložka katalyzátoru uspořádána a připevněna k chladicím trubicám 15—1 skupiny uložené na vnější soustředné kružnici po obvodu nebo jejím vnitřním obvodu v podstatě stejným způsobem jako při prvním způsobu.

Podle třetího způsobu, jak je znázorněno v obr. 5, děrovaná deska 4—2 s průchozími děrami 4—4, jejichž volná plocha a počet je uspořádán tak, aby se umožnil průchod nutného množství plynu, je uspořádána po střední kružnici obvodové kružnice nebo vnitřního obvodu chladicích trubek 15—1 skupiny umístěné na nejvnitřnější soustředné kružnici, aby spojila každé dvě přilehlé chladicí trubky a síť 4—3 je uspořádána na vnitřní nebo vnější straně děrované desky 4—2 stejným způsobem, jako při prvním nebo druhém způsobu.

Při každém z těchto tří způsobů mohou být vzájemné polohy připojení sítě 4—3 a děrované desky 4—2 znázorněných v obr. 3, 4 a 5, obráceny. Podle druhého a třetího způsobu je provádění konstrukce vložky katalyzátoru usnadněno.

Nyní bude popsána vložka katalyzátoru, která má být uspořádána ve střední části. Způsob uspořádání vložky katalyzátoru ve střední části znázorněný v obr. 3 odpovídá prvnímu způsobu uspořádání vložky katalyzátoru v obvodové části.

Podle tohoto způsobu se upevní vhodný počet sítě 4—3, které mají příslušnou velikost otvoru, k obvodové nebo vnitřní části děrované válcovité desky 4—2, která má příslušný počet děr 4—4, které mají vhodnou volnou plochu, a která má přepážkovou desku 21 připevněnou k vrchní části a sestava je uložena v té části, kde vypouštěcí otvor 8 plynu je vtěsnán do vnitřku tlakového pláště 1 nebo je připevněn do této části přivařením nebo podobně. Tento způsob je výhodný pokud jde o výrobu a použití vložky katalyzátoru.

Dále mohou být prakticky použity způso-

by odpovídající druhému a třetímu způsobu uspořádání vložky katalyzátoru v obvodové části. Zejména, jak je znázorněno na obr. 6, je uspořádána válcovitá děrovaná deska 4—2, která má průchozí díry 4—4, jejichž počet a volná plocha jsou uspořádány tak, že se umožní průchod nutného množství plynu, po vnitřním obvodu nebo okraji chladicích trubek 15—2 skupiny uložené na nejvnitřnější soustředné kružnici a síť 4—3 je uložena na vnitřní nebo vnější straně děrované desky 4—2 spojitě, čímž je vytvořena vložka katalyzátoru pro střední část.

Dále může být použit způsob, při kterém chladicí trubky 15—2 skupiny uložené na nejvnitřnější soustředné kružnici jsou k sobě připojeny deskou 4—2 tvaru pásu, která má příslušný počet průchozích děr 4—4, které mají volnou plochu stejnou jako ve vložce katalyzátoru pro obvodovou část znázorněnou v obr. 5 a síť 4—3 je upevněna na obvodu vnitřního okraje skupiny trubek 15—2, čímž je vytvořena vložka katalyzátoru pro střední část.

V každé z těchto vložek katalyzátoru pro střední část může být připevněno k horní části vložky katalyzátoru pro střední část víko 21, jak je znázorněno v obr. 7. Poloha průchozích děr 4—4 a alespoň jedné sítě 4—3 ve spodní a vrchní koncové části vložky katalyzátoru pro střední část k první a druhé sběrné trubce 19 a 18 je v podstatě stejná jako ve vložce katalyzátoru pro obvodovou část.

První výhoda získaná uspořádáním výše uvedených vložek katalyzátoru spočívá v tom, že zpracování pro výrobu je usnadněno a druhá výhoda spočívá v tom, že vzdálenost mezi každými dvěma přilehlými trubkami 15—1 nebo 15—2 uloženými na nejvnitřnější nebo vnější soustředné kružnici, volná plocha průchozích děr vytvořených na desce 4—2 a rozložení těchto průchozích děr mohou být měněny a nastaveny podle potřeby, čímž jenom uspořádáním jedné stěnové plochy může být zrovnoměrno množství průchozího plynu, pokud jde o každý radiální směr vrstvy katalyzátoru a každou výšku vrstvy katalyzátoru bez použití dvou stěnových ploch vymezujících vrstvu katalyzátoru na straně vstupu nebo výstupu plynu, jak je zveřejněno v japonském patentovém spisu č. 5925/66.

Když se použije výše uvedená náplňová metoda katalyzátoru s ohledem na vlastnosti použitého katalyzátoru, někdy se stane, že částice katalyzátoru nejsou naplněny rovnoměrně hustě ve vrstvě katalyzátoru. V tomto případě je výhodné, aby výše uvedená funkce řízení množství proudu plynu byla předána každé děrované válcovité desce vložek katalyzátoru pro střední a obvodové části a aby válce pro řízení množství proudícího plynu nebo chladicí trubky uspořádané v soustředných kružnicích s malou vzdáleností mezi každými dvěma přilehlými trubkami byly uspořádány v jedné nebo dvou

částech mezilehle mezi okrajovým a vnitřním obvodem vrstvy katalyzátoru.

Tvar a uspořádání děr vytvořených na těchto děrovaných válcích pro řízení množství proudícího plynu nejsou zvlášť kritické, ale z hlediska snadnosti výroby jsou výhodné kulaté díry.

Pátým konkrétním rysem předloženého vynálezu je rys spočívající v uspořádání rozváděcích a sběrných trubek. V některých případech je celkové množství chladicích trubek 15 malé, ale v mnoha případech se používá velký počet chladicích trubek 15. V tom případě, kde je celkový počet chladicích trubek 15 malý, je možné připojit všechny chladicí trubky k jedné první rozváděcí trubce 17 znázorněné v obr. 2. V souhlase s tím druhá rozváděcí trubka 18 nemusí být v tomto případě uspořádána. Ovšem v případě, kde je velký počet chladicích trubek 15 a je nemožné připojit všechny chladicí trubky k jedné první rozváděcí trubce 17, jsou uspořádány druhé rozváděcí trubky 18 a části nebo všechny chladicí trubky 15 jsou připojeny k těmto druhým rozváděcím trubkám 18 a druhé rozváděcí trubky 18 jsou připojeny k první rozváděcí trubce 17 spojovacími trubkami 23.

Když se použije velký počet chladicích trubek 15 pomocí uspořádání třetích a čtvrtých rozváděcích trubek stejným způsobem, jak bylo výše popsáno, je možné použít předložený vynález na reakční nádobu, která má velmi malý rozměr. V provedení znázorněném v obr. 2 jsou uspořádány druhé rozváděcí trubky. Ovšem předložený vynález není omezen na toto provedení znázorněné v obr. 2.

Když tyto rozváděcí trubky jsou uspořádány, je výhodné, aby tyto rozváděcí trubky příslušných skupin byly uspořádány na soustředných kružnicích s dostatečnými roztečemi pro jejich připojení k chladicím trubkám 15 a spojovacím trubkám 23, poněvadž se tím usnadní výroba a výhodně se reakční nádoba využije. Dále, aby se rozváděl chladicí prostředek rovnoměrně do velkého počtu chladicích trubek 15 je důležité, aby alespoň dvě vstupní trubky 9 pro zavádění chladicího prostředku do prvních rozváděcích trubek, alespoň dvě spojovací trubky 23 pro připojení prvních rozváděcích trubek, alespoň dvě spojovací trubky 23 pro připojení rozváděcích trubek 17 k druhým rozváděcím trubkám a alespoň dvě spojovací trubky pro připojení druhých rozváděcích trubek ke třetím rozváděcím trubkám, byly uspořádány v polohách symetrických s ohledem na střední osu.

Sběrné trubky 19 jsou v podstatě uspořádány stejným způsobem, jak bylo výše popsáno s ohledem na rozváděcí trubky. Když je počet chladicích trubek relativně malý, pak všechny chladicí trubky mohou být připojeny k jedné sběrné trubce. Ovšem, když je vytvořen velký počet chladicích tru-

bek, je nutné uspořádat první, druhé a třetí sběrné trubky na soustředných kružnicích a uspořádat alespoň jednu spojovací trubku 24 k připojení těchto sběrných trubek.

Z hlediska snadnosti výroby nebo použití je výhodné, aby počet sběrných trubek byl postupně snižován v příslušných skupinách. Ovšem v provedení znázorněném v obr. 2, aby se rozváděl chladicí prostředek rovnoměrně do všech chladicích trubek, je uspořádána jedna konečná sběrná trubka 20 a obvykle je výhodné, aby rozměr a tvar této konečné sběrné trubky 20 byl určen tak, aby se udržela příslušná rychlost proudu v konečné sběrné trubce 20.

Když je reakční nádoba velmi velká, a množství reakčního tepla je relativně malé, použije se výše uvedený způsob využívající výparného skupenského tepla chladicího prostředku a výhodně se použije konstrukce, ve které je funkce oddělení kapaliny od páry dána konečné sběrné trubce, trubka 23 pro zavádění oddělené kapaliny dolů, která je označena přerušovanou čarou v obr. 2, se uloží v prostoru plynu ve střední části. Trubka 28 se připojí k prvním rozváděcím trubkám 17 skrz alespoň jednu spojovací trubku 29, aby se vyvolala přirozená cirkulace chladicího prostředku v reakční nádobě. Pouze pára z chladicího prostředku se odebírá výstupem 10 chladicího prostředku a chladicí prostředek v množství odpovídajícím množství odebrané páry z výstupu 10 se přivádí ze vstupu 9 chladicího prostředku.

Při tomto provedení může být konstrukce zjednodušena a provoz může být výhodně prováděn ve srovnání s provedením, kde je uspořádán separátor páry a kapaliny vně reakční nádoby a kapalina zbylá po separaci páry recykluje a vrací se do vstupu 9 chladicího prostředku kapací trubkou přirozeně působením gravitace nebo nuceně pomocí čerpadla. Utěsněná nádoba, izolovaná, od tlakového pláště může být použita jako konstrukce pro rozvádění nebo shromažďování chladicího prostředku místo výše uvedených trubkových členů.

Šestý konkrétní rys předloženého vynálezu spočívá v prostředku pro zmírňování tepelného napětí vyvolaného rozdílem tepelné roztažnosti. V reakční nádobě podle předloženého vynálezu, jak bylo dosud popsáno, je teplotní rozdíl ve vrstvě katalyzátoru během provozu mnohem menší než v běžné reakční nádobě. Ovšem jistý teplotní rozdíl se nezbytně objeví. V souhlase s tím se vyvolá tepelné napětí, poněvadž teplotní rozdíl existuje ve spojovací části každého trubkového členu tvořícího chladicí konstrukci, například u rozváděcích trubek 17 a 18, spojovacích trubek 23, chladicích trubek 15, sběrných trubek 19 a 20 a spojovacích trubek 24.

Protože chladicí konstrukce je tvořena trubkovitými členy, může být takovéto te-

pelné napětí sníženo a rozptýleno vytvořením zakřivených částí u příslušných trubek. Tudiž chladicí konstrukce vyrobená z trubek, které mají zakřivené části, je obvykle výhodná. Ačkoli se vyskytne teplotní rozdíl mezi tlakovým pláštěm 1 a chladicí konstrukcí, tak vytváření tepelného napětí tímto teplotním rozdílem může být zcela zabráněno použitím známého výsuvného úniku plynu zabráňujícího prostředku ucpávkového nebo expanzního vlnovkového typu, jak je znázorněno v obr. 2 v té části, kde vstup chladicího prostředku a výstupní trubky pro chladicí konstrukci, jako je vstup 9 chladicího prostředku a výstup 10 chladicího prostředku, pronikají skrz tlakový plášť 1.

Sedmý konkrétní rys předloženého vynálezu spočívá ve způsobu předehřívání surového plynu, který má být zaveden do reakční nádoby. Když se použije reakční nádoba tohoto vynálezu, která má výše uvedenou konstrukci, v podstatě všechno reakční teplo může být absorbováno do reakčního prostředku a teplota reakčního výtokového plynu odcházejícího z vrstvy katalyzátoru odpovídá výstupní teplotě vrstvy katalyzátoru, ve které je vytvořeno výše uvedené rozložení teploty a tato teplota je poněkud vyšší, než je teplota surového plynu ve vstupu do vrstvy katalyzátoru.

Podle toho plyn, který má být zaveden do vrstvy katalyzátoru, může být předehřát pomocí výměny tepla mezi plynem odcházejícím z vrstvy katalyzátoru a plynem, který se má zavést do vrstvy katalyzátoru.

Tato výměna tepla může být uskutečněna za použití známého výměníku tepla uspořádaného vně reakční nádoby. Dále tato výměna tepla může být uskutečněna uspořádáním výměníku tepla v prostoru vnitřku reakční nádoby, jak je znázorněno v obr. 8.

Konkrétněji, při provedení znázorněném v obr. 8, je známý výměník tepla válcovitého více trubkového typu uspořádaný v prostoru střední části reakční nádoby. Tento výměník tepla zahrnuje jako hlavní členy velký počet trubek 30, trubkovnic 31, k níž jsou trubky 30 připevněny a plášť 32 výměníku tepla.

Při tomto provedení znázorněném v obr. 8 výchozí plyn pro konverzi se zavádí ze vstupu 7 plynu do prostoru na plášťové straně válcovitého více trubkového výměníku tepla, která je vymezena vnějšími plochami trubek 30 trubkovnic 31 a vnitřním pláštěm 32 a výměna tepla se uskuteční mezi takto zavedeným výchozím plynem a plynem o vysoké teplotě odebíraným z výstupu vrstvy katalyzátoru, který prochází trubkami 30. Takto předehřátý plyn prochází rozváděcí trubkou 34 a zavádí se do vrstvy katalyzátoru ze vstupního prostoru 13 vrstvy katalyzátoru výše uvedeným způsobem.

Plyn vypouštěný z výstupního prostoru 14 z vrstvy katalyzátoru se zavádí do vnitřků

trubek 30 od jejich spodních částí a usku-
teční se tepelná výměna mezi tímto vypouš-
těným plynem a výchozím plynem proudí-
cím na této straně pláště, aby se snížila tep-
lota vypouštěného plynu. Pak se vypouště-
ný plyn vypouští z reakční nádoby výstup-
ním prostorem 33 a výstupem 8 plynu.

Když se použije přehřívající výměník
tepla, jak bylo výše popsáno, tlakový roz-
díl mezi vnějškem a vnitřkem trubkovnice
31 je způsoben hlavně tlakovou ztrátou vy-
volanou v plynu, když prochází vrstvou ka-
talyzátoru. Protože tento rozdíl tlaku je vel-
mi malý, není žádná významná nevýhoda
způsobena uspořádáním trubkovnice 31.

Dalším příkladem způsobu přehřívání
surového plynu, který se má zavádět do re-
akční nádoby podle předloženého vynálezu,
je způsob, při kterém se surový plyn nej-
dříve zavede do izolovaného předreaktoru,
plyn tam zavedený se podrobí konverzní re-
akci do určité míry a zvýší se jeho teplota
a pak se tento plyn se zvýšenou teplotou
zavede do reaktoru předloženého vynále-
zu. Surový plyn obvykle obsahuje stopová
množství katalytického jedu. Deaktivaci ka-
talyzátoru jako takové, vlivem katalytické-
ho jedu, nemůže být zabráněno reakční ná-
dobou podle předloženého vynálezu ani kon-
venční reakční nádobou.

Ovšem zavedení surového plynu do před-
reaktoru, který je izolován a malého roz-
měru, vyvolá zadržování celkového množ-
ství katalytického jedu ve vrstvě kataly-
zátoru předreaktoru s tím výsledkem, že se
značně prodlouží životnost katalyzátoru v
reakční nádobě podle tohoto vynálezu, kte-
rá slouží jako hlavní reakční nádoba.

Primárním účelem izolovaného předreak-
toru, který je výše uveden, je účel spočí-
vající v odstranění katalytického jedu a ve
zvýšení teploty surového plynu na teplotu
vhodnou pro zavádění tohoto plynu do hlav-
ní reakční nádoby uskutečněním konverzní
reakce ve vhodné míře. Tudíž předreaktor
může být mnohem menší a může mít jed-
nodušší konstrukci ve srovnání s reakční
nádobou podle předloženého vynálezu, kte-
rá je hlavní reakční nádobou.

Surový plyn vypouštěný z předreaktoru
může být ochlazen na teplotu vhodnou k je-
ho dávkování do hlavní reakční nádoby tak,
že jeho teplota není příliš vysoká.

Životnost katalyzátoru v hlavní reakční
nádobě se značně prodlouží a dále pracov-
ní účinnost zařízení jako celku zahrnující-
ho postup přípravy surového plynu se zvýší
pracovním postupem, ve kterém, když se
katalyzátor v předreaktoru deaktivuje, za-
staví se jen činnost předreaktoru a surový
plyn se zavede přímo do hlavní reakční ná-
doby pouze po tu dobu, kdy se deaktivova-
ný katalyzátor vyměňuje.

Dvojice předreaktorů může být popřípadě
zajištěna, aby se mohla střídavě použít.

Jakýkoli materiál, který odolává různým
napětím vyvolaným pracovními podmínka-

mi, jako je konverzní tlak, konverzní tep-
lota, tlak chladicího prostředku a teplota
chladicího prostředku, a nemá žádný špat-
ný vliv na konverzní reakci, se může pu-
žít jako konstrukční materiál pro reakční
nádobu.

Nyní budou popsány aplikace reakční ná-
doby podle předloženého vynálezu.

Reakční nádoba podle předloženého vy-
nálezu může být použita pro chemické exo-
termní reakce, ve kterých se výchozí mate-
riál zaváděný do vrstvy katalyzátoru a re-
akční produkt opouštějící vrstvu katalyzá-
toru, udržují v plynném stavu za teploty a
tlaku, které vyvolají konverzní reakci a vy-
žaduje se vytvoření příslušného rozložení
teploty ve vrstvě katalyzátoru nebo prová-
dění přesného řízení teploty ve vrstvě ka-
talyzátoru. Jako chemické exotermní reak-
ce, které mohou být uvedeny, lze uvést na-
příklad výrobu amoniaku z výchozího ply-
nu obsahujícího vodík a dusík, výrobu me-
thanolu, methanu nebo uhlovodíku, který má
dva nebo více uhlíkových atomů z výchozí-
ho plynu obsahujícího vodík a oxid uhelná-
tý a/nebo oxid uhlíčitý, přípravu vodíku z
výchozího plynu obsahujícího vodní páru a
oxid uhelnatý, výrobu nasyceného chlorova-
ného uhlovodíku, jako je chlormethan nebo
ethylenchlorid z výchozího plynu obsahují-
cího uhlovodík a chlor, oxidační reakci pro
přípravu ethylenoxidů, maleinanhydridu ne-
bo ftalanhydridu z výchozího plynu obsa-
hujícího uhlovodík a kyslík, oxychlorační
reakci výroby nenasyčeného chlorovaného
uhlovodíku, jako je vinylchlorid z výchozí-
ho plynu obsahujícího uhlovodík a chlor
a/nebo chlorovodík a kyslík, anoxidační re-
akci pro přípravu kyanogenní sloučeniny,
jako je akrylonitril nebo kyselina kyanatá
z výchozího plynu obsahujícího uhlovodík,
amoniak a kyslík, hydrogenační reakci pro
přípravu nasyceného uhlovodíku, jako je
cyklohexan z výchozího plynu obsahujícího
nenasyčený uhlovodík a vodík, alkylační re-
akci pro výrobu isooktanu nebo ethylben-
zenu z výchozího plynu obsahujícího nena-
sycený uhlovodík a nasycený uhlovodík a
oxidační reakci výroby formaldehydu nebo
podobně z výchozího plynu obsahujícího or-
ganickou sloučeninu obsahující kyslík a kys-
líku.

Když se použije nádoba podle předlože-
ného vynálezu, získají se různé výhody, ja-
ko je úspora energie ve všech procesních
stupních zlepšením využití účinnosti reakč-
ního tepla, usnadnění projekce reakční ná-
doby a snížení materiálových nákladů pro
konstrukci reakční nádoby. Dále v každé z
předcházejících chemických reakcí je mož-
né zvýšit výtěžek požadovaného produktu,
snížit tvorbu vedlejšího produktu a prodlou-
žit životnost katalyzátoru, protože rozložení
teploty v reakční vrstvě může být optima-
lizováno a teplota ve vrstvě katalyzátoru
může být přesně řízena.

Druh katalyzátoru není zvlášť kritický, když se reakční nádoba podle předloženého vynálezu použije pro výše uvedené chemické reakce a použije se katalyzátor vhodný pro požadovanou reakci. Navíc kapacita reakční nádoby může být zvýšena uspořádáním dvou nebo více katalyzátorů, které se liší ve svých katalytických vlastnostech tak, že plyn přichází do styku s rozdílnými katalyzátory při postupu vrstvou katalyzátoru.

Zvlášť velkých technických a ekonomických výhod se může dosáhnout, když se předložený vynález použije v provozní výrobě amoniaku nebo methanolu prováděné za přetlaku nižšího než 9,8 MPa.

Nyní bude popsáno využití reakčního tepla absorbovaného v chladicím prostředku.

Reakční teplo se může využít v různých oblastech. V případě způsobu využívajícího zjevného tepla chladicího prostředku může být reakční nádoba použita pro zvýšení teploty reakčního materiálu, který se má použít ve stupni vyžadujícím vysokou teplotu. Také v případě způsobu využívajícího výparného skupenského tepla chladicího prostředku se může reakční teplo, které je absorbováno, podobně využít. Například při přípravě amoniaku z nafty se směs nafty s vysokotlakou vodní párou nebo horkou vodou použije jako chladicí prostředek pro zahřívání vodní páry nebo odpaření nafty v reakční nádobě podle předloženého vynálezu, čímž se vysokoteplotní plyn použije jako výchozí materiál pro stupeň výroby vodíku jako výchozího materiálu amoniaku.

V případě způsobu využívajícího výparného skupenského tepla se teplo reakce může využít pro jiné účely. Například pára se oddělí od kapaliny a pak se zavede do jiného stupně pro zahřívání jiné látky přímo nebo nepřímou. Dále se reakční teplo převede na mechanickou sílu využitím tlaku páry v turbíně přímo nebo po zahřátí. Dále se pára využije pro stlačení plynu, který se má zavést do reakční nádoby.

Bod varu chladicího prostředku, který se má použít v reakční nádobě, může být nastaven na úroveň trochu nižší, než je teplota vrstvy katalyzátoru, která se určí podle druhu konverzní reakce a podle vlastností použitého katalyzátoru, nastavením vstupní teploty a rychlosti proudění chladicího prostředku nebo řízením tlaku použitého na chladicí prostředek. Jakýkoli chladicí prostředek, který může být snadno odbourán teplem během provozu a nemá žádný korozivní účinek na materiál reakční nádoby, se může použít v předloženém vynálezu.

V případě způsobu využívajícího výparného skupenského tepla chladicího prostředku, z hlediska účinného využití energie obsažené v páře chladicího prostředku, je výhodné využít jako chladicího prostředku vodu, frakci alifatických uhlovodíků nebo aromatickou sloučeninu, jako je aromatic-

ký uhlovodík, chlorovaný aromatický uhlovodík nebo difenyloxid nebo jejich směsí. Když se takovýto chladicí prostředek použije pro způsob využívající výparného skupenského tepla, může být teplota ve vrstvě katalyzátoru přesně řízena příslušným nastavením tlaku chladicího prostředku a bodu varu chladicího prostředku. Přípustný horní limit přetlaku chladicího prostředku při tomto způsobu je asi 14,7 MPa v případě výše uvedené přirozené cirkulace nebo asi 19,6 MPa v případě výše uvedené nucené cirkulace. Jestliže tlak přesáhne tuto kritickou úroveň, sníží se chladicí kapacita chladicích trubek.

Příklad provedení

Syntéza amoniaku z vodíku a dusíku

Reaktor, který je podobný reaktoru znázorněnému na obr. 2 s tou výjimkou, že je vynechána trubka 28, se použije pro tuto syntézu. Technické údaje použitého zařízení jsou následující:

výška válcové části	14 000 mm
vnější průměr válcové části	5 500 mm
vnější průměr válcové středky	
vložky katalyzátoru 4—1	800 mm
vnitřní průměr válcové obvodové vložky katalyzátoru 4—0	5 280 mm
chladicí trubky 15	
vnitřní průměr trubky	49,5 mm
tloušťka trubky	5,5 mm
uspořádání chladicích trubek:	

chladicí trubky jsou uspořádány v rovnoměrných intervalech šesti kružnic soustředných s válcovými středními a obvodovými vložkami katalyzátoru.

Trubky na první kružnici:	
průměr kružnice	2 000 mm
počet trubek	90
Trubky na druhé kružnici:	
průměr kružnice	2 600 mm
počet trubek	120
Trubky na třetí kružnici:	
průměr kružnice	3 200 mm
počet trubek	150
Trubky na čtvrté kružnici:	
průměr kružnice	3 800 mm
počet trubek	170
Trubky na páté kružnici:	
průměr kružnice	4 400 mm
počet trubek	200
Trubky na šesté kružnici:	
průměr kružnice	4 900 mm
počet trubek	230

Druhé rozváděcí trubky 18:

tvar	kruhový
vnitřní průměr trubky	146,4 mm
tloušťka trubky	11,0 mm
první sběrné trubky 19	
tvar	146,4 mm
tloušťka trubky	11,0 mm

Chladicí trubky na první a druhé kružnici jsou spojeny s jednou z druhých rozváděcích trubek 18 na svých spodních koncích a s jednou z prvních sběrných trubek 19 na svých horních koncích. Chladicí trubky na třetí a čtvrté kružnici a chladicí trubky na páté a šesté kružnici jsou podobně spojeny s každou ze dvou oddělených druhých rozváděcích trubek a každou ze dvou oddělených prvních sběrných trubek.

Tři druhé rozváděcí trubky jsou spojeny s první rozváděcí trubkou 17 pomocí spojovacích trubek 23 (tři spojovací trubky pro nejvnitřnější druhou rozváděcí trubku, šest spojovacích trubek pro střední druhou rozváděcí trubku a osm spojovacích trubek pro vnější rozváděcí trubku). Každá z těchto tří prvních sběrných trubek je podobně spojena s druhou sběrnou trubkou 20 pomocí tří, šesti a osmi spojovacích trubek 24. Vzdálenost mezi druhými rozváděcími trubkami 18 a prvními sběrnými trubkami 19 je 13 000 mm.

Prostor mezi druhými rozváděcími trubkami 18 a prvními sběrnými trubkami je naplněn 275 m³ zrněného katalyzátoru pro syntézu amoniaku, čímž se vytvoří vrstva katalyzátoru. Mezi 275 m³ katalyzátoru 254 m³ tohoto katalyzátoru (což odpovídá 12 m náplňové výšky) tvoří účinnou vrstvu katalyzátoru. Prostory jak nad vrstvou katalyzátoru, tak pod vrstvou katalyzátoru jsou naplněny koulemi z oxidu hlinitého, které mají průměr 19 mm.

Jak je výše popsáno, nejvnitřnější zóna (o velikosti 31 m³) vrstvy katalyzátoru nemá v sobě chladicí trubky a reakce se provádí adiabaticky. Vcelku jsou chladicí trubky ve vrstvě katalyzátoru uspořádány nerovnoměrně.

671 640 Nm³/h plynné směsi, která je směsí upraveného plynu a cirkulujícího plynu, který je popsán později a obsahuje 64,7 % molárních vodíku, 21,6 % molárních dusíku, 9,6 % molárních methanu, 4,0 % molárních argonu a 0,01 % molárních amoniaku a má teplotu 367 °C a tlak 4,6 MPa, se zavádí do reaktoru vstupem 8. Plynná směs prochází prostorem 14 a se střední vložkou katalyzátoru 4-1 a pak v podstatě v radiálním směru vrstvou katalyzátoru.

Když plynná směs prochází vrstvou katalyzátoru, syntetizuje se amoniak. Plynná reakční směs, která se získává, obsahuje 57,1 % mol. vodíku, 19,0 % molárních dusíku, 10,5 % molárních methanu, 4,4 % molárních argonu, 9 % molárních amoniaku a má teplotu 390 °C.

Plynná reakční směs prochází prostorem 13 a vypouští se výstupem 7 a ochlazuje se. Z ochlazené plynné reakční směsi se oddělí amoniak, přičemž zůstane zbytková plynná směs. Část (8300 mm³/hod) zbytkové plynné směsi se odebírá, aby se předešlo akumulaci methanu a argonu. Zbývající část (553 000 Nm³/hod) zbytkové plynné směsi se míchá jako cirkulační plyn se 118 400 Nm³ hod připraveného plynu obsahujícího 74,2 % molárních vodíku, 24,7 % molárních dusíku, 0,8 % molárního methanu a 0,3 % molárního argonu a pak se ochladí a odstraní vlhkost. Výsledná plynná směs se stlačí na tlak 4,6 MPa a přehřeje na 367 °C teplem vyměněným s plynou reakční směsí z reaktoru a pak se dává do reaktoru vstupem 8.

Voda, která má tlak 11,8 MPa a teplotu 320 °C se dává do prvních rozváděcích trubek 17 vstupem 9 pro chladicí prostředek. Voda prochází spojovacími trubkami 23 a pak třemi druhými rozváděcími trubkami 18 do každé z chladicích trubek. Zatímco postupuje chladicími trubkami 15, voda se vaří pomocí reakčního tepla, které přijímá. Vařící voda postupuje chladicími trubkami 15 a je shromažďována v každé z prvních sběrných trubek 19 a pak v druhé sběrné trubce 20 skrze spojovací trubky 24. Pak se vařící voda vypouští výstupem 10 pro chladicí prostředek. Vysokotlaká pára o tlaku 11,8 MPa a teplotě 320 °C, která se oddělí z vařící vody, má hmotnost 97,8 tun/h.

Rozměr reaktoru a množství použitého katalyzátoru v tomto příkladu jsou mnohem menší, než rozměr a množství, které jsou použity ve známých postupech za stejného tlaku a při stejném provozním měřítku. Podle známého postupu je reaktor přibližně 32 000 mm vysoký, má průměr 6500 mm a je potřeba 370 m³ katalyzátoru.

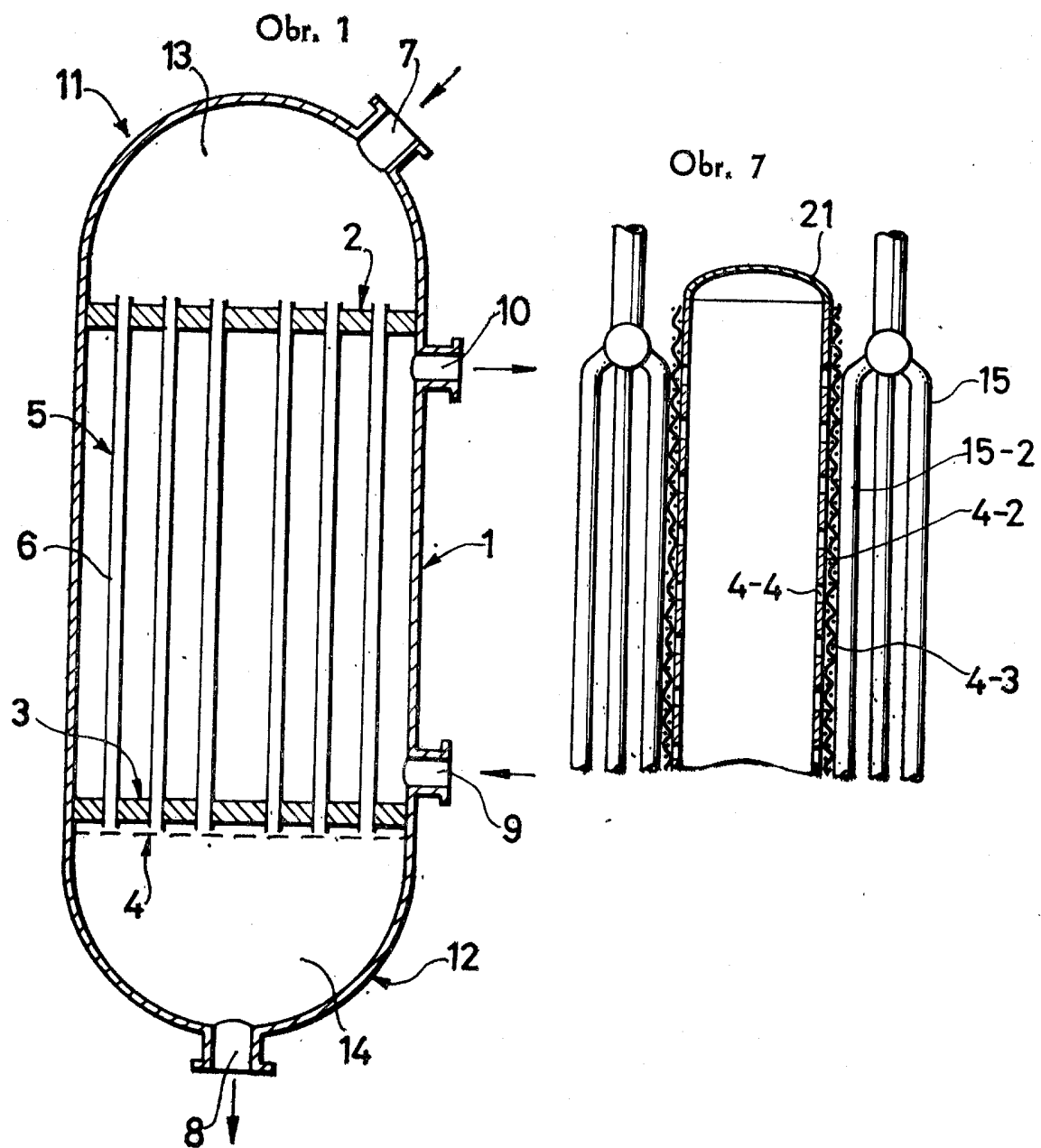
PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Způsob exotermní konverze plyných surovin ve styku s vrstvou tuhého katalyzátoru vytvořenou mezi válcovou obvodovou vložkou katalyzátoru a válcovou střední vložkou katalyzátoru ve vertikálním válcovém reaktoru, při němž procházejí plyné suroviny prakticky radiálním směrem skrze vrstvu katalyzátoru, ve které jsou uspořádány vertikálně podélné chladicí zóny o relativně malém průměru a chladicí prostředek prochází těmito chladicími zónami k odstranění tepla vytvořeného reakcí probí-

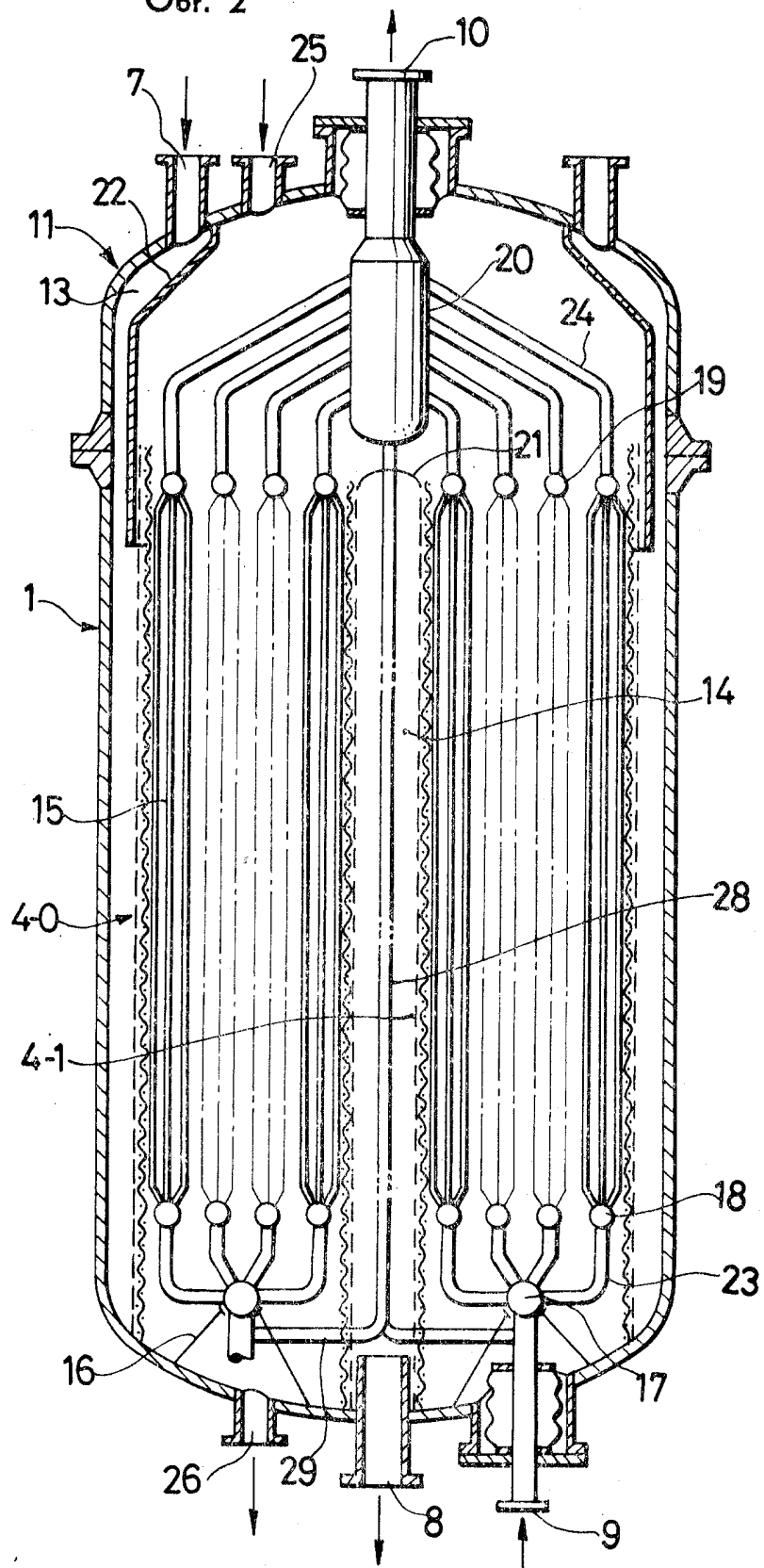
hající ve vrstvě katalyzátoru, vyznačený tím, že vrstva katalyzátoru se vytvoří z jediné vrstvy a plyné suroviny procházejí jen jedenkrát vrstvou katalyzátoru v radiálním směru od obvodu směrem ke středu nebo v opačném směru.

2. Způsob podle bodu 1 vyznačený tím, že se plyné suroviny obsahující katalytický jed nechají reagovat v předběžné reakční zóně obsahující katalyzátor, před jejich průchodem vrstvou katalyzátoru.

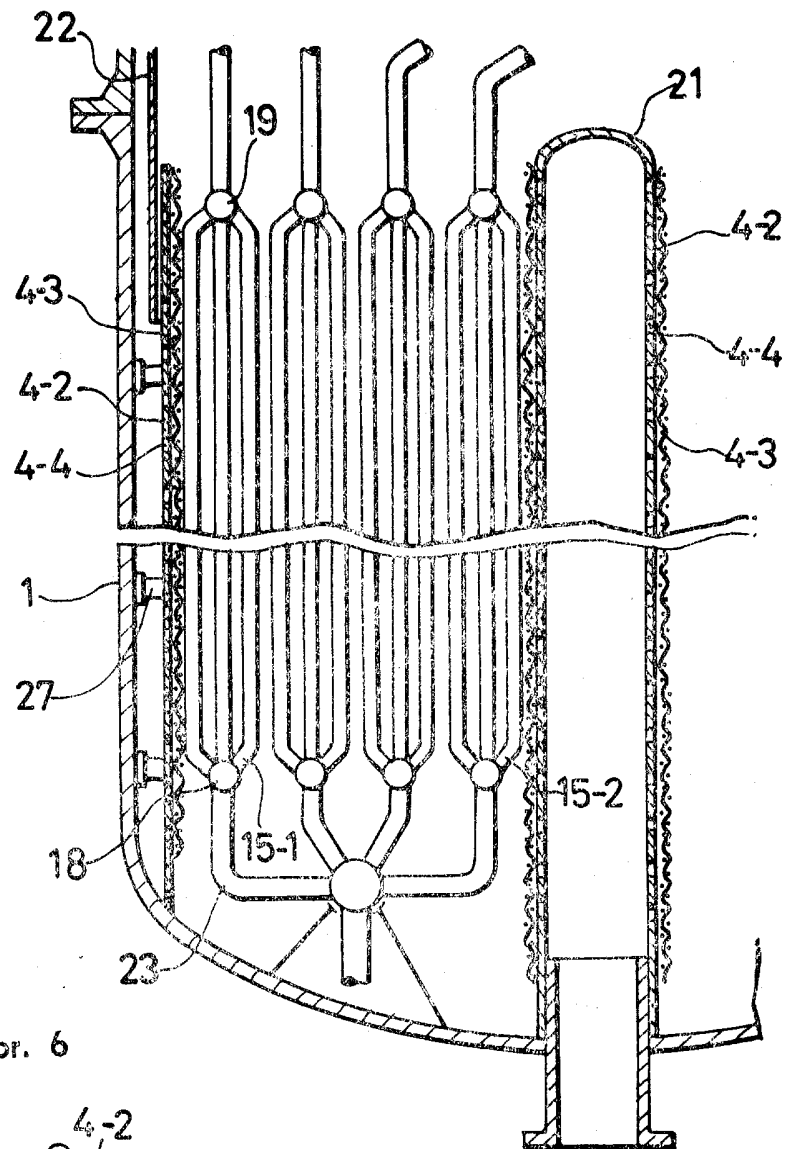
5 listů výkresů



Obr. 2



Obr. 3



Obr. 6

