

Fremgangsmåte og reaktor for fremstilling av metanol

Beskrivelse

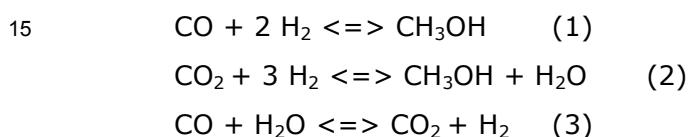
OPPFINNELSENS OMRÅDE

[0001] Den foreliggende oppfinnelse vedrører den industrielle produksjon av metanol ved omdanning av en syntesegass inneholdende hydrogen, karbonmonoksyd og karbondioksyd i nærvær av en metanolsyntesekatalysator.

[0002] Oppfinnelsen er særlig en fremgangsmåte og en reaktor for forbedring av metanolproduksjon med hensyn til likevektsbegrensning, og derved redusering eller eliminering av resirkulasjon av syntesegass ved in situ separasjon av metanol når den produseres fra syntesegassen.

BAKGRUNN FOR OPPFINNELSEN

[0003] Fremstillingen av metanol er basert på følgende tre likevektsreaksjoner:



[0004] På grunn av likevekten omdannes kun en fraksjon av syntesegassen til metanol og den gjenværende del av syntesegassen må resirkuleres. In situ separasjon av metanol fra syntesegassen er omhandlet i US patent nr. 4 731 387. I en gass-fast-stoff-rislestrømreaktor fjernes metanolen ved hjelp av et absorpsjonsmateriale og derved forbedres likevektstilstanden. Etter å ha passert reaktoren desorberes metanolen fra absorpsjonsmaterialet og absorpsjonsmaterialet resirkuleres til innløpet av reaktoren. Ulempene ved et slikt system ligger i kompleksiteten til systemet, som resulterer i driftsmessige vanskeligheter og en høyere investeringskostnad.

[0005] En annen måte for å overvinne likevektsbegrensningene er omhandlet i US patent nr. 5 262 443, hvor den katalytiske reaktor opereres ved en temperatur og trykk hvor en del av den produserte metanol kondenserer i det katalytiske sjikt. Ved anvendelse av denne oppfinnelsen er det mulig å redusere eller eliminere den kostbare resirkuleringen av syntesegass. Det er imidlertid to ulemper ved å arbeide på denne måten.

[0006] For å arbeide under gasduggpunktet må katalysatortemperaturen reduseres under det optimale temperaturnivå for den katalytiske reaksjonen. Den lavere temperaturen resulterer i en lavere aktivitet, som øker det nødvendige katalysatorvolum og kostnad av reaktoren.

[0007] Det andre problemet involverer kondensasjonen av metanol i den porøse katalysatoren. Syntesegassen må diffundere inni katalysatoren gjennom poresystemet for å initiere den katalytiske reaksjonen. Hvis porene fylles med metanol, reduseres diffusjonsraten og den katalytiske aktiviteten betydelig.

- 5 **[0008]** Disse to problemene reduserer katalysatoraktiviteten flere ganger sammenlignet med aktiviteten oppnådd i den konvensjonelle metanolsynteseprosessen. Som en konsekvens av den reduserte aktiviteten må kondenseringsreaktoren økes i størrelse hvilket resulterer i reaktorer som er mer kostbare enn konvensjonelle reaktorer med resirkulering av syntesegass.

10

OPPSUMMERING AV OPPFINNELSEN

- [0009]** Den foreliggende oppfinnelse tilveiebringer generelt en forbedret utførelse av en katalytisk metode og reaktor for produksjonen av metanol ved likevektsbetingelser, hvorved metanol når den dannes separeres fra gassfasen inn i væskefasen i
- 15 reaktoren, uten reduisering av den katalytiske aktiviteten av metanolkatalysatoren. Dette oppnås ved justering av temperaturen til det flytende kjølemiddel som er i indirekte kontakt med katalysatorpartiklene og ved tilveiebringelse av et spesifikt forhold av katalysatorsjikt volum til kjøleflateareal. Kondensasjon av metanol når den dannes i gassfasen foregår derfor for det meste ved kjøleflaten anordnet jevnt fordelt
- 20 inni reaktoren og hvis i det hele tatt innenfor et svært begrenset område av katalysatorsjiktet.

- [0010]** Mer spesielt tilveiebringer oppfinnelsen en fremgangsmåte for fremstilling av metanol omfattende trinnene med å reagere en syntesegass inneholdende hydrogen, karbonmonoksyd og karbondioksyd i en reaktor med stasjonært sjikt av metanol-
- 25 syntesekatalysatorpartikler som indirekte avkjøles med et kjølemiddel, og å kondensere metanol når den dannes på en kjøleflate ved justering av trykk av kjølemiddelet for å oppnå et kokepunkt (TBW) til kjølemiddelet mellom 60°C og 170°C, og
- å opprettholde katalysatortemperaturen over duggpunkt til metanolen ved justering
- 30 av areal av kjøleflaten (ACOO) ved kokepunktet til kjølemiddelet på en slik måte at forholdet av bunnfelt katalysatorbulk volum (VCAT) til kjøleflatearealet (ACOO) er mellom 0,0125 m og 0,125 m.

- [0011]** I en foretrukket utførelsesform av oppfinnelsen opprettholdes temperatur av metanolkatalysatorpartiklene over duggpunktet til metanolen ved hjelp av et
- 35 varmemiddel inkluderende trykksatt vann med et kokepunkt mellom 220°C og 280°C, damp med et duggpunkt mellom 220°C og 280°C eller en blanding derav, idet varmemiddelet føres gjennom et internt varmemiddel med et overflateareal slik at

forhold av overflaten av varmemiddel til overflaten av kjølearealet (ACOO) er mellom 0,3 og 3,0.

[0012] I ytterligere en foretrukket utførelsesform av oppfinnelsen, er kokepunktet til kjølemiddelet mellom 100°C og 160°C og forholdet av katalysatorbulkvolum (VCAT) til kjøleplatearealet (ACOO) er mellom 0,02 m og 0,09 m.

[0013] Oppfinnelsen tilveiebringer i tillegg en metanolreaktor som er anvendbar i fremgangsmåten i samsvar med oppfinnelsen.

[0014] I et aspekt av oppfinnelsen, omfatter en metanolreaktor innenfor en vanlig mantel et stasjonært sjikt av metanolkatalysatorpartikler og kjølemiddel tilpasset til indirekte kjøling av en metanolsyntesegass med et kjølemiddel, hvori forhold av bunnfelt katalysatorbulkvolum til kjøleplateareal (VCAT/ACOO) av kjølemiddelet er mellom 0,0125 m og 0,125 m ved et kokepunkt til kjølemiddelet på mellom 60°C og 170°C.

[0015] En foretrukket utførelsesform av den ovenfor beskrevne oppfinneriske reaktor omfatter videre innenfor det vanlige mantelvarmemiddel tilpasset for indirekte opprettholdelse av temperatur til metanolkatalysatoren over duggpunktet til metanolen med et varmemiddel, hvori overflateforhold av overflaten av varmemiddelet til kjølemiddelet er mellom 0,3 og 3,0.

[0016] I ytterligere en foretrukket utførelsesform av oppfinnelsen, omfatter reaktoren videre internt filmstabiliseringsutstyr nærliggende overflaten av kjølemiddelet.

DETALJERT BESKRIVELSE AV OPPFINNELSEN

[0017] Generelt er typen reaktor for anvendelse i oppfinnelsen mindre viktig. Det nødvendige kokepunkt eller temperatur til det flytende kjølemiddel vil være det samme for enhver av reaktortypene og katalysatorvolumet til kjøleplateareal vil være identisk. De mest anvendbare metanolreaktorer er reaktor kjølt enten ved stigende damp eller ved varming av et trykksatt flytende kjølemiddel.

[0018] "Temperaturen" til det flytende kjølemiddel er gjennomsnittstemperaturen definert som kjølemiddeltemperaturen etter å ha mottatt halvparten av den totale overførte varme.

[0019] De tre prinsipielle metanolreaktortyper er:

Reaktortype 1, hvor syntesegass kommer inn ved toppen av det katalytiske sjikt og katalysatorsjiktet er indirekte omgitt av det flytende kjølemiddel og syntesegassen og kondensert flytende metanol beveger seg samtidig nedover. Et eksempel på en slik reaktor er vist i tegningene i figur 8.

[0020] Reaktortype 2 hvor syntesegass kommer inn ved toppen av katalysatorsjiktet og det flytende kjølemiddel er indirekte omgitt av et katalysatorsjikt, og syntesegassen og kondensert væske beveger seg samtidig nedover. Et eksempel på en slik reaktor er vist i figur 9.

- 5 **[0021]** Reaktortype 3 hvor syntesegass kommer inn perpendikulært på akse til den sylindriske reaktoren og det flytende kjølemiddel er indirekte omgitt av et katalysatorsjikt, og syntesegassen og kondensert flytende metanol føres på radiell måte gjennom reaktoren. Et eksempel på en slik reaktor er vist i figur 11.

[0022] Betegnelsen "indirekte omgitt" nevnt i det foregående og i det etterfølgende refererer til det alminnelig kjente prinsipp med indirekte varmeveksling, hvori et kjølemiddel eller varmemiddel er i indirekte varmekontakt med et annet fluid som er separert fra kjøle-/varmemiddelet ved en varmeoverføringsflate i form av f.eks. en vegg i et rør eller en plate i en varmeveksler.

[0023] For å oppnå kondensasjon av metanol finner sted når den dannes i katalysatorsjiktet hovedsakelig ved en kjøleoverflate i samsvar med oppfinnelsen, må to motstridige foranstaltninger oppfylles:

1. For å ha en tilstrekkelig høy temperatur i katalysatorsjiktet må den termiske fluks være liten. Dette kan oppnås ved å redusere kjølearealet eller å øke temperaturen til kjølemiddelet.

2. En tilstrekkelig høy temperatur krever en høy varmeproduksjon eller en høy reaksjonshastighet. Hvis metanolsyntesegassen er ved termodynamisk likevekt med metanol vil den katalytiske reaksjon komme til en stillstand, og varmeproduksjonen vil således forsvinne. Det er derfor nødvendig å sikre at den produserte metanol transporteres til kjøleflaten ved en høy rate. Dette kan oppnås ved å øke kjølearealet eller å redusere temperaturen til det flytende kjølemiddel.

[0024] Ved oppfinnelsen holdes den katalytiske aktiviteten høy ved unngåelse av kondensasjon gjennom justering av forholdet mellom katalysatorvolumet og kjøleflatearealet, sammen med en spesifikk temperatur av det flytende kjølemiddel som beskrevet detaljert nedenfor.

[0025] Lengden av transportveien av metanol som produseres i katalysatorsjiktet justeres til en lengde hvorved metanolkonsentrasjonen i det katalytiske sjikt er passende lav til at reaksjonsvarmen øker til en temperatur hvor den kompenserer for mengden av varme fjernet ved den samme transportlengden. På samme tid sikrer

temperaturen til kjøleflaten at temperaturen er tilstrekkelig lav til at kondensasjon finner sted, og temperaturen av det katalytiske sjikt er så høy at kondensasjon på katalysatoren unngås og en høy reaksjonshastighet opprettholdes.

[0026] Denne effekten er oppnåelig ved en spesifikk temperatur for kjøleflaten.

- 5 Varmen som behøver å fjernes fra reaktoren er av en slik størrelsesorden at for enhver praktisk årsak kan den kun fjernes ved fordampningsvarme eller ved varming av et flytende kjølemiddel. Overflatetemperaturen til kjølearealet er nær den for temperaturen til det flytende kjølemiddel.

- 10 **[0027]** For å unngå kondensasjon av metanol i det katalytiske sjikt, må produksjonsvarmen være tilstrekkelig høy til å kompensere for varmen fjernet på kjølearealet ved å øke forholdet av katalysatorvolum til kjøleoverflateareal og forholdet av katalysatorvolum til kjøleflateareal må være tilstrekkelig for transporten av den produserte metanoldamp til kjøleflaten.

- 15 **[0028]** Det er foretrukket at re-medrivning av flytende metanol er betydelig redusert eller unngås. Flytende re-medrivning kan unngås ved å redusere strømningsmotstanden for den nedoverstrømmende rå metanol på kjøleoverflaten. Dette realiseres ved å benytte katalysatorpartikler med en ekvivalent diameter på mer enn 0,002 m. Re-medrivning av væske kan ytterligere reduseres ved hjelp av en væskefilmstabilisator som vist i figurer 1-7.

- 20 **[0029]** Re-medrivning av flytende metanol inn i katalysatorsjiktet kan også unngås ved å innføre et varmeareal i reaktoren som opprettholder temperaturen av katalysatorsjiktet over duggpunktet til metanol. Varmearealet vil også holde katalysatortemperaturen over duggpunktet i tilfeller hvor varmeproduksjonen er lav som med høymodulgasser, og nær utløpet av katalysatorsjiktet. Varmearealet skal, som for
25 kjøleareal, være jevnt fordelt inni katalysatorsjiktet for å oppnå en tvungen temperaturgradient i sjiktet. Siden varmeproduksjonen er høyere ved syntesegassinløpet til reaktoren sammenlignet med utløp av reaktoren, kan varmearealet kjøle nær innløpsområdet til reaktoren og alene varme katalysatorsjiktet i det nære utløpsområdet til reaktoren. Det er foretrukket å innføre kjølemiddelet i en medstrøms strømnings-
30 retning med syntesegassen. Utløpsområdet til reaktoren kan derved gjenoppvarmes ved overskuddsvarme fra innløpsområdet til reaktoren. Varmemiddelet for anvendelse i varmearealet er foretrukket kjelfødevann, damp eller en blanding av disse. Trykket til varmemiddelet er foretrukket mellom omtrent 1,2 MPa og omtrent 6,4 MPa.

- 35 **[0030]** Hovedfordelen ved fremgangsmåten og reaktoren i henhold til denne oppfinnelsen er en høy omdanning av metanolsyntesegass i reaktoren oppnådd ved en kontinuerlig fjerning av den dannede metanol fra gassfasen inn i væskefasen på en

kjøleflate gjennom kondensasjon. Som resultat kan metanolprosessen utføres i engangs-gjennomløpsmodusen uten resirkulasjon av uomdannet syntesegass.

[0031] Sammenlignet med konvensjonell kokevannmetanolreaktor, er en fordel ved den foreliggende oppfinnelse en økt dampproduksjon, siden kondensasjonsvarmen benyttes i reaktoren for dampproduksjon mens kondensasjonsvarmen typisk fjernes i en etterfølgende kjølevannskondensator.

[0032] Hvis reaksjonsvarmen fjernes ved varming av kjelfødevann, kan kjelfødevannet deretter kjøles ved avgassing av den dannede dampen i en ekstern avgassingstank.

[0033] Som i den konvensjonelle metanolprosessen dannes enkelte biprodukter, blant disse er aceton og metyletylketon, som er vanskelige å fjerne ved destillasjon. Siden hydrogeneringsreaksjonen er svært rask vil ketonene være i termodynamisk likevekt ved den gitte temperatur i reaktoren. Ketonene vil hovedsakelig være oppløst i den kondenserte råmetanol ved kjøleflaten, hvor den termodynamiske likevekt er mer fordelaktig overfor omdanningen av ketonene til de tilsvarende alkoholer. Dette resulterer i et lavere ketoninnhold i den produserte metanol sammenlignet med en konvensjonelt operert metanolreaktor.

[0034] De ovenfor beskrevne prosessparametere og reaktorutforming og dimensjoner kan justeres ved hjelp av den følgende prosedyre:

For å oppnå kondensasjon av den dannede metanol på kjøleflaten, må temperaturen til kjølemiddelet være under duggpunktet til metanolen. Hvis reaksjonsvarmen fjernes ved fordampning av det flytende kjølemiddel, må trykket til det flytende kjølemiddel justeres for å tilveiebringe et kokepunkt (TBW) til kjølemiddelet mellom 60°C og 170°C. Hvis reaksjonsvarmen fjernes ved varming av et flytende kjølemiddel, må gjennomsnittstemperaturen til det flytende kjølemiddel (TBW) være mellom 20°C og 170°C. TBW er den gjennomsnittlige kjølemiddeltemperatur. Gjennomsnittstemperaturen er definert som kjølemiddeltemperaturen etter å ha mottatt halvparten av den totale overførte varme. For fordampningsreaktorer vil gjennomsnittstemperaturen være nær kokepunktet til det flytende kjølemiddel. Det absolutte trykk for syntesegassen ved reaktorinnløpet må være over 8,5 MPa.

[0035] Når gjennomsnittstemperaturen til det flytende kjølemiddel er bestemt, må forholdet av katalysatorvolum til kjøleoverflateareal justeres. For å unngå kondensasjon av metanol i katalysatorsjiktet, må produksjonsvarmen være tilstrekkelig høy for å kompensere for varmen fjernet på kjølearealet ved å øke forholdet av katalysatorvolum til kjøleflateareal og forholdet av katalysatorvolum til kjøleflateareal må være tilstrekkelig for transporten av den produserte metanoldamp til kjøleflaten. Begge

betingelser kan oppnås ved justering av areal av kjøleflaten (ACOOOL) på en slik måte at forholdet av bunnfelt katalysatorbulkvolum (VCAT) til kjøleflatearealet (ACOOOL) er mellom 0,0125 m og 0,125 m.

[0036] For reaktortype 1 er ACOOL det totale indre areal av katalysatorrørene. Hvis katalysatorrørene har langsgående indre ribber, er ACOOL det ytre arealet av de største sylindrene omsluttet av rørene med ribber. For reaktortyper 2 og 3 er ACOOL det totale ytre areal av kjølerørene inneholdende det flytende kjølemiddel med en temperatur på TBW. Hvis katalysatorrørene har langsgående ribber, er ACOOL det ytre arealet av de minste cylindrene som omslutter rørene med ribber.

[0037] Hvis platevarmevekslere benyttes, er ACOOL det totale ytre areal av det minste rektangulære som omslutter varmevekslingsplatene.

[0038] Hvis væske-re-medrivningen inn i katalysatorsjiktet foregår eller hvis syntese-gassinløpsmodulen M er over 3 hvor:

$$M = (Y(H_2) - Y(CO_2))/(Y(CO) + Y(CO_2))$$

(M er innløpsgassmodulen, Y er den molare fraksjon)

er det foretrukket å innføre et andre varmeareal AREHEAT [m^2] i reaktortyper 2 og 3 som tidligere definert. Dette andre varmearealet vil sikre at katalysatortemperaturen opprettholdes over duggpunktet til metanol. Varmemiddelet anvendt i varmearealet kan være et flytende medium, damp eller en blanding av disse med et kokepunkt på mellom 220°C og 280°C for det flytende medium eller et duggpunkt mellom 220°C og 280°C for dampen.

25 DETALJERT BESKRIVELSE AV FIGURENE

[0039]

Figurer 1A og 1B viser internt trådduksutstyr for anvendelse i oppfinnelsen. Et flytende kjølemedium 1 er på utsiden av et stålrør 2. Kjølerør er på sin innervegg utstyrt med en sylindrisk trådduk 3 (detalj A) anbrakt med avstand fra vegg. Rør 2 holder et stasjonært katalysatorsjikt 4. En kondensatfilm 5 av metanol som produseres inni sjikt 4 i gassfasen kondenserer som film på den indre rørveggen og strømmer nedover mellom innerveggen og trådduken. Arrangementet kan reverseres på en slik måte at et kjølemiddel er inni røret og tråddukssylinderen utenfor røret og katalysatorsjiktet utenfor trådduks-sylinderen.

Figur 2 er internt stålspiralutstyr for anvendelse i oppfinnelsen. Et flytende kjølemiddel 1 er på utsiden av et stålrør 2. Stålspiral 3 er anordnet inni rør 2 som holder et stasjonært katalysatorsjikt 4. Metanolkondensatorfilm 5 strømmer nedover på den nedre siden av spiralen.

Figur 3 viser internt stålheliksutstyr for anvendelse i oppfinnelsen. En væskekjøling 1 er utenfor et stålrør 2. En stålheliks 3 er anordnet inni i et stasjonært katalysatorsjikt 4. En metanolkondensatorfilm 5 strømmer nedover på den indre rørveggen 2 og tvinges til vegg 2 på grunn av sentrifugalkraften dannet av den tvungede rotasjon av en syntesegass som passerer i aksial retning gjennom rør 2. Rør 2 kan være utstyrt med to helikser 3 idet hver spiral er forskjøvet 180° i forhold til hverandre.

Figurer 4A og 4B viser internt porøs fiber-utstyr for anvendelse i oppfinnelsen. Et flytende kjølemiddel omgir et kjølerør 2 som er utstyrt med en sylinder 3 av vevet fiber eller en sylinder av keramisk bundet fibermatte på innerveggen av rør 2. Et stasjonært katalysatorsjikt 4 er anordnet inni rør 2. En metanolkondensatorfilm 5 strømmer nedover innsiden av det interne porøse fiber-utstyret. Arrangementet kan reverseres på en slik måte at kjølemiddelet er inni rør 2, og utstyr 3 er utenfor røret og katalysatorsjiktet 4 er utenfor utstyr 3.

Figur 5 er et tverrsnittriss av et katalysatorrør 2 med innvendige ribber for anvendelse i oppfinnelsen. Et flytende kjølemiddel 1 er utenfor stålrør 2 med langsgående ribber, hvor antallet av indre ribber foretrukket er større enn 3,14 multiplisert med den nominelle indre rørdiameter dividert med den ekvivalente diameter til katalysatorpelleten. De indre ribbene vil danne et hulrom mellom stålveggen og katalysatorsjiktet som lar metanolkondensatet strømme ned med mindre motstand. Et stasjonært katalysatorsjikt 3 er anordnet inni røret, og en metanolkondensatorfilm 4 strømmer nedover mellom den indre rørveggen og katalysatorsjiktet 4.

Figur 6 er et tverrsnittriss av et kjølerør med utvendige ribber for anvendelse i oppfinnelsen. Et flytende kjølemiddel 1 er utenfor et stålrør 2 med langsgående ribber, hvor antallet av utvendige ribber foretrukket er større enn 3,14 multiplisert med den nominelle ytre rørdiameter dividert med den ekvivalente diameter til katalysatorpelleten. De ytre ribbene vil danne et hulrom mellom stål-

veggen og katalysatorsjiktet som lar en metanolkondensatfilm strømme på den indre rørveggen med mindre motstand.

Figur 7 er en varmeveksler med korrugerte plater for anvendelse som et kjøleareal i samsvar med oppfinnelsen. Et flytende kjølemiddel 1 innføres gjennom innløp 1a, som forlater varmeveksleren i gassform 2 gjennom utløp 2a. Et stasjonært katalysatorsjikt 3 omgir plateveksleren. Varmeveksleren er forsynt med en sinoidal korrugert overflate 4 som tilveiebringer hulrom mellom katalysatorpartiklene og varmeveksleroverflaten som lar kondensert metanol 5 strømme på overflaten med mindre motstand. Bølgelengden av den sinoidale korrugering er mindre enn den ekvivalente diameter til katalysatoren.

Figur 8 viser et lengderiss av en flerrørs metanolreaktor i samsvar med en spesifikk utførelsesform av oppfinnelsen. Reaktoren er forsynt i sin trykkmantel 14 med et syntesegassinløp 1, et mannhull 2, en innløp 4 for et flytende kjølemiddel, et utløp 5 for en væske-damp-blanding av kjølemediet, et utløp 9 for uomdannet syntesegass og flytende råmetanol og en væskelinje 12. Ved toppdel 3 av reaktoren kan en øvre rørplate 6, toppdel 3 eventuelt være delvis fylt med en katalysator. I bunnområdet av reaktoren en nedre rørplate 7, 8 et bærersjikt av inerte kuler 8 og en perforert støtterist 11 som holder det inerte sjikt. Et flertall av rør 13 er fylt med metanolkatalysator, disse rørene kan hver romme et vækestabiliserende utstyr som beskrevet ovenfor. Rørene er anordnet i en trekantavstand. Metanol som dannes inni rørene kondenserer på innerveggen av rørene som avkjøles av kjølemiddelet og strømmer nedover til utløp 9.

Figur 9 er et lengderiss av en metanolreaktor med et katalytisk sjikt 8 og en rørvarmeveksler 11 anordnet inni katalysatorsjiktet i samsvar med en spesifikk utførelsesform av oppfinnelsen. Metanolsyntesegass innføres gjennom innløp 1 og føres gjennom katalysatorsjikt 8. Flytende kjølemiddel innføres via en innløpsmanifold 4 i rørvarmeveksler 11 og trekkes ut i form av en damp-væske-blanding gjennom utløpsmanifold 5. Ved bunnen av reaktoren holder en perforert støtterist 6 et bæresjikt 9 av inerte kuler. Hoveddelen av katalysatorene er lokalisert mellom varmeveksler 11 bestående av enten et flertall av rør, rør med en væskefilmstabilisator på den ytre overflaten, rør med langsgående ribber eller korrugerte varmevekslingsplater. Metanol når den

dannes inni katalysatorsjiktet kondenseres på overflaten av varmeveksler 11 og trekkes ut i væskefasen gjennom utløp 10.

Figur 10 er et lengderiss av en metanolreaktor som er forsynt med et stasjonært sjikt av metanolkatalysator 8 i samsvar med en spesifikk utførelsesform av oppfinnelsen. Inni sjikt 8 er det montert en kjøleflate i form av en rørvarmeveksler 11 og en varmeplate i form av en rørvarmeveksler 15. Ved bunnen av reaktoren holder en perforert støtterist 6 et bæresjikt 9 av inerte kuler. Metanolsyntesegass innføres i sjikt 8 via innløp 1. Et varmemiddel innføres i varmeveksler 15 via innløpsmanifold 13 og trekkes ut gjennom utløpsmanifold 14. Et flytende kjølemiddel innføres i varmeveksler 11 via en innløpsmanifold 4 og trekkes ut gjennom utløpsmanifold 5. Metanol som dannes i sjikt 8 kondenseres på kjøleflaten til varmeveksler 11 og trekkes ut fra reaktoren i væskefasen igjennom utløp 10. Kjøleflaten av varmeveksler 11 består av enten et flertall av rør, rør med en væskefilmstabilisator på den ytre overflaten, rør med langsgående ribber eller korrugerte varmevekslingsplater hvor råmetanolen kondenserer. Varmeveksler 15 opprettholder temperaturen i katalysatorsjiktet over duggpunktet til dannet metanol og består av enten et flertall av rør eller varmevekslingsplater.

Figur 11 er et snittriss av metanolreaktor med radiell strømningsform i samsvar med en spesifikk utførelsesform av oppfinnelsen. Metanolsyntesegass innføres i reaktoren via innløp 1. Syntesegassen føres gjennom katalysatorsjikt 14 i radiell retning fra periferien av reaktoren gjennom en sylindrisk perforert sylinder 7 som holder katalysatorsjiktet og lar innløpssyntesegassen passere til et senterrør 6 som er perforert hvor i kontakt med katalysatoren for å la den resterende syntesegass og den flytende råmetanol som dannes bli trukket ut gjennom utløp 13. En kjøleoverflate i form av en varmeveksler 9 bestående av enten et flertall av rør, rør med en væskefilmstabilisator på den ytre overflaten, rør med langsgående ribber eller korrugerte varmevekslingsplater er anordnet inni katalysatorsjikt 14. Et flytende kjølemiddel innføres i varmeveksleren gjennom innløp 4 og trekkes ut gjennom utløp 5. Kjølemiddelet fordeles til varmeveksleren ved hjelp av sirkelformet manifold 10 og samles ved utløpet fra varmeveksleren ved hjelp av utløpsmanifold 11.

Figur 12 viser et prosessflytdiagram for fremstillingen av metanol i samsvar med oppfinnelsen. Metanolsyntesegass 1 komprimeres syntesegasskompressor

og føres til en konvensjonell flerrørs kokevannsreaktor 5 som typisk benyttes i industrien i dag. Effluenten fra reaktor 5 inneholdende metanol og uomdannet syntesegass føres til separator 9 og separeres i en syntesegassrik strøm 10 og en metanolrik strøm 17. Strøm 10 innføres i metanolreaktor 11 som er utformet i samsvar med oppfinnelsen. Et kjølemiddel med et kokepunkt mellom 60°C og 170°C innføres i reaktor 11 via innløp 13 og trekkes ut fra utløp 12. Et varmemiddel innføres gjennom innløp 18 og trekkes ut gjennom utløp 19. Effluenten fra reaktor 11 inneholdende flytende metanol og uomdannet syntesegass føres til en separator 15 og separeres i en syntesegasstrøm 16 og en flytende metanolstrøm 20, som kombineres med metanolstrømmen fra reaktor 9 i ledning 17.

Eksempel 1

[0040] Reaktorutforming og prosessbetingelser for en fremgangsmåte og reaktor av den ovenfor diskuterte type 1 bestemmes ved hjelp av de følgende ligninger basert på forutbestemte verdier av:

$P=12,55$ MPa reaktortrykk ved syntesegassinnløp;

20

[0041] Sammensetning av syntesegass ved reaktorinnløp:

$Y(\text{CH}_3\text{OH})=0,255$; $Y(\text{H}_2)=0,438$; $Y(\text{CO})=0,148$; $Y(\text{CO}_2)=0,075$; $Y(\text{H}_2\text{O})=0,006$

[0042] Ekvivalent diameter til katalysatorpartiklene:

$\text{DEQ} = 0,006$ m

[0043] Med forutbestemte utførelsesverdier $\text{TBW}=130^\circ\text{C}$, $Z=5$, kan den følgende reaktorutførelse med en optimal kondensasjon av metanol på kjøleoverflaten inni reaktoren bestemmes som følger:

30

Siden $Z=\text{VCAT}/(\text{ACOOL}*\text{DEQ})$ og Z og DEQ er kjent, kan VCAT/ACOOL beregnes som:

35

$\text{VCAT}/\text{ACOOL}=5*0,006$ m=0,03 m

[0044] For en flerrørs reaktor av type 1 er forholdet av VCAT/ACOOOL lik $\frac{1}{4}$ av den indre diameteren til røret, hvilket gir en indre rørdiameter på 0,12 m.

[0045] For å holde gjennomsnittstemperaturen til det flytende kjølemiddel TBW ved 130° C anvendes trykksatt kjelfødevann ved 5,0 MPa og 110° C til å kjøle reaktoren, 5 kjølemiddelstrømmen justeres for å oppnå en utløpstemperatur for kjølemiddelet på 150°C, hvilket gir en gjennomsnittlig kjølemiddeltemperatur på 130°C.

PATENTKRAV

1. En fremgangsmåte for fremstilling av metanol omfattende trinnene med å reagere en syntesegass inneholdende hydrogen, karbonmonoksyd og karbondioksyd i en reaktor med stasjonært sjikt av metanolsyntesekatalysatorpartikler som indirekte avkjøles med et kjølemiddel, og
5 å kondensere metanol når den dannes på en kjøleflate ved justering av trykk av kjølemiddelet for å tilveiebringe et kokepunkt (TBW) til kjølemiddelet mellom 60°C og 170°C, og
10 å opprettholde katalysatortemperaturen over duggpunkt til metanolen ved justering av areal av kjøleflaten (ACOO) ved det tilveiebrakte kokepunkt til kjølemiddelet på en slik måte at forholdet av bunnfelt katalysatorbulk volum (VCAT) til kjøleflatearealet (ACOO) er mellom 0,0125 m og 0,125 m.
- 15 2. En fremgangsmåte som angitt i krav 1, hvor temperaturen til metanolkatalysatorpartiklene opprettholdes over duggpunktet til metanolen ved hjelp av et varmemiddel inkluderende trykksatt vann med et kokepunkt mellom 220°C og 280°C, damp med et duggpunkt mellom 220°C og 280°C eller en blanding derav, idet varmemiddelet føres gjennom et internt varmemiddel med et overflateareal slik at forhold av overflaten av
20 varmemiddel til overflaten av kjølearealet (ACOO) er mellom 0,3 og 3,0.
3. En fremgangsmåte som angitt i krav 1, hvor kokepunktet til kjølemiddelet er mellom 100°C og 160°C og forholdet av katalysatorbulk volum (VCAT) til kjøleflatearealet (ACOO) er mellom 0,02 m og 0,09 m.
25
4. En metanolreaktor for anvendelse i en fremgangsmåte ifølge et av kravene 1 til 3, som omfatter innenfor en vanlig mantel et stasjonært sjikt av metanolkatalysatorpartikler og kjølemiddel tilpasset for indirekte kjøling av en metanolsyntesegass med et kjølemiddel, hvori forhold av bunnfelt katalysatorbulk volum til kjøleflateareal av
30 kjølemiddelet (VCAT/ACOO) av kjølemiddelet er mellom 0,0125 m og 0,125 m.
5. En metanolreaktor som angitt i krav 4, som videre omfatter varmemiddel tilpasset for indirekte opprettholdelse av temperatur til metanolkatalysatoren med et varmemiddel, hvor overflateforholdet av overflaten av varmemiddelet til kjølemiddelet
35 er mellom 0,3 og 3,0.

6. En metanolreaktor som angitt i krav 4 eller 5, som videre omfatter internt filmstabiliseringsutstyr nærliggende overflaten av kjølemiddelet.

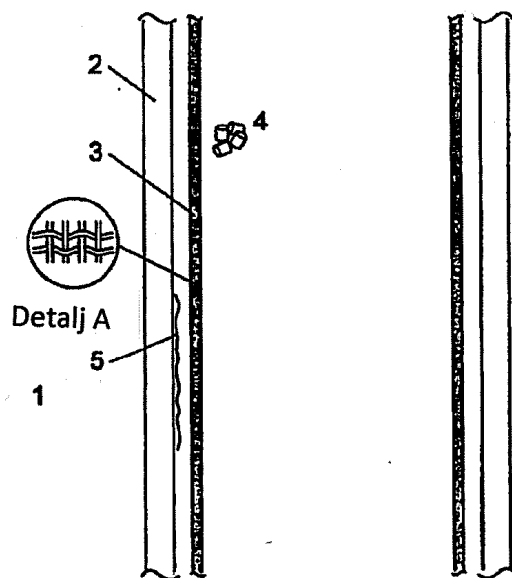


Fig. 1a

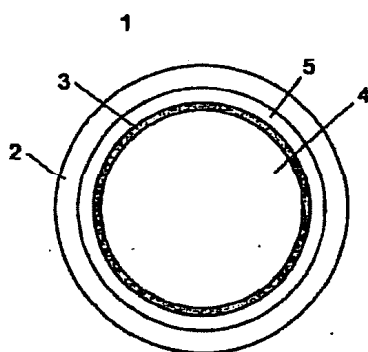


Fig. 1b

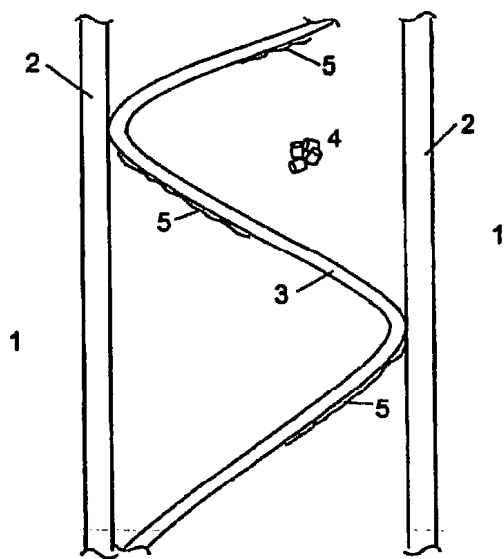


Fig. 2

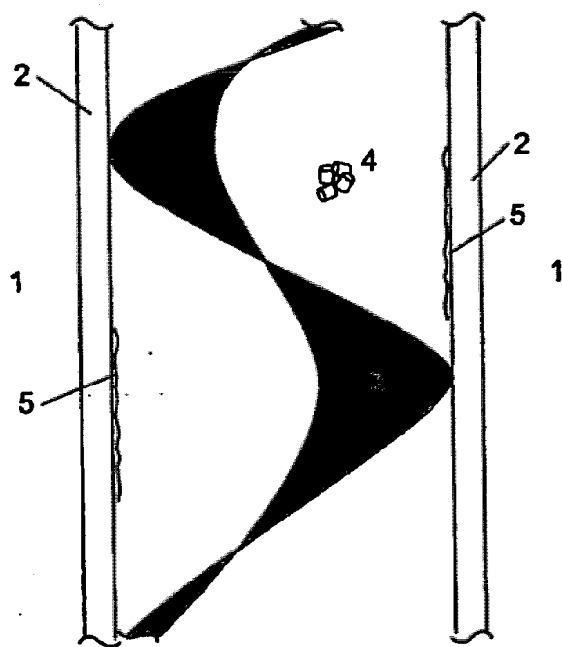


Fig. 3

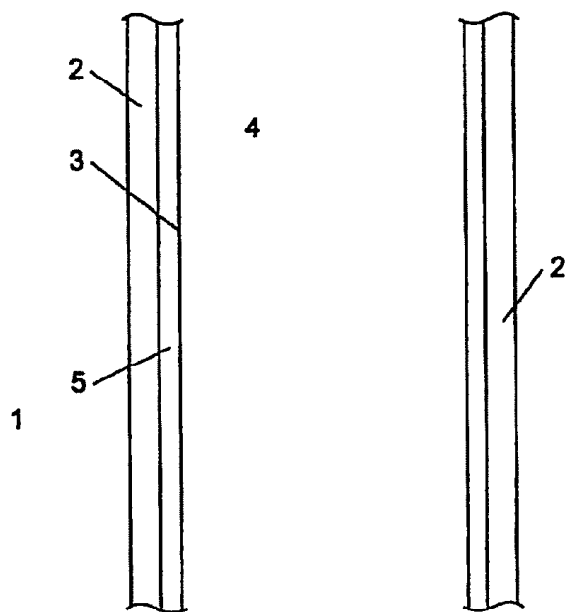


Fig. 4a

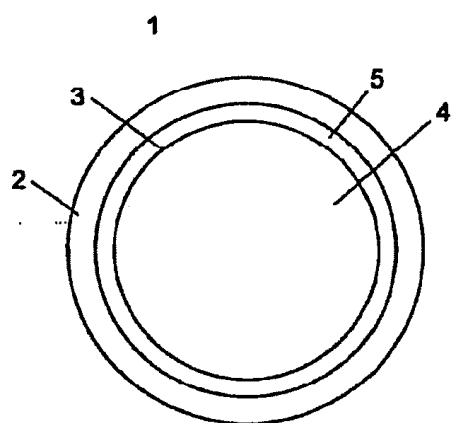


Fig. 4b

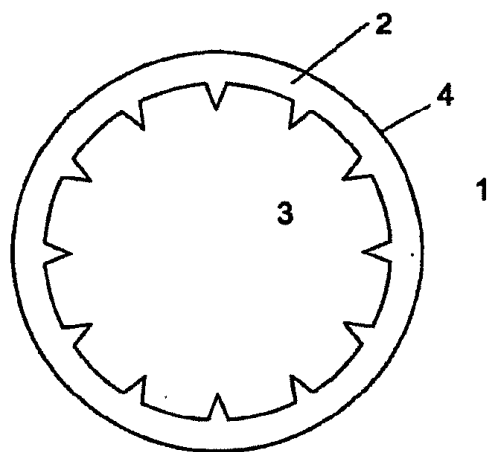


Fig. 5

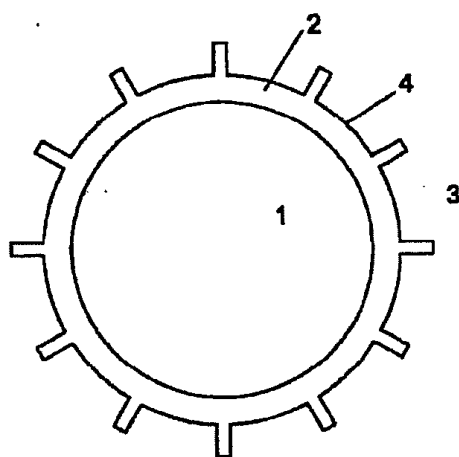


Fig. 6

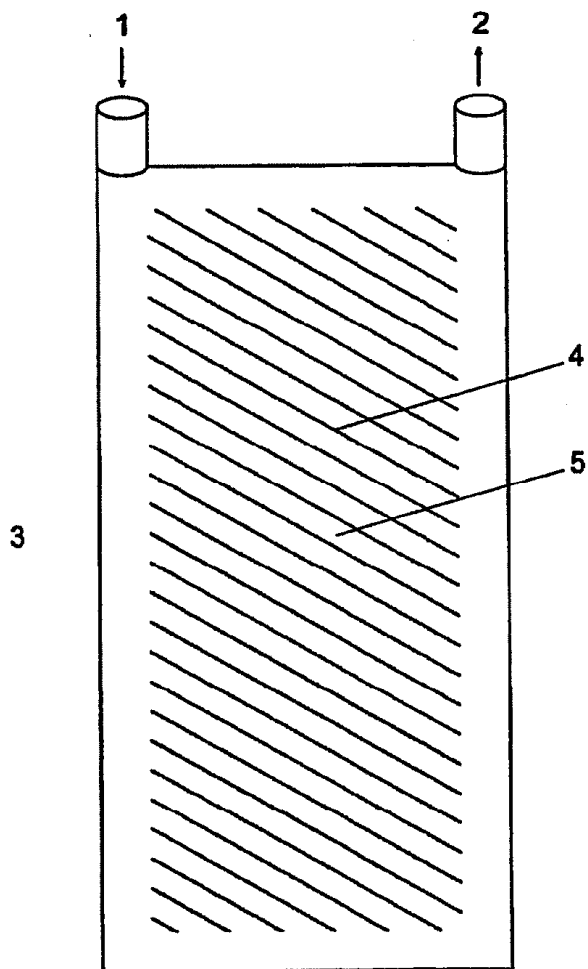


Fig.7

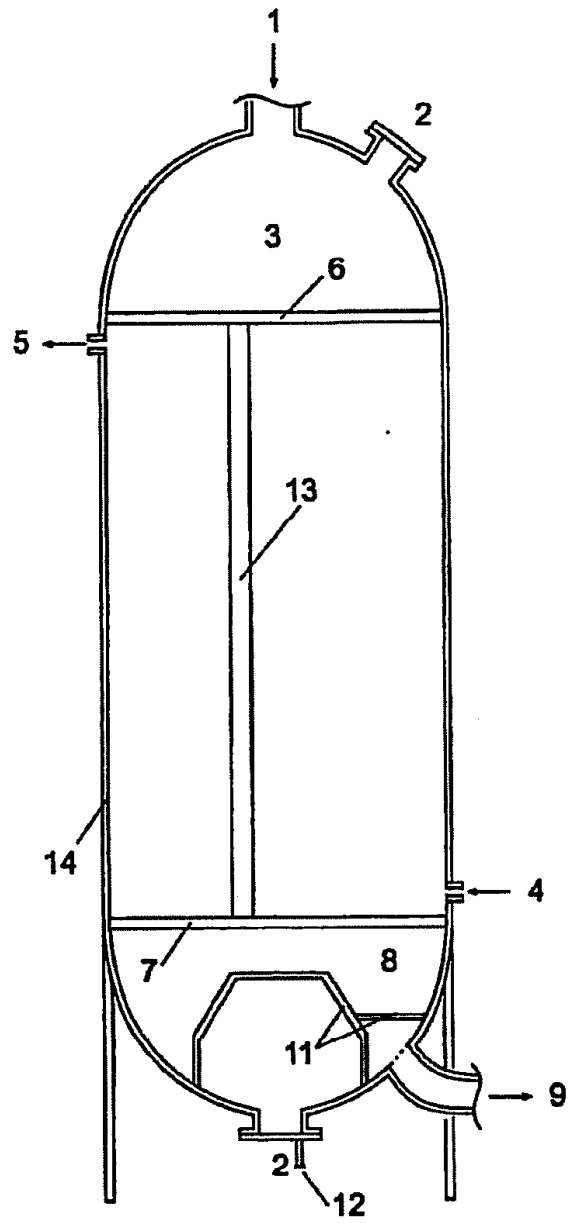


Fig.8

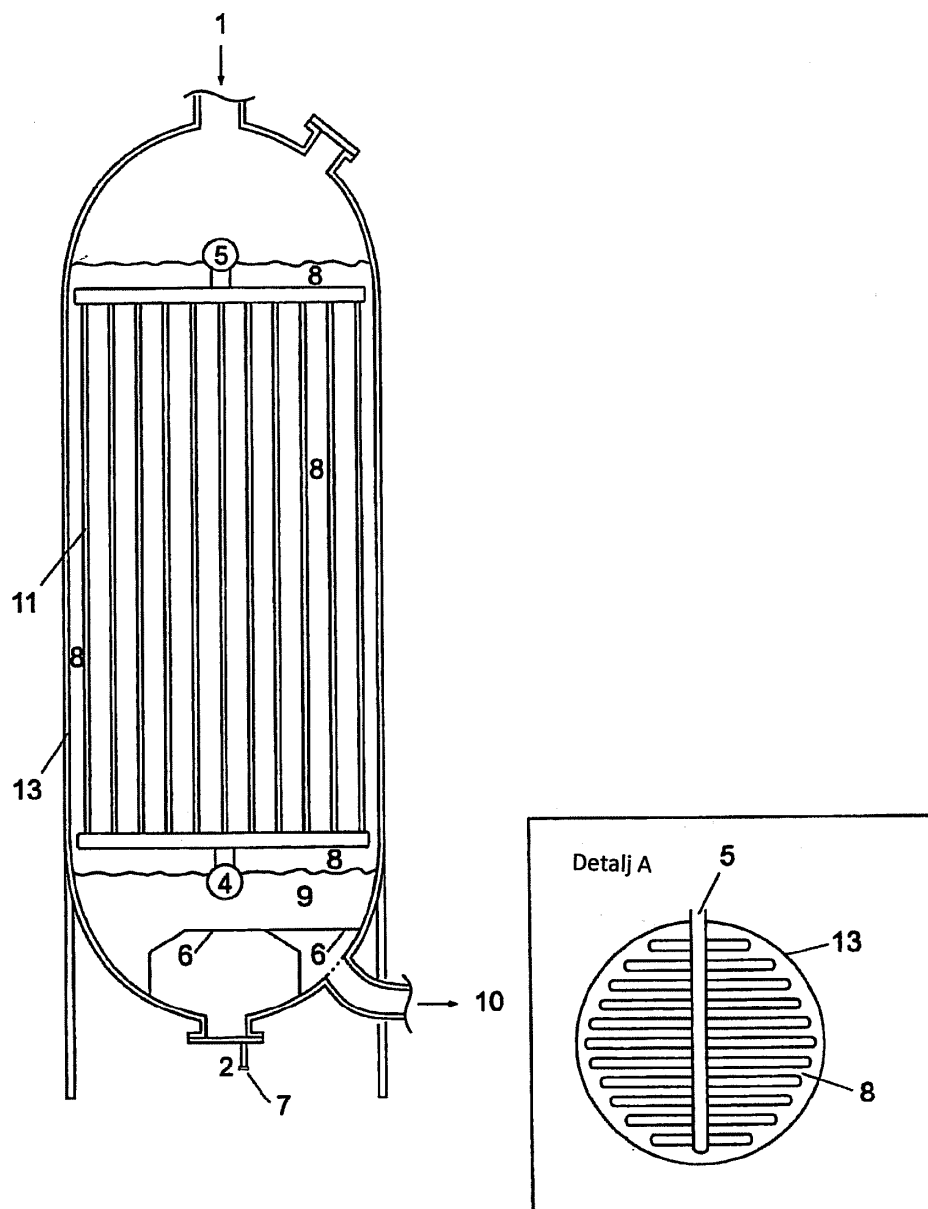


Fig.9

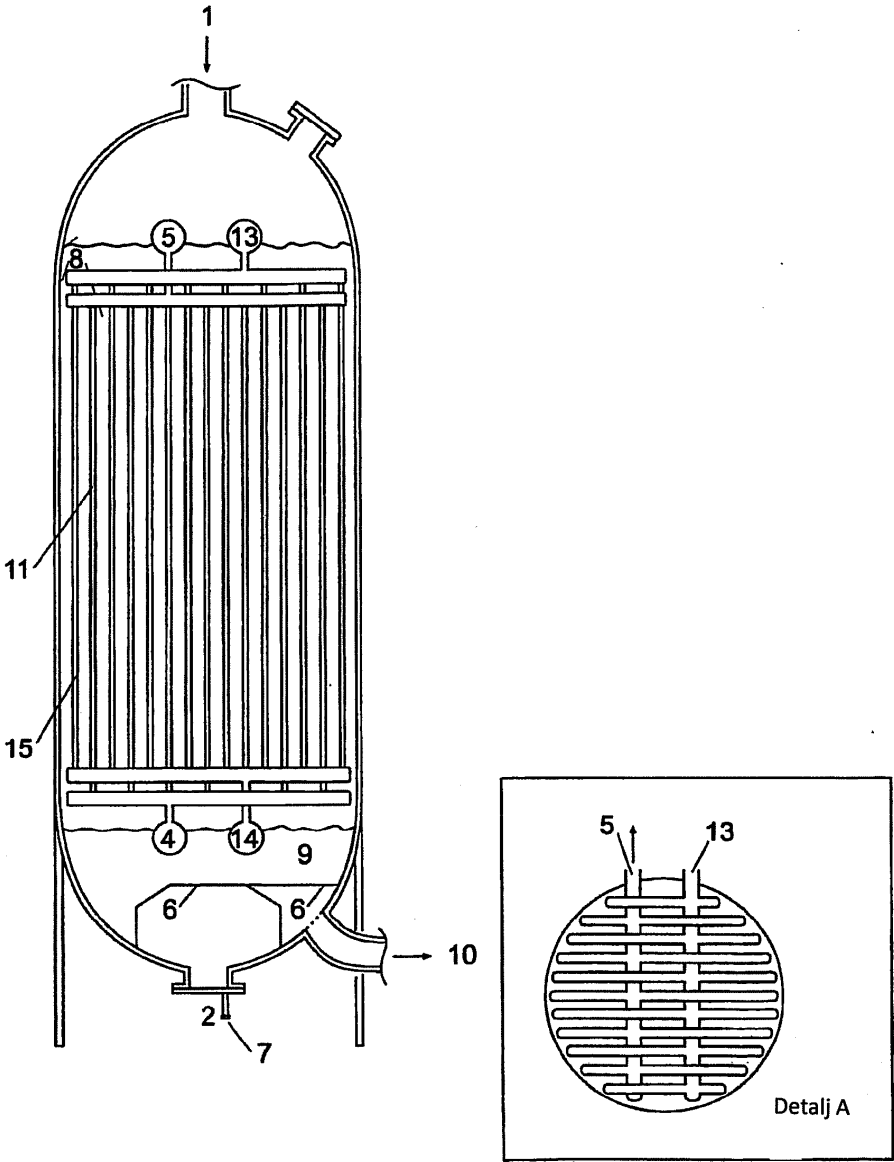


Fig.10

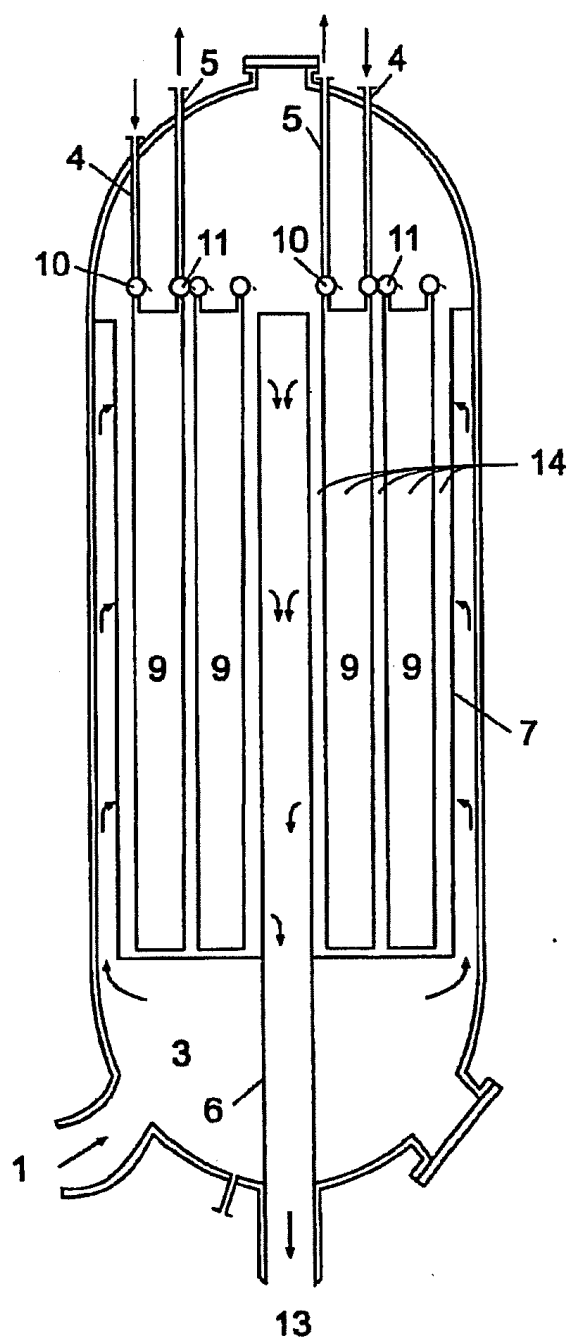


Fig.11

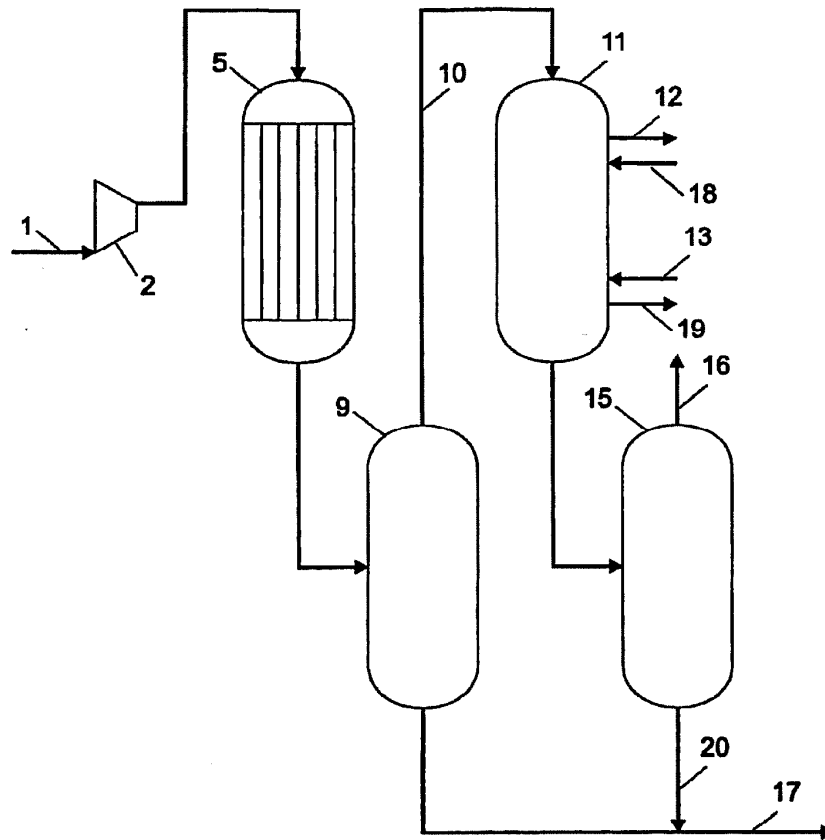


Fig.12