



(12) **PATENT**

(19) **NO**

(11) **332058**

(13) **B1**

NORGE

(51) **Int Cl.**

B01J 19/24 (2006.01)

B01J 19/32 (2006.01)

B01J 8/02 (2006.01)

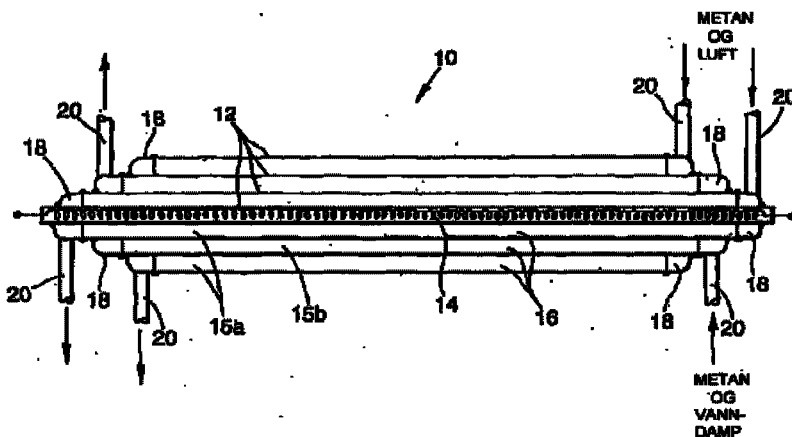
B01J 8/06 (2006.01)

C01B 3/38 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20023320	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2001.01.10 PCT/GB2001/00077
(22)	Inng.dag	2002.07.09	(85)	Videreføringsdag	2002.07.09
(24)	Løpedag	2001.01.10	(30)	Prioritet	2000.01.11, GB, 0000473 2000.03.20, GB, 0006620
(41)	Alm.tilgj	2002.09.11			
(45)	Meddelt	2012.06.11			
(73)	Innehaver	CompactGTL Plc, 19 Blacklands Way, GB-OX141DY ABINGDON, OXFORDSHIRE, Storbritannia Michael Joseph Bowe, 17 Balmoral Road, New Longton, GB-PR44JJ PRESTON, LANCASHIRE , Storbritannia John William Stairmand, Firdale, 1 School Lane, Guildon Sutton, GB-CH37ET CHESTER, CHESHIRE, Storbritannia Ian Frederick Zimmerman, 106 Merley Lane, Wimborne, Dorset BH21 3AQ, England, GB-, Storbritannia Jason Andrew Maude, 32 Calderbrook Court, Meadowbrook Way, GB-SK85NX CHEADLE, CHESHIRE , Storbritannia			
(72)	Oppfinner				
(74)	Fullmektig	Bryn Aarflot AS, Postboks 449 Sentrum, 0104 OSLO, Norge			
(54)	Benevnelse	Katalytisk reaktor			
(56)	Anførte publikasjoner	SE 470581 B, WO 9937580 A1, Ny granskingsrapport/ New search report, EP 0885653 A2			
(57)	Sammendrag				

En katalytisk reaktor (10) omfatter flere fluidugjennomtrengelige elementer (rør eller plater 12) som avgrenser strømningskanaler (15) mellom seg. Tett innpasset i hver strømningskanal er et sjikt (16) av korrugert material, hvis overflate er belagt med katalytisk material. Ved hver ende av reaktoren er det hovedkanaler (18) for å tilføre gassblandinger til strømningskanalene, idet de hovedkanaler som kommuniserer med inntilliggende kanaler er adskilt. Reaktoren gjør det mulig å tilføre forskjellige gassblandinger til inntilliggende kanaler og som kan ha forskjellig trykk, mens de tilhørende kjemiske reaksjoner også er ulike. Når en av reaksjonene er endoterm, mens den annen reaksjon er eksoterm, overføres varme gjennom rørveggen som adskiller de inntilliggende kanaler, fra den eksoterme reaksjon til den endoterme reaksjon. Reaktoren kan utnyttes i et kompakt anlegg for å utføre vandamp/metan-reformasjon, idet den nødvendige varme oppnås ved katalytisk metanforbrenning, og også for Fischer-Tropsch-syntese.



Denne oppfinnelse gjelder en katalytisk reaktor som er egnet for å brukes under utførelse av gassfasereaksjoner ved forhøyede trykk og særlig, men ikke utelukkende, for å utføre endoterme reaksjoner. Den gjelder også anvendelse av en sådan katalytisk reaktor for utførelse av kjemiske reaksjoner mellom gasser, og en prosess for omdanning av metan til hydrokarboner med høyere molekylvekt, som utnytter den katalytiske reaktor.

Bruk av katalytisk material understøttet på et metallsubstrat er velkjent. Som et eksempel beskriver GB 1 490 977 en katalysator som omfatter et aluminiumbærende, ferrittisk legeringssubstrat dekket med et lag ildfast oksid, slik som aluminiumoksid, titanoksid eller zirkondioksid, og deretter med et katalytisk metall fra platinagruppen. Som beskrevet i GB 1 531 134 og GB 1 546 097 kan et katalysatorlegeme omfatte hovedsakelig plane sjikt og korrugerte sjikt av sådant material anordnet vekselvis, for å avgrense kanaler gjennom legemet, enten ved at diverse sådanne sjikt er ordnet i en stabel eller ved at to sådanne sjikt er viklet sammen for å danne en spole. I disse eksempler har både de plane og de korrugerte sjikt korrugeringer i liten skala lagt oppå seg for å bidra til dannelsen av belegget. Sådanne katalysatorlegemer er omtalt å være egnet for bruk under behandling av eksosgass fra kjøretøyer.

Konstruksjonen av en kompakt katalytisk reaktor hvor strømningskanaler for gasser er avgrenset av spor i plater ordnet i en stabel og hvor platene er festet til hverandre (ved lodding), er beskrevet i WO 99/64146 (*DBB Fuel Cell Engines GmbH*). I det minste noen av sporene kan inneholde en katalysator på veggene mens et varmeoverførende medium kan tilføres et annet sett av spor, og dersom den ønskede reaksjon er endoterm, kan varme overføres direkte ved den katalytiske oksidasjon av et brensel i de andre spor. Den kan f.eks. brukes for vanddampreformasjon av hydrokarboner. En sådan reaktor betegnes en mikroreaktor og sporene betegnes mikrostrukturer, idet f.eks. selve platene sies å ha en tykkelse på mellom 0,3 og 0,5 mm, slik at sporene har meget lite tverrsnittsareal. For mange kjemiske prosesser er sådanne strømningskanaler av liten skala ufordelaktig, om enn bare på grunn av det følgelige trykkfall som fordres for å bevirke strømning langs dem.

EP 0 885 653 A (*Friedrich m.fl.*) beskriver en alternativ type katalytisk reaktor hvor kanalene har større tverrsnitt avgrenset av et eneste langt sjikt foldet som et "trekkspill" (eller en foldedør) eller i sikksakk, for således å danne mange parallelle strømningsbaner og med en korrugert folie plassert i hver strømningsbane. Foliene kan være belagt med egnede katalysatorer. Foliene kan fjernes. En sådan reaktor er

ikke egnet for bruk sammen med en betraktelig trykkforskjell mellom inntilliggende strømningskanaler ettersom enhver trykkforskjell må tåles av hele arealet i hver strømningskanal og fordi den ene side og begge ender av hver strømningskanal er åpen.

5

US 6 098 396 = DE 19 923 431 (*Wen m.fl.*) beskriver en katalytisk reaktor for bruk i kombinasjon med forbrenningsmotorer og som består av diverse korrugerte folier med forskjellige katalysatorer på motsatte overflater, idet den ene katalyserer en eksoterm reaksjon og den annen en endoterm reaksjon. En brensel/luft-blanding bringes til å strøømme over begge overflater, idet den endoterme reaksjon forhindrer at katalysatoren overoppvarmes. Det finnes ingen trykkforskjell mellom gassene på motsatte sider av hver folie ettersom den samme gassblanding tilføres hver side.

10

15

Videre er det i SE 470 851 B tidligere beskrevet en katalysatorbærer med parallelle kanaler, mens det i WO 99/37580 A1 er beskrevet en katalysator bestående av katalytisk aktive materialer. Utover dette er det fra EP 0 885 653 A2 kjent en katalytisk reaktor som består av metallsjikt som er korrugert formet. Ingen av disse tidligere publikasjoner beskriver imidlertid en katalytisk reaktor som har en slik utforming eller oppbygning som den i henhold til foreliggende oppfinnelse.

20

I henhold til foreliggende oppfinnelse er det fremskaffet en katalytisk reaktor som omfatter første og andre strømningskanaler, som er slik anordnet at de første og andre strømningskanaler kan føre forskjellige fluider, mens det i de strømningskanaler hvor det skal skje en reaksjon er anordnet en katalysator-bærende, korrugert metallfolie, idet den korrugerte metallfolie bærer en katalysator for nevnte reaksjon.

25

På denne bakgrunn av kjent teknikk, særlig fra publikasjonene nevnte ovenfor, har da den katalytiske reaktor i henhold til oppfinnelsen som særtrekk at de første og andre strømningskanaler er dannet av en stabel av metallfoliesjikt, idet:

30

- stabelen avgrenser en mengde første strømningskanaler som befinner seg side-ved-side mellom påfølgende foliesjikt i stabelen og en mengde andre strømningskanaler som befinner seg side-ved-side mellom påfølgende foliesjikt i stabelen, slik at det er god termisk kontakt mellom fluider i de første og andre strømningskanaler,

35

- de respektive metallfoliesjikt er i kontakt med et nabo-metallfoliesjikt langs begge sider av hver strømningskanal, og

- foliesjiktene i stabelen er satt sammen slik at strømningskanalene er gasstette og stabelen derved har en struktur hvor fluider i de første og andre strømningskanaler kan ha innbyrdes forskjellig trykk, mens den katalysator-bærende, korrugerte metallfolie er en ikke-strukturell metallfolie.

5

I henhold til oppfinnelsen forbedres en god termisk kontakt mellom gasser i nabo-strømkanaler ved at en korrugert metallfolie legges inn i hver gasstrømkanal. Denne folie kan også tjene som bærer for det katalytiske material. Inntilliggende metallsjikt kan presses sammen eller bindes til hverandre f.eks. ved hjelp av diffusjonsbinding.

10

For å sikre den nødvendige gode termiske kontakt er både de første og andre gasstrømkanaler fortrinnsvis mindre enn 5 mm brede, i det minste i en retning på tvers av gasstrømretningen. Det er mer å foretrekke at både de første og andre gasstrømkanaler er mindre enn 2 mm brede, i det minste i en sådan retning.

15

De korrugerte sjikt (som også kan ha korrugeringer i liten skala) er ikke strukturelle (eller del av den bærende struktur), så de kan bestå av tynn metallfolie. Sjiktene i stabelen kan imidlertid være tilstrekkelig tykke til å tåle trykkforskjeller, slik at de forskjellige gassblandinger kan ha forskjellig trykk.

20

Sjiktene kan være plane med spor maskinert over sin overflate for å utgjøre gasstrømkanaler. Reaktoren kan derfor omfatte en stabel av sådanne plane plater, idet sporene i inntilliggende plater følger ulike mønstre. Selve sporene kan f.eks. være 20 mm brede, idet hvert spor rommer et korrugert sjikt eller en metallfolie belagt med katalytisk material. For å sikre at gasstrømkanalene er gasstette, er platene fortrinnsvis festet til hverandre.

25

Under bruk av den katalytiske reaktor er den gassblanding som tilføres hver ringformet kanal forskjellig fra den gassblanding som tilføres nabokanalene, og de tilhørende kjemiske reaksjoner er også ulike. Fortrinnsvis er den ene av reaksjonene endoterm, mens den annen reaksjon er eksoterm. I såfall blir varme overført gjennom rørveggen eller sjiktet som skiller nabokanaler, fra den eksoterme reaksjon til den endoterme reaksjon.

30

Fortrinnsvis er selve sjiktene også belagt med egnet katalytisk material.

35

Denne reaktor er særlig egnet for å utføre metan/vanndamp-reformering (hvilket er en endoterm reaksjon som genererer hydrogen og karbonmonoksid), mens de veksel-

vise kanaler kan inneholde en metan/luft-blanding slik at den eksoterme oksidasjonsreaksjon gir den nødvendige varme for den endoterme reformasjonsreaksjon. Diverse forskjellige katalysatorer kan brukes for oksidasjonsreaksjonen, slik som palladium eller platina på en keramisk understøttelse og slik som platina på en lantanstabilisert understøttelse av aluminiumoksid, eller palladium på zirkondioksid. Den foretrukne katalysator for oksidasjonsreaksjonen er platina på stabilisert aluminiumoksid. For reformasjonsreaksjonen kan også flere forskjellige katalysatorer brukes, f.eks. nikkel, platina, palladium, rutenium eller rodium, som kan brukes på keramiske belegg, idet den foretrukne katalysator for reformasjonsreaksjonen er rodium eller platina/rodium på aluminiumoksid. Oksidasjonsreaksjonen kan utføres ved et i hovedsak atmosfærisk trykk, mens reformasjonsreaksjonen fortrinnsvis utføres ved et forhøyet trykk på f.eks. 2 MPa (20 atmosfærer) og mer typisk, på 300 eller 500 kPa.

Det vil forstås at de materialer som reaktorene er fremstilt fra, utsettes for en kraftig korrosiv atmosfære under bruk og f.eks. kan temperaturen bli så høy som 900° C, skjønt den mer typisk er på omtrent 750° C. Reaktoren kan fremstilles fra et metall, slik som et aluminiumbærende ferrittisk stål, særlig av typen kjent som Fecralloy (handelsbetegnelse) som er jern med inntil 20 % krom, 0,5 - 12 % aluminium og 0,1 - 3 % yttrium. Det kan f.eks. være jern med 15 % krom, 4 % aluminium og 0,3 % yttrium. Når dette metall oppvarmes i luft, dannes det et klebrig oksidbelegg av aluminiumoksid som beskytter legeringen mot ytterligere oksidasjon. Når dette metall brukes som katalysatorsubstrat og belegges med et keramisk lag hvor et katalysator-material er innlemmet, antas det at aluminiumoksidlaget på metallet bindes til oksidbelegget, for således å sikre at det katalytiske material hefter seg til metallsubstratet.

Bare som eksempel skal nå oppfinnelsen bli nærmere og mer detaljert beskrevet med henvisning til de vedføyde tegninger, på hvilke:

- Fig. 1 viser en skisse av et snitt langs en katalytisk reaktor som ikke utgjør en del av foreliggende oppfinnelse,
- fig. 2 viser en skisse av et snitt på tvers av reaktoren langs linjen 2-2 i fig. 1,
- fig. 3 viser et flytskjema for en kjemisk prosess som kan utføres med reaktoren vist i fig. 1 og 2,
- fig. 4 viser en skisse av et snitt på tvers av plater stablet for å danne en katalytisk reaktor i henhold til foreliggende oppfinnelse,
- fig. 5 viser en uttrukket perspektivskisse av tre sjikt som danner en modul i en annen, alternativ katalytisk reaktor, som ikke utgjør en del av foreliggende oppfinnelse,

- fig. 6 viser en perspektivskisse av en alternativ katalytisk reaktor i henhold til foreliggende oppfinnelse,
- fig. 7 viser en planskisse av en plate som brukes for å danne en annen, alternativ katalytisk reaktor i henhold til foreliggende oppfinnelse,
- 5 fig. 8 viser en planskisse av en plate som brukes for å danne en annen, alternativ katalytisk reaktor i henhold til foreliggende oppfinnelse, og
- fig. 9a og 9b viser planskisse av plater som brukes for å danne en annen, alternativ katalytisk reaktor som ikke utgjør en del av foreliggende oppfinnelse.

10 Med henvisning til fig. 1 består en katalytisk reaktor 10 av diverse sammenflettede, konsentriske trykkrør 12 av Fecralloy-stål, som hver har en veggtykkelse på 0,5 mm (bare fire er vist i figuren, men antallet rør 12 kan i praksis være femten eller seksten). Det aller innerste rør inneholder et elektrisk varmeelement 14. Som vist i fig. 2 er det i de ringformede kanaler 15 mellom rørene 12 anordnet folier 16 av

15 korrugert Fecralloy-stål, hvis korrugeringer typisk er 2,0 mm høye (fra topp til topp) med en innbyrdes avstand på 2,0 mm.

De korrugerte folier 16 kan frembringes slik som beskrevet i GB 1 546 097, ved å føre en plan strimmel av Fecralloy-stål med en tykkelse på 0,05 mm gjennom to påfølg-

20 ende sett av korrugeringsvalser. De første valser danner miniatyrkorrugeringer som strekker seg over strimmelen i en spiss vinkel i forhold til dens lengdeakse og disse miniatyrkorrugeringer kan f.eks. ha en høyde på 0,1 mm og innbyrdes avstand på 0,1 mm. Strimmelen blir så ført gjennom et andre sett av korrugeringsvalser som frembringer korrugeringer av større størrelse uten å ødelegge miniatyrkorrugeringene.

25 De større korrugeringer strekker seg over strimmelen i den samme spisse vinkel i forhold til lengdeaksen og er, slik som nevnt ovenfor, typisk 2,0 mm høye med innbyrdes avstand på 2,0 mm.

Reaktoren 10 sammenstilles ved å tilskjære en lengde av en korrugert strimmel, som

30 er lik omkretsen av den første ringformede kanal, og så plassere den på det aller innerste rør 12, idet det neste rør tilpasses tett på den korrugerte strimmel ved å varmes opp til 250° C før det bringes til å gli over den korrugerte strimmel, slik at det krymper tett på den korrugerte strimmel. Så snart det er avkjølet, gjentas denne prosedyre. Det tilskjæres en lengde av en korrugert strimmel, som er lik omkretsen av

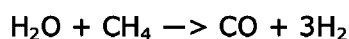
35 den neste ringformede kanal, for å plasseres på det ytre rør 12, og det neste rør oppvarmes til 250° C før det bringes til å gli over den korrugerte strimmel, slik at det krymper tett på denne. Hver strimmel kan ha en bredde som er lik den aksiale lengde

av den ringformede kanal eller alternativt og fortrinnsvis kan et antall smale strimler bli lagt side ved side for å utgjøre den nødvendige aksiale lengde. Av hensyn til enkelheten under produksjonen blir alle de korrugerte strimler fremstilt med de samme valser, slik at alle korrugeringene får samme orientering. Således møter den enkelte korrugering kantene av strimmelen i posisjoner hvis adskillelse (langs lengden av strimmelen) fortrinnsvis er lik omkretsen av den første ringformede kanal. Etter sammenstilling til reaktoren 10, danner følgelig hver sådan korrugering en skruelinjeformet bane.

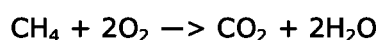
Når alle rørene 12 og korrugerte folier 16 er blitt sammenstilt, belegges overflatene av den første, tredje, femte osv. ringformede kanal 15a med en zirkondioksidsol, mens overflatene av den andre, fjerde, sjette, osv. ringformede kanal 15b belegges med en aluminiumoksidsol. Dette kan utføres ved midlertidig å blokkere enden av et sett ringformede kanaler, f.eks. med voks, og senke sammenstillingen ned i den passende sol. Sammenstillingen blir så tørket sakte for så å sintres, f.eks. i en varmluftsovn, for å heve temperaturen til f.eks. 1100° C over en periode på fire timer og så holde den ved denne temperatur i ytterligere fire timer. Etter avkjøling av den belagte sammenstilling føres det så inn katalysatormaterialer f.eks. i form av et salt av et passende metall, dvs. at i dette eksempel føres palladium inn på zirkondioksidbelegget i kanalene 15a, mens rodium føres inn på aluminiumoksidbelegget i kanalene 15b. Katalysatormetallene blir så dannet ved hjelp av en varmebehandling for å dekomponere (eller redusere) saltet.

Ringformede endekapsler 18 blir så ved hjelp av laser sveiset på endene av hver ringformet kanal 15, idet hver endekapsel 18 kommuniserer med en innløps- eller utløpsrørledning 20. Den ytre diameter av den resulterende reaktor 10 er 50 mm, mens dens lengde er 500 mm.

Reaktoren 10 er særlig egnet for å utføre vanndamp/metan-reformasjon, dvs. reaksjonen:



Denne reaksjon er endoterm og katalyseres av rodiumkatalysatoren i kanalen 15b. Den varme som behøves for å forårsake denne reaksjon kan frembringes ved forbrenning av metan, dvs.:



som er en eksoterm reaksjon og katalyseres av palladiumkatalysatoren i kanalene 15a. Den varme som genereres av denne forbrenningsreaksjon ledes gjennom veggene av rørene 12 inn i de nærliggende kanaler 15b. Under bruk blir således reaktoren 10 innledningsvis oppvarmet ved å utnytte det elektriske varmeelement 14.

5 En blanding av metan og luft tilføres så alle kanalene 15a omtrent ved atmosfærisk trykk, hvor de gjennomgår en katalytisk forbrenning. En blanding av vanndamp og metan tilføres de vekselvise kanaler 15b hvor den vanndamp/metan omdannende reaksjon skjer, idet vanndamp- og metanblandingen fortrinnsvis har et forhøyet trykk, ettersom dette hever mengdestrømraten og således gjør det mulig å behandle en

10 større mengde metangass. Som et eksempel kan trykket i disse kanaler 15b være 1 MPa.

Den gassblanding som frembringes av vanndamp/metan-reformasjonen kan så utnyttes for å utføre en Fischer-Tropsch-syntese, dvs.:

15 karbonmonoksid + hydrogen $\rightarrow$ paraffin eller olefin (slik som C_{10}) + vann som er en eksoterm reaksjon som skjer ved en hevet temperatur på f.eks. 320° C, og forhøyet trykk (f.eks. 1,8 - 2,2 MPa) i nærvær av en katalysator, slik som jern, kobolt eller smeltet magnetitt, sammen med en kaliumaktivator. Den nøyaktige art av de organiske forbindelser som dannes ved reaksjonen avhenger av temperaturen, trykket

20 og katalysatoren, såvel som forholdet mellom karbonmonoksid og hydrogen. Den varme som avgis ved denne syntesereaksjon kan utnyttes for å fremskaffe i det minste en del av den varme som fordres ved den vanndamp/metan-omdannende reaksjon, og det kan f.eks. benyttes et varmetransporterende fluid, slik som helium, for å overføre varme fra en reaktor hvor Fischer-Tropsch-syntesen skjer, idet varmen

25 brukes for å forvarme i det minste en av gasstrømmene som tilføres reaktoren 10.

Det henvises nå til fig. 3 hvor den samlede kjemiske prosess er vist i form av et flyt-skjema. De fleste fluider befinner seg ved et forhøyet trykk på 10 bar (1 MPa). Mategassen 24 består først og fremst av metan med en liten prosentandel (f.eks. 10 %) etan og propan ved 1 MPa. Den føres gjennom en varmeveksler 25 slik at den får en

30 temperatur på omtrent 400° C og føres så via en virvelstrømblander 26 for fluider til en første katalytisk reaktor 28. I blanderen 26 blandes mategassen sammen med en strøm av vanndamp som også har en temperatur på omtrent 400° C og et trykk på 1 MPa, idet disse strømmer kommer inn i blanderen 26 gjennom tangensiale innløp for

35 å følge en spiralbane til et aksialt utløp, slik at de blir fullkomment blandet sammen. Den første del av reaktoren 28 er en forreformer 29 med en metaniserende nikkel-katalysator ved 400° C, hvor de høyere alkaner reagerer med vanndamp for å danne

metan (og karbonmonoksid). Den andre del av reaktoren 28 er en reformer 30 med en platina/rodiumkatalysator, hvor metan og vanndamp reagerer for å danne karbonmonoksid og hydrogen. Denne reaksjon kan utføres ved 800° C, idet varmen frembringes ved forbrenning av metan over palladium- (eller platina-)katalysatoren. De varme gasser fra reformeren 30 blir så brått avkjølt ved å bli ført gjennom en varmeveksler 31 for å frembringe den varme vanndamp som tilføres virvelblanderen 26, og deretter gjennom varmeveksleren 25 hvor de mister varme til mategassen.

Strømmen av karbonmonoksid og hydrogen blir så tilført en tredje reaktor 32 hvor karbonmonoksid og hydrogen reagerer mens de gjennomgår en Fischer-Tropsch-syntese for å danne en paraffin eller lignende forbindelse. Denne reaksjon er eksoterm og finner fortrinnsvis sted ved omtrent 350° C, mens varmen brukes for å forvarme vanndampen som tilføres varmeveksleren 31 ved å bruke et varmevekslerfluid, slik som helium, som sirkuleres mellom varmevekslerkanalene i reaktoren 32 og en dampgenerator 33. Under denne syntese avtar gassenes volum, slik at denne prosess også utføres ved det forhøyede trykk på 1 MPa. De resulterende gasser blir så ledet inn i en kondensator 34 hvor de utveksler varme med vann på innledningsvis 25° C. De høyere alkaner (f.eks. C₅ og høyere) kondenserer som en væske, hvilket også vannet gjør, og denne blanding av væsker føres til en gravitasjonsseparator 35. De separerte høyere alkaner kan da fjernes som det ønskede produkt, mens vannet returneres via varmevekslerene 33 og 31 til blanderen 26. Mulige lavere alkaner eller metan og gjenværende hydrogen føres gjennom kondensatoren 34 og tilføres så en avkjølt kondensator 36 hvor gass og damp avkjøles til omtrent 5° C. De gjenværende gasser som primært består av hydrogen, karbondioksid, metan og etan, ledes gjennom en trykkfrigjørende ventilasjonsventil 37 til en fakkel 38. Den kondenserte damp som primært består av propan, butan og vann ledes til en gravitetsseparator 39 fra hvilken vannet kombineres med det resirkulerte vann fra separatorens 35, mens alkanene resirkuleres til innløpet for Fischer-Tropsch-reaktoren 32.

Den temperatur som dampen senkes til i den første kondensator 34 bestemmer molekylvekten av de alkaner som kondenseres og som således fremkommer som produkt. Ved å forandre temperaturen av vannet som tilføres kondensatoren 34 kan således produktets egenskaper modifiseres. Reaksjonsplanen ovenfor bygger på at vanndamp/metan forholdet ligger nær den støkiometriske fordring for reformeren 30, idet rodiumkatalysatoren er særlig motstandsdyktig mot forkoksing. Dette har den fordel at neglisjerbare mengder av karbondioksid dannes i reformeren 30, slik at det er unødvendig å behandle gassene ytterligere (ved å bruke en omvendt vann/gass-

forskyvende reaksjon) for å omdanne karbondioksid tilbake til karbonmonoksid. Det vil også forstås at dersom mategassen består utelukkende av metan, kan forreformer-
en 29 utelates.

5 Ved å brukes på denne måte er det samlede resultat av prosessene at metan omdan-
nes til hydrokarboner med høyere molekylvekt og som typisk er væsker ved omgivel-
sestemperatur og trykk. Prosessene kan også anvendes på en olje- eller gassbrønn for
å omdanne naturgass til en flytende hydrokarbon som er lettere å transportere.

10 Det vil forstås at reaktoren 10 i fig. 1 og 2 kan utnyttes for å utføre mange slags
kjemiske prosesser og at katalysatoren i hver kanal 15 må være passende for den
tilsvarende prosess. Det kan ordnes slik at gassene strømmer gjennom kanalene 15 i
reaktoren parallelt eller i serie. Strømningene av de to gassblandinger i nabokana-
ler 15 kan være motstrøms eller medstrøms og retningene av korrugeringene (og
15 derved de skruelinjeformede strømninger) i nabokanaler 15 kan være parallelle eller
på skrå. Under visse omstendigheter kan den skruelinjeformede strømning utnyttes
for å sette igang sentrifugal separering mellom flytende og gassholdige produkter fra
en reaksjon.

20 Det vil også forstås at reaktoren 10 på mange måter kan være forskjellig fra den be-
skrevet ovenfor samtidig som den forblir innenfor foreliggende oppfinnelse. Som
eksempel kan antallet konsentriske rør 12 og den radiale bredde av kanalene 15 skille
seg fra hva som er beskrevet og kanalene kan ha en annen lengde, slik som 100 mm.
Den elektriske varmeinnretning 14 kan erstattes med en alternativ varmekilde, slik
25 som et induksjonsvarmeapparat.

Med henvisning til fig. 4 omfatter en alternativ reaktor 40 en stabel av plater 42 som
hver er av Fecralloy-stål, og i dette tilfelle er platene 200 mm i kvadrat og 3 mm tykke
(bare deler av to plater er vist i snitt i figuren). Spor 44 med en bredde på 8 mm og
30 dybde på 2,5 mm strekker seg over hele bredden av hver plate 42 parallelt med den
ene side og adskilt av flater 45 med bredde 3 mm, idet sporene 44 er maskinert. En
bærefolie 46 av 50 µm tykt Fecralloy-stål belagt med et keramisk belegg som inne-
holder et katalysatormaterial og 2,5 mm høye korrugeringer, finner plass i hvert så-
dant spor 44. En stabel av sådanne plater 42 med katalysatorfolier 46 sammenstilles,
35 idet orienteringen av sporene 44 har en forskjell på 90° i påfølgende plater 42, og til-
dekkes med en plan topplate med Fecralloy-stål. Deretter diffusjonsbindes stabelen
sammen ved at stabelen varmes opp til en temperatur i området 600 - 1200° C i en

nøytral atmosfære. Stabelen av plater kan på dette stadium eller senere utstyres med hoved- eller samlekanaler (headers). Således bestemmes gasstrømkanalene av sporene 44, idet et sett kanaler strekker seg f.eks. fra høyre mot venstre i stabelen, mens det annet sett av kanaler (i de avvekslende plater 42) strekker seg fra forsiden til baksiden av stabelen.

Det vil forstås at den type keramikk som avsettes på de korrugerte folier 46 i gasstrømkanalene kan være forskjellig i påfølgende plater 42 i stabelen og at katalysator-materialene også kan være ulike. Som et eksempel (som med reaktoren 10 i fig. 1 og 2) kan det keramiske material omfatte aluminiumoksid i den ene av gasstrømkanalene og zirkondioksid i den annen av gasstrømkanalene.

Etter diffusjonsbindingen blir fortrinnsvis stabelen av plater 42 holdt på en temperatur på omtrent 900° C mens det sendes en oksiderende gasstrøm gjennom alle sporene 44 som avgrenser gasstrømkanalene. Dette fremmer dannelsen av et aluminiumoksidrikt oksidlag på kanalenes overflater. Etter dette oksidasjonstrinn avkjøles stabelen til værelsestemperatur og en vandig løsning av enten aluminiumoksid- eller zirkondioksidol pumpes gjennom sporene 44 og tillates så å dreneres ut (slik at det etterlates et belegg av sol på veggene av kanalene). Viskositeten av sol løsningen kan justeres enten ved å endre dens pH eller konsentrasjon, mens fjerning av overskytende sol kan baseres på drenering under virkning fra gravitasjonskraften, eller fordre pumping avhengig av viskositeten. Stabelen blir så sintret i en oksiderende atmosfære ved en temperatur på f.eks. omtrent 800° C, slik at aluminiumoksidolpartiklene sintres på oksidlaget på overflaten av Fecralloy-stålet for således å danne et keramisk katalysatorbærerlag. Det er ønskelig at dette lag har en tykkelse i området 10 - 50 µm og trinnene hvor den passende sol legges på, for så å sintres, kan om nødvendig gjentas for å oppnå den ønskede tykkelse. Til sist pumpes en løsning av et passende katalytisk metallsalt gjennom kanalene 44 og stabelen blir så tørket og termisk behandlet i en reduserende (eller oksiderende) atmosfære for å frembringe den ønskede form for dispergert katalysatormetall på det keramiske bærerlag i gasstrømkanalene 44.

Som med reaktoren 10 vil reaktoren dannet av platene 42 være egnet for å utføre vanddamp/metan-reformasjon ved f.eks. å utnytte en rodiumkatalysator. Den varme som fordres for å bevirke denne reaksjon kan frembringes ved forbrenning av metan som kan katalyseres med en paladiumkatalysator. Fordi platene 42 som utgjør stabelen er festet til hverandre, er gasstrømkanalene gasstette (bortsett fra kommunikasjonen med samle- eller hovedkanaler ved hver ende) og trykket i de alternerende

gasstrømkanaler kan også være forskjellig, slik som nevnt i sammenheng med reaktoren 10.

Det henvises nå til fig. 5 som viser en uttrukket perspektivskisse av tre sjikt av Fecralloy-stål som, når de er sammenstilt, danner en modul for en annen alternativ katalytisk reaktor. Hvert sjikt 50, 54 og 56 er i hovedsak rektangulært og måler 30 × 100 mm, idet sjiktene 50 og 56 har en tykkelse på 0,3 mm mens sjiktene 54 har en tykkelse på omtrent 50 µm, og hvert er tilformet hydraulisk. Det første sjikt 50 er presset til å danne en rektangulær fordypning 51 som er 1 mm dyp og omgitt av en plan omkretsmessig flens 52 hvor det er innløps- og utløpsuttagninger 53. Det midtre sjikt 54 har en sentral, rektangulær seksjon hvor det er parallelle korrugeringer 55, idet lengden av korrugeringene 55 er noe mindre enn høyden av fordypningen 51, og som er omgitt av en plan omkretsmessig flens 52. Korrugeringene 55 rager 1 mm over planet av flensen 52 på hver side av sjiktet 54. Det tredje sjikt 56 har en rektangulær fordypning 57 som er 1 mm dyp og omgitt av en plan, omkretsmessig flens 52 hvor det er innløps- og utløpsuttagninger 58. Overflaten av korrugeringene 55 er belagt med et tynt lag keramisk material kombinert med et katalytisk material. Det keramiske material og katalysatormaterialet som dekker korrugeringene 55 på den ene side av sjiktet 54 kan være forskjellig fra det keramiske material og katalysatormaterialet som dekker korrugeringene 55 på den motsatte side av sjiktet 54.

Sjiktene 50, 54 og 56 blir så sammenstilt med korrugeringene 55 ragende inn i fordypningene 51 og 57, og de tre omkretsmessige flenser 52 blir festet til hverandre ved sveising, lodding eller diffusjonsbinding. Forskjellige gassblandinger kan så tilføres gasstrømkanalene skapt på motsatte sider av det midtre sjikt 54, idet én gassblanding føres inn gjennom uttagningen 53 og en annen gjennom uttagning 58. En mengde sådanne tresjiktsmoduler kan settes sammen og forsynes med samle- eller hovedkanaler for de forskjellige gassblandinger.

Det henvises nå til fig. 6 som viser en perspektivskisse av en alternativ katalytisk reaktor 60 som består av en stabel rektangulære plater 62 i Fecralloy-stål, og som hver er 100 mm lang, 50 mm bred og 0,1 mm tykk, og som mellom seg har korrugerte folier 64 som også er av Fecralloy-stål, idet høyden av disse korrugeringer (og derved også adskillelsen mellom platene 62) er 4 mm. Foliene 64 avgrenser diverse gjennomgående spalter som er på linje med hverandre. På hver side av stabelen er det en sideplate 66 og mange smale rør 68 strekker seg gjennom hull boret i sideplatene 66 og gjennom de innrettede spalter i foliene i 64, idet det er 24 sådanne rør 68

langs lengden av hver korrugert folie 64 og rørene 68 befinner seg 4 mm fra hverandre. Hvert rør 68 er av Fecralloy-stål og har en innvendig diameter på 2 mm samt en veggtykkelse på 0,1 mm. Rørene 68 er diffusjonsbundet (eller alternativt loddet) til sideplatene 66.

5

Den indre overflate av rørene 68 er belagt med et keramisk material og en katalysator for en reaksjon som skjer ved forhøyet trykk, slik som metanreformasjon, mens overflaten av kanalene dannet av de korrugerte folier 64 og platene 62, er belagt med et keramisk material og en katalysator for en annen reaksjon, slik som metanforbrenning, slik som i de tidligere beskrevne reaktorer. Hovedkanaler (ikke vist) er festet til sideplatene 66 for å tilføre en gassblanding gjennom rørene 68 og hovedkanaler (ikke vist) er festet til endene av stabelen for å tilføre en gassblanding gjennom kanalene avgrenset av de korrugerte folier 64 og platene 62. Det vil igjen forstås at det er god termisk kontakt mellom gassene i de to sett av gasstrømkanaler.

15

Det vil forstås at fordelene ved sådanne trange gasstrømpassasjer er at diffusjonsbanelengdene er korte og at varme- og massetransportratene øker fordi grenselaget får mindre virkning. Derved forbedres raten for den kjemiske reaksjon som fordrer diffusjon av de reagerende arter i kontakt med de katalytiske overflater, og også raten av overføringen av varme mellom den eksoterme reaksjon og den endoterme reaksjon forbedres også. Følgelig kan sådanne katalytiske reaktorer gi høy effekttetthet.

20

Som beskrevet ovenfor kan de keramiske belegg bli avsatt fra et material i form av en sol, dvs. en dispersjon som inneholder partikler med en partikkelstørrelse på mellom 1 nm og 1 μ m. For en bestemt sol, slik som aluminiumoksidsol, bestemmer partikkelstørrelsen den måte som solen prepareres på. Noen aluminiumoksidsoler har enkeltvise partikler som primære solpartikler (såkalt uaggregert), mens noen aluminiumoksidsoler har solpartikler som er aggregater av mindre partikler. Generelt vil den aggregerte soltype gi et mer porøst keramisk belegg enn en uaggregert sol. Ved å velge den soltype som skal brukes eller ved å blande sammen forskjellige mengder av ulike soltyper, kan således porøsiteten av det keramiske belegg reguleres. Det keramiske beleggs katalytiske aktivitet kan reguleres ved å justere porøsiteten av keramikken og dens belastning med katalytisk material. Når det skal fremstilles en katalytisk reaktor for å utføre en meget eksoterm reaksjon kan det være ønskelig å justere den katalytiske aktivitet langs strømningsbanen f.eks. for innledningsvis å ha en lav katalytisk aktivitet og høyere katalytisk aktivitet lengre langs strømningsbanen, for å forhindre at det dannes varme flekker eller punkter. Dette kan f.eks. være

35

aktuelt i tilfellet av reaktorer for å utføre Fischer-Tropsch-syntese. Når det benyttes en zirkondioksidsol for å danne et keramisk zirkondioksidbelegg gjelder lignende betraktninger og i tillegg kan det være ønskelig å innlemme kationer, slik som yttrium, for å skape stabilisert zirkondioksid, særlig når det keramiske belegg under drift kan nå

5 høye temperaturer, ettersom stabilisert zirkondioksid gir et stabilt overflateareal.

Med henvisning igjen til fig. 4 vil det forstås at gasstrømkanalene 44 kan variere med hensyn til bredde og dybde langs sin lengde, for således å variere betingelsene for fluidstrømningen og varme- eller masseoverføringskoeffisientene, for å styre de

10 kjemiske reaksjoner på forskjellige steder innen reaktoren 40. Dette gjelder særlig en reaktor for Fischer-Tropsch-syntese hvor gassvolumet øker, og ved på passende måte å innsnevre kanalene 44 kan gasshastigheten opprettholdes ettersom reaksjonen skrider frem. Videre kan inndelingen eller mønsteret i de korrugerte folier 46 variere langs en reaktorkanal 44 for å justere den katalytiske aktivitet og således få styring

15 over temperaturene eller reaksjonsratene på forskjellige steder i reaktoren 40. De korrugerte folier 46 kan også tilformes med f.eks. perforeringer for å fremme fluid-sammenblandingen innenfor kanalene 44.

Med henvisning til fig. 7 omfatter en alternativ reaktor 70 en stabel Fecralloy-stålplater 71, idet hver plate generelt er rektangulær, 125 mm lang, 82 mm bred og 2

20 mm tykk. Langs midten av hver plate 71 er det maskinert syv parallelle rektangulære spor 72 som hver har en dybde på 0,75 mm, sammen med et hovedspor 74 av samme dybde ved hver ende, idet hovedsporet 74 strekker seg fra den ene sidekant av platen 71. På den øvre overflate av platen 71 vist i figuren strekker hovedsporet 74

25 ved bunnenden seg til den høyre kant av platen 71, mens det på toppenden strekker seg til venstre kant av platen 71. Sporene på den motsatte overflate av platen 71 er identiske, men hovedkanalene (angitt med stiplet linje) strekker seg til de motsatte sider av platen 71. Hovedsporene 74 i påfølgende plater 71 er ordnet som speilbilde av hverandre, slik at inntilliggende spor 74 strekker seg til den samme side av stabelen. I hvert rektangulære spor 72 er det tre korrugerte Fecralloy-folier 76a, b og c,

30 som hver er 50 µm tykk og med korrugeringer som er 1,8 mm høye, men med forskjellig inndeling eller bølgelengde av sine korrugeringer. For å sikre nøyaktig innretting av platene 71 under sammenstillingen, er det anordnet hull 75 ved hver ende som styrepinner passer inn i. Stabelen av plater 71 og folier 76 sammenstilles og presses

35 sammen under diffusjonsbinding, slik at foliene blir presset sammen til en høyde på 1,5 mm. Fordelingskanaler 78 for gassstrømmer blir så loddet til stabelen i hvert hjørne, idet hver fordelingskanal 78 kommuniserer med et sett hovedspor 74.

Med henvisning til fig. 8 har en alternativ reaktor 80 visse likhetstrekk med reaktoren 70 ved at den omfatter en stabel Fecralloy-stålplater 81, idet hver plate generelt er rektangulær, 125 mm lang, 90 mm bred og 2 mm tykk. Langs midtpartiet av hver plate 81 er det maskinert syv parallelle rektangulære spor 82 som hver har en bredde på 4 mm og en dybde på 0,75 mm, med en adskillelse på 5 mm, og et hovedspor 84 med samme dybde ved hver ende, idet hovedsporet 84 strekker seg til en hovedkanalåpning 83 nær den ene sidekant av platen 81. På den øvre overflate av platen 81 vist i figuren skjer derfor gasstrømmen fra åpningen 83 nederst til venstre, til åpning- en 83 øverst til høyre. Sporene på den motsatte side av platen 81 er identiske, men hovedkanaler (angitt med stiplet linje) strekker seg til hovedkanalåpninger 87 nær de motsatte sider av platen 81. Hovedsporene 84 i påfølgende plater 81 er ordnet som speilbilde av hverandre, slik at inntilliggende spor 84 kommuniserer med de samme par hovedkanalåpninger 83 eller 87. I hvert rektangulære spor 82 er det tre korrugerte Fecralloy-folier 86a, b og c som hver er 50 μ m tykk og med korrugeringer med høyde lik 1,8 mm, men som har forskjellig dele- eller bølgelengde av sine korrugeringer. For å sikre nøyaktig innretting av disse plater 81 under sammenstillingen, er det anordnet hull 85 ved hver ende, som styrepinner passer inn i. Stabelen av plater 81 og folier 86 sammenstilles og presses sammen under diffusjonsbinding, slik at foliene blir klemte sammen til en høyde på 1,5 mm. Forbindelse av fordelingskanaler for gasstrømmer blir så gjort til åpningene 83 og 87 på toppen av stabelen og som lukkes ved bunnen av stabelen. Ikke bare skiller reaktoren 80 seg fra reaktoren 70 ved at den har integrerte hovedkanaler avgrenset av åpningene 83 og 87 (i stedet for fordelingskanalene 78), men ved at i tillegg er syv spalter 88 gjennom platene 81 avgrenset i hvert plane område mellom de rektangulære spor 82, idet hver spalte 88 er 1 mm bred og 6 mm lang. Etter sammenstillingen av stabelen sørger disse spalter 88 for en strømningsbane for en tredje gasstrøm, f.eks. for forvarming av en gasstrøm.

Med henvisning til fig. 9a og 9b omfatter en alternativ reaktor 90 en stabel korrugerte folier 92 adskilt med rammer 93. Hver ramme omfatter (som vist i fig. 9a) en hovedsakelig kvadratisk plate 93 av Fecralloy stål, på 60 mm i kvadrat og med en tykkelse på 1 mm, som avgrenser fire rektangulære åpninger 94 som hver er 50 x 10 mm. Ved hver ende av platen 93 er det et hovedspor 95 med en dybde på 0,5 mm, og som via utsparinger kommuniserer med hver åpning 94. Nær hjørnene av hver plate er det hovedkanalåpninger 96. Det finnes to rammetyper som brukes vekselvis i stabelen. I den ene type kommuniserer (slik som vist) hovedsporene 95 med åpningene 96 nederst til venstre og øverst til høyre i platen 93 (slik som vist), mens i den annen

type (ikke vist) kommuniserer hovedsporene 95 med åpninger 96 øverst til venstre og nederst til høyre i platen 93. Hver folie 92 (vist i fig. 9b) er også 60 mm i kvadrat med en tykkelse på 0,5 mm. Nær hvert hjørne er det anordnet hovedkanalåpninger 96. Fire rektangulære områder 98 (som tilsvarer åpningene 94) er korrugert med en amplitude på 0,5 mm over og under folieplanet. I praksis er hvert sådant område 98 generelt korrugert med det samme mønster, men fire ulike mønstre er vist, idet området 98a har korrugeringer som strekker seg i lengderetningen langs strømningskanalen, området 98b har korrugeringer som strekker seg på tvers av strømningsretningen, området 98c har groper, og området 98d har både korrugeringer som strekker seg i lengderetningen og også groper. Reaktoren 90 består av en stabel av folier 92 som holdes fra hverandre ved hjelp av to rammetyper 93 som brukes vekselvis, idet bunnen av stabelen omfatter en plan, kvadratisk plate (ikke vist) etterfulgt av en ramme 93, mens toppen av stabelen omfatter en ramme 93 tildekket med en kvadratisk plate (ikke vist) som avgrenser åpninger tilsvarende åpningene 96. Stabelen sammenstilles og presses sammen under diffusjonsbinding for å danne en integrert reaktor.

Det vil forstås at mange andre reaktorer kan konstrueres ved å bruke prinsippene i henhold til oppfinnelsen. Som et eksempel kan en katalysator anordnes inne i gassstrømkanalene i form av en gassgjennomtrengelig pakning bestående av små keramikk kuler med en diameter på f.eks. 0,1 mm, idet disse er "pakket inn" i metallfoliens korrugeringer. I dette tilfelle har metallfolien den viktigste varmeoverføringsoverflate for gassene, mens de kjemiske reaksjoner finner sted ved de katalytiske kuler. Dette gjør det mulig å fjerne katalysatoren og erstatte den dersom dens aktivitet avtar.

PATENTKRAV

1. Katalytisk reaktor (40) som omfatter første (44) og andre strømningskanaler (44), som er slik anordnet at de første og andre strømningskanaler kan føre forskjellige fluider, mens det i de strømningskanaler hvor det skal skje en reaksjon er anordnet en katalysator-bærende, korrugert metallfolie (46), idet den korrugerte metallfolie bærer en katalysator for nevnte reaksjon,
 5 k a r a k t e r i s e r t v e d a t de første (44) og andre strømningskanaler (44) er dannet av en stabel av metallfoliesjikt (42), idet:
 - 10 – stabelen avgrenser en mengde første strømningskanaler (44) som befinner seg side-ved-side mellom påfølgende foliesjikt i stabelen og en mengde andre strømningskanaler (44) som befinner seg side-ved-side mellom påfølgende foliesjikt i stabelen, slik at det er god termisk kontakt mellom fluider i de første og andre strømningskanaler,
 - 15 – de respektive metallfoliesjikt (42) er i kontakt med et nabo-metallfoliesjikt langs begge sider av hver strømningskanal, og
 - foliesjiktene (42) i stabelen er satt sammen slik at strømningskanalene er gass-tette og stabelen derved har en struktur hvor fluider i de første og andre strømningskanaler kan ha innbyrdes forskjellig trykk, mens
 - 20 – den katalysator-bærende, korrugerte metallfolie (46) er en ikke-strukturell metallfolie.
2. Katalytisk reaktor som angitt i krav 1, og hvor metallet i metallfolien (46) omfatter et aluminiumbærende ferrittisk stål.
- 25 3. Katalytisk reaktor som angitt i krav 1 eller 2, og hvor korrugeringer av ulik inndeling, bølgelengde eller mønster er anordnet i påfølgende posisjoner langs strømningskanalen.
- 30 4. Katalytisk reaktor som angitt i et av de foregående krav, og hvor metallfolien er belagt med et lag keramisk material.
5. Katalytisk reaktor som angitt i krav 4, og hvor det keramiske lag har en tykkelse på mellom 10 og 50 μm .
- 35 6. Katalytisk reaktor som angitt i krav 4 eller 5, og hvor det keramiske material inneholder aluminiumoksid.

7. Katalytisk reaktor som angitt i et av de foregående krav, og som også omfatter hovedkanaler for å tilføre gassblandinger til gasstrømkkanalene (44), idet hovedkanalene er anordnet for å tilføre forskjellige gassblandinger til de første og andre gasstrømkkanaler.
8. Katalytisk reaktor egnet for å utføre vanndamp/metan-reformasjon, idet reaktoren er slik som angitt i et av de foregående krav, og hvor det keramiske material i de første kanaler (44) omfatter zirkondioksid med en katalysator for en forbrenningsreaksjon, mens det keramiske material i de andre kanaler (44) omfatter aluminiumoksid med en katalysator for reformasjonsreaksjonen.
9. Katalytisk reaktor som angitt i et av kravene 4, 5 eller 8, og hvor de første strømningskanaler (44) har en katalysator for en forbrenningsreaksjon, idet katalysatoren for forbrenningsreaksjonen omfatter palladium eller platina på et keramisk material.
10. Katalytisk reaktor som angitt i et av de foregående krav, og hvor strømningsretningen i de første og andre strømningskanaler (44) er i tverrgående retninger.
11. Katalytisk reaktor som angitt i et av de foregående krav, og hvor strømningsretningen i de første og andre strømningskanaler (44) er i parallelle retninger.
12. Katalytisk reaktor som angitt i krav 11, og hvor metallsjiktene er rektangulære, idet reaktoren omfatter i det minste et par fordelingskanaler (78) festet til motsatte sider av stabelen og inntil motsatte ender av stabelen, og hvor nevnte fordelingskanal kommuniserer med det et sett av strømningskanaler via respektive hovedkanaler som også er avgrenset mellom nabosjikt i stabelen, idet paret av fordelingskanaler gjør det mulig for fluid å bli tilført og trukket tilbake fra det ene sett av strømningskanaler.
13. Katalytisk reaktor som angitt i et av de foregående krav, og hvor den katalytiske aktivitet i i det minste de første strømningskanaler justeres langs strømningsbanen for innledningsvis å ha lav katalytisk aktivitet og høyere katalytisk aktivitet lengre langs strømningsbanen.

14. Anvendelse av en katalytisk reaktor som angitt i et av de foregående krav for utførelse av kjemiske reaksjoner mellom gasser, hvor det under bruken tilføres en gassblanding som utsettes for en reaksjon i et sett av strømningskanaler i nevnte reaktor, som inneholder en katalysator for nevnte reaksjon.

5

15. Prosess for omdanning av metan til hydrokarboner med høyere molekylvekt, som omfatter at:

- metan utsettes for vanndamppreformasjon i en første reaktor, og
- den resulterende gassblanding gjennomgår en Fischer-Tropsch-syntese i en andre reaktor,

10

idet i det minste en av nevnte reaktorer er en katalytisk reaktor som angitt i et av kravene 1 - 13,

k a r a k t e r i s e r t v e d at prosessen gjennomføres ved at:

- metan kombineres med vanndamp og tilføres avgrensede kanaler i den første reaktor hvor nevnte damppreformasjon utføres samtidig som den varme som kreves for preformasjonsreaksjonen genereres ved at det i avgrensede nabo-kanaler i den første reaktor utføres en forbrenningsreaksjon,
- den resulterende fluidblanding føres fra damppreformasjon ved et forhøyet trykk til den andre reaktor, og
- væskekomponenten i fluidblandingen som stammer fra Fischer-Tropsch-syntesen som utføres i den andre reaktor, kondenseres og det flytende hydrokarbon separeres derfra,

15

20

idet det i hver nevnte kanal er en katalysator for en respektiv av nevnte reaksjoner i prosessen.

25

16. Anvendelse av en prosess som angitt i krav 15 for ved en olje- eller gassbrønn å omdanne naturgass til et flytende hydrokarbon.

* * * * *

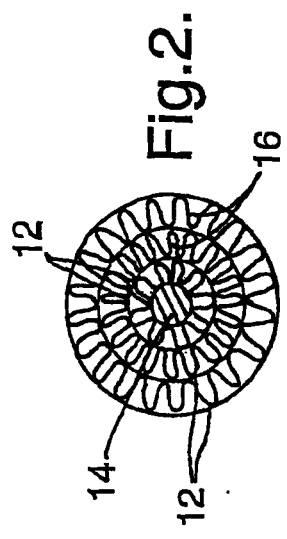
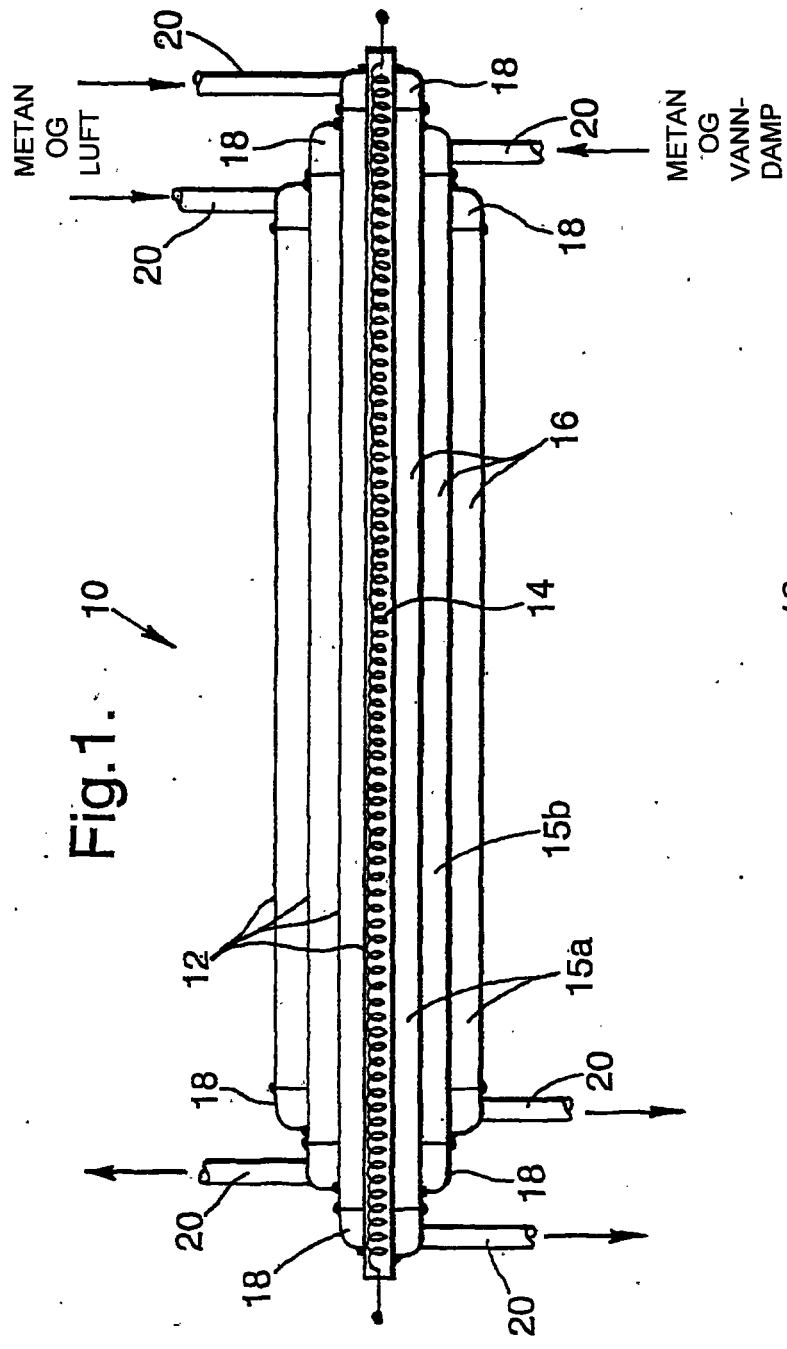
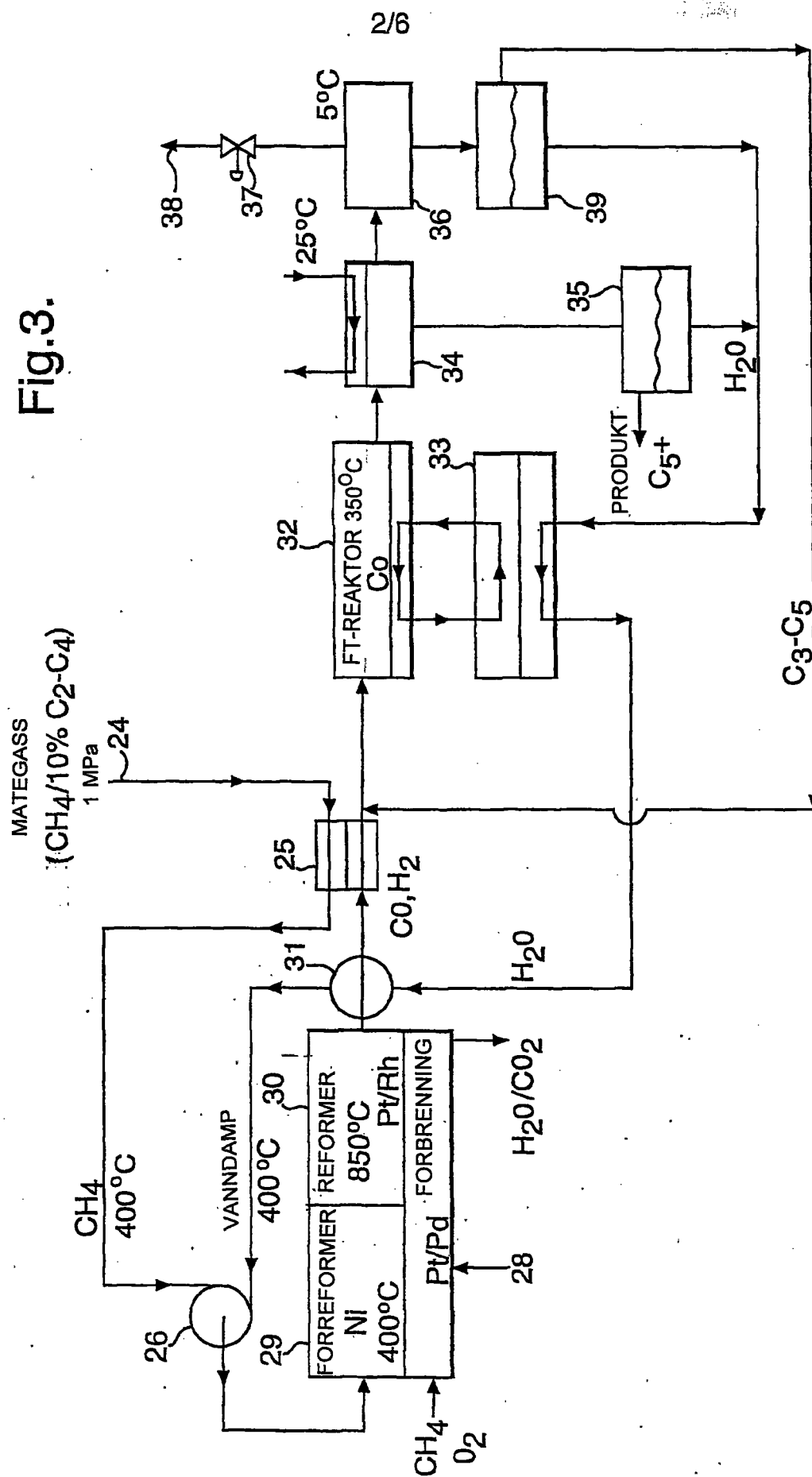


Fig.3.



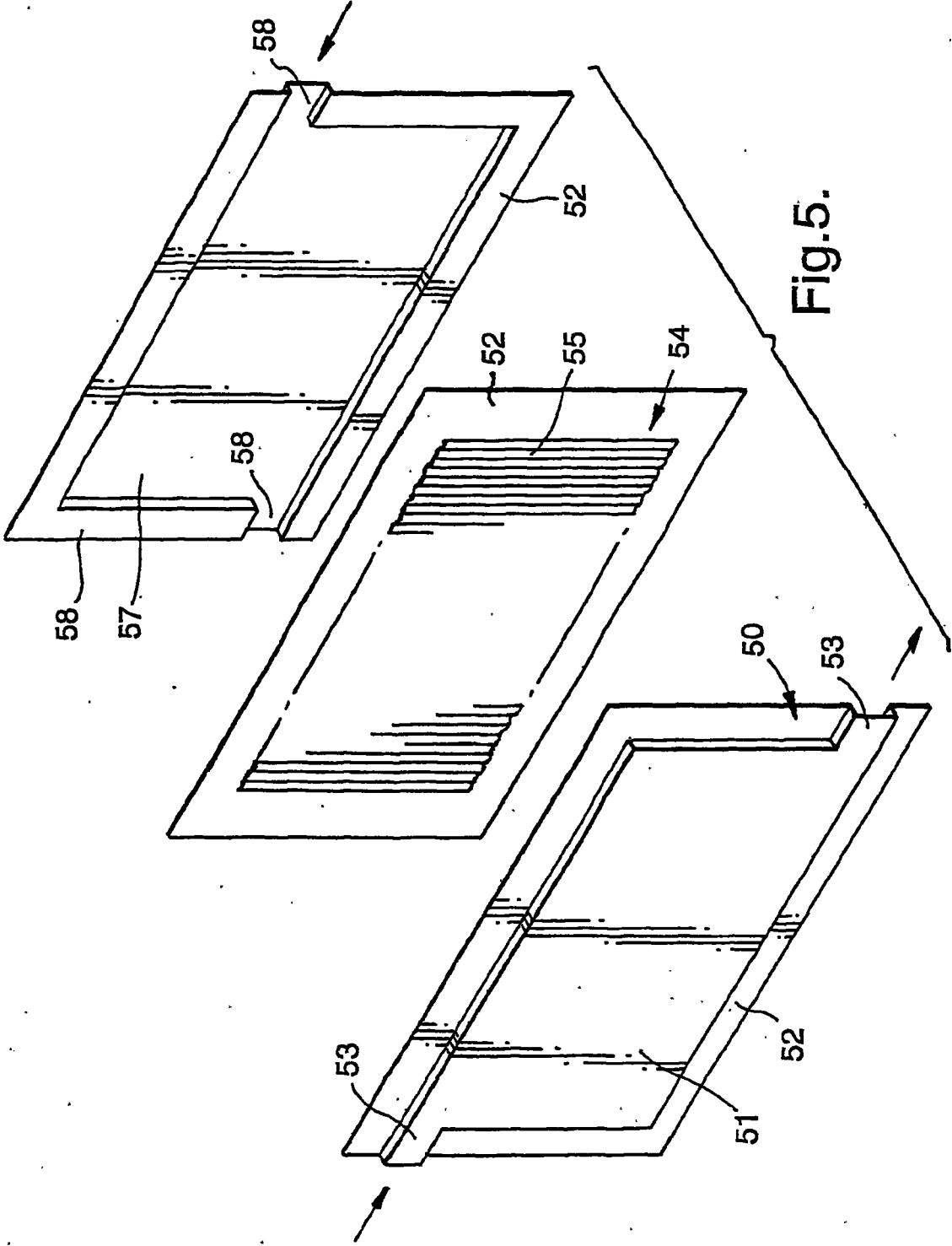


Fig.5.

4/6

Fig.4.

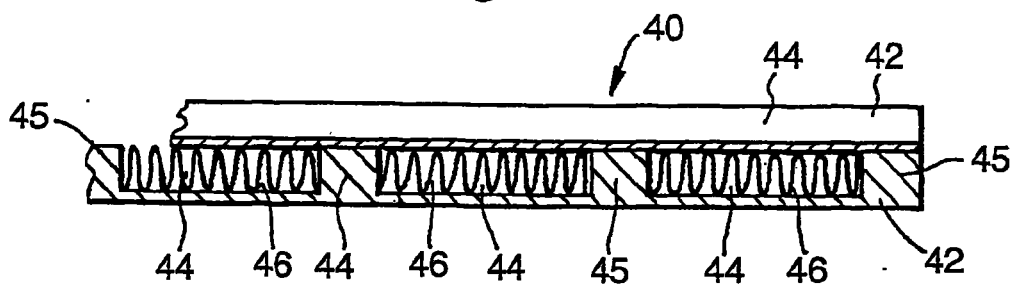
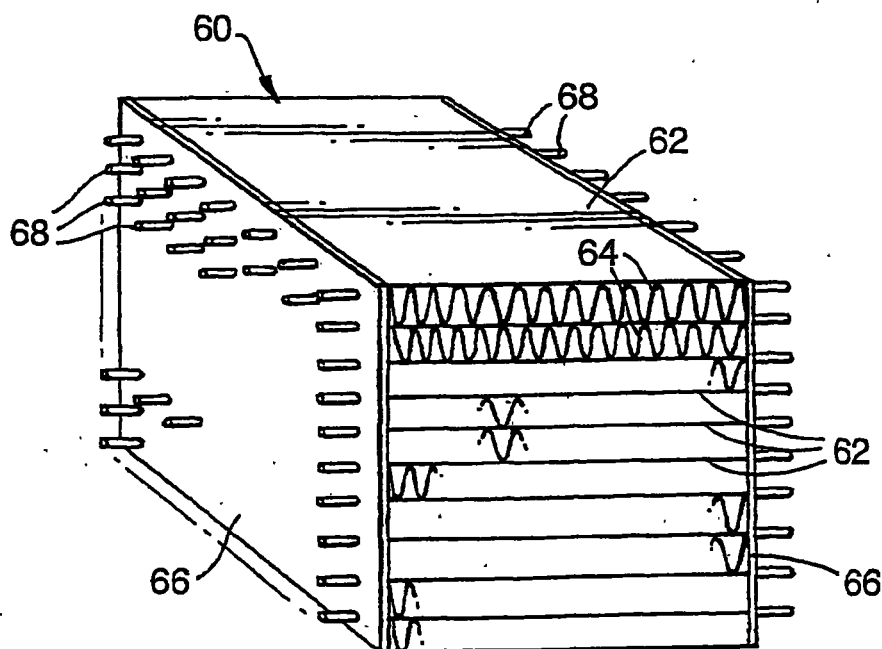
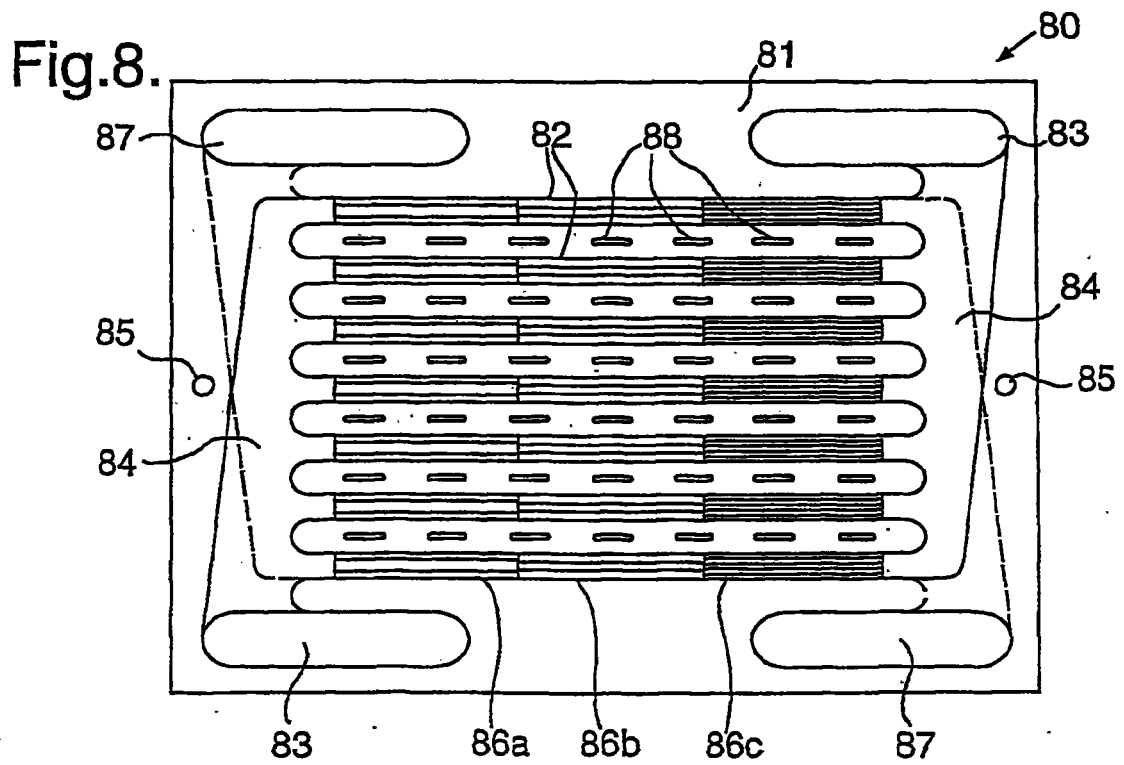
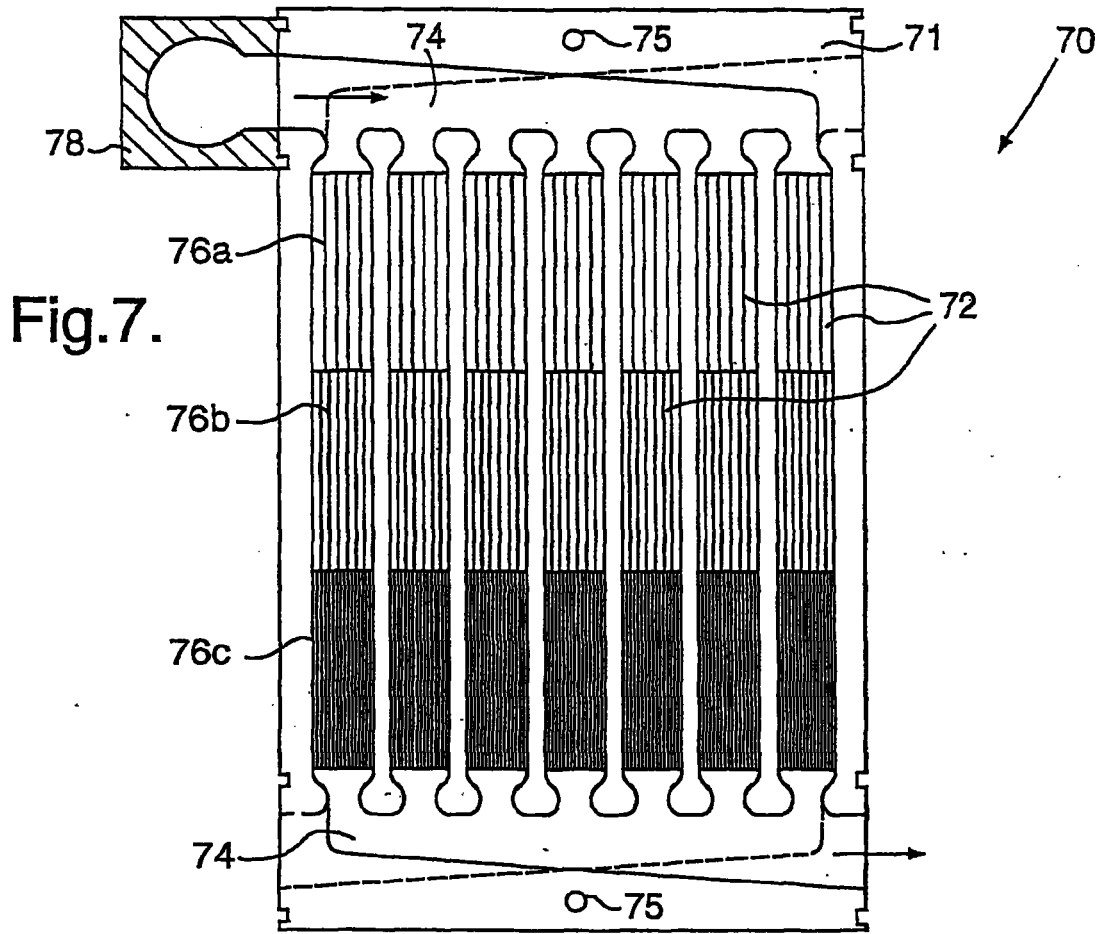


Fig.6.



5/6



6/6

Fig.9a.

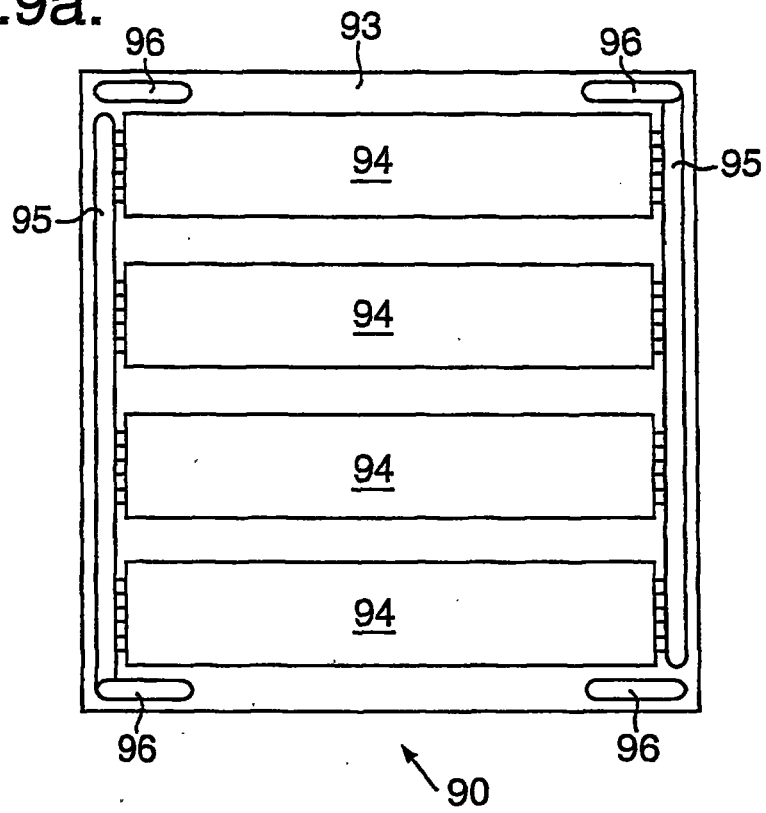


Fig.9b.

