



(12) **PATENT**

(19) **NO**

(11) **333560**

(13) **B1**

NORGE

(51) **Int Cl.**

B01D 53/14 (2006.01)

B01D 53/62 (2006.01)

Patentstyret

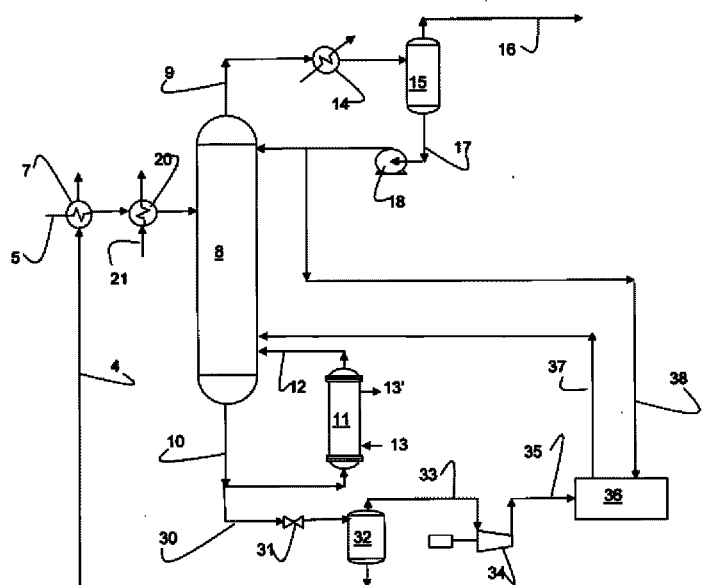
(21)	Søknadsnr	20065411	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr
(22)	Inng.dag	2006.11.24	(85)	Videreføringsdag
(24)	Løpedag	2006.11.24	(30)	Prioritet
(41)	Alm.tilgj	2008.05.26		
(45)	Meddelt	2013.07.08		
(73)	Innehaver	Aker Clean Carbon AS, Postboks 18, 1324 LYSAKER, Norge		
(72)	Oppfinner	Pål Rushfeldt, Manglerudveien 31B, 0678 OSLO, Norge Simon Woodhouse, Fjellveien 8B, 2010 STRØMMEN, Norge		
(74)	Fullmektig	Protector Intellectual Property Consultants AS, Oscarsgate 20, 0352 OSLO, Norge		

(54) **Benevnelse** **Fremgangsmåte og regenerator for regenerering av flytende CO2 absorbent.**

(56) **Anførte publikasjoner**
US 4160810
GB 2195916 A
US 4160810 A
GB 2195916 A
EP 1543874 A2

(57) **Sammendrag**

Det blir beskrevet en fremgangsmåte for regenerering av en rik absorbent som har absorbert CO₂, for å gi en regenerert absorbent, og CO₂, i hvilken fremgangsmåte en strøm av rik absorbent blir introdusert inn i en regenereringskolonne i hvilken absorbenten strømmer nedover og motstrøms til damp som er generert ved oppvarming av mager absorbent i en reboiler ved bunnen av regenereringskolonnen, hvor frigitt CO₂ og damp blir trukket ut ved toppen av kolonnen og separert for å gi en strøm av CO₂ som blir fjernet, og kondensert vann som blir resirkulert inn i regenereringskolonnen, og hvor den magre, eller regenererte, absorbenten blir trukket ut fra bunnen av kolonnen, som er kjennetegnet ved at ytterligere damp som ikke er generert i reboileren ved bunnen av regenereringskolonnen, blir injisert inn i kolonnen. Det blir også beskrevet en anordning for regenerering av absorbent basert på fremgangsmåten.



Teknisk felt

Den foreliggende oppfinnelsen relateres til feltet av CO₂ fanging fra en gassblanding. Mer spesifikt relateres den foreliggende oppfinnelsen til CO₂ fanging fra en CO₂ omfattende gass, slik som forbrenningsgass fra forbrenning av karbonholdig materiale eller fra andre CO₂ frigjørende prosesser. Mest spesifikt relateres den foreliggende oppfinnelsen til en forbedret fremgangsmåte og anlegg for regenerering av en flytende absorbent for CO₂, samt et anlegg for fanging av CO₂ som omfatter nevnte anlegg for regenerering.

10 Bakgrunn

Den kontinuerlig økende forbrenningen av fossilt brennstoff, slik som kull, naturgass og olje, har i løpet av de siste århundrer resultert i en økning i konsentrasjonen av CO₂ i atmosfæren. Den økende konsentrasjonen av CO₂ har forårsaket bekymring på grunn av drivhuseffekten forårsaket av CO₂. Drivhuseffekten er mistenkt å allerede ha forårsaket minst noen av forandringene i klimaet som har vært sett i løpet av de siste tiårene, og er i følge simuleringsmodeller mistenkt å forårsake til og med mer og potensielt dramatiske forandringer i klimaet på planeten jorden.

Dette har forårsaket et rop om handling fra forskere, miljøaktivister og politikere over hele verden, til å stabilisere eller til og med redusere utslippet av CO₂ fra forbrenning av fossilt brennstoff til atmosfæren. Dette kan bli oppnådd ved å fange og sikre avsetning av CO₂ fra eksosgassen fra varmekjernerkraftverk og andre anlegg hvor fossilt brennstoff er forbrent.

Det fangede CO₂ et kan bli injisert i underjordiske formasjoner slik som akvifere, oljebrønner for forbedret oljeggjenvinning eller i tomme olje- og gass-brønner for deponering. Prøver indikerer at CO₂ blir værende i den underjordiske formasjonen i tusenvis av år og ikke er frigjort i atmosfæren.

Fanging av CO₂ fra en gass ved hjelp av absorpsjon er godt kjent og har vært anvendt i tiår, f.eks. for fjerning av CO₂ (og andre syregasser) fra produsert naturgass på gassfelt. Absorbentene anvendt eller foreslått i det tidligere faget har vært forskjellige vandige alkaliske løsninger, slik som kaliumkarbonat, se f.eks. US5.528.811, og forskjellige aminer, se f.eks. US 4.112.051, US 4.397.660 og US 5.061.465. Separasjon av CO₂ fra eksosgass fra varmekraftverk ved hjelp av en aminløsning, er kjent f.eks. fra US 4.942.734.

Fra EP1543874A2 er det kjent en fremgangsmåte og et anlegg som i hovedsak er som beskrevet vist i vedlagte figur 1 som angir den kjente teknikkens stand. Ifølge EP1543874A2 kan det imidlertid også være anordnet en ytterligere varmeveksler mellom "kryssvarmeveksleren" (7 på figur 1) hvor arm og rik absorbent varmeveksles mot hverandre, og regenereringskolonnen, for å bedre energieffektiviteten ved CO₂-fangsten. Det er ingen indikasjon på hvor varmen til denne ytterligere varmeveksleren i hvilken absorbent som skal regenereres oppvarmes ytterligere, blir tatt fra.

Felles for disse CO₂ fangende løsningene er at gassblandingen som skal bli separert er introdusert motstrøms til det vandige absorbenten i en absorpsjonskolonne. Gassen som forlater absorpsjonskolonnen er CO₂ depletet (eller syregass depletet), mens CO₂´et (eller andre syregasser) forlater absorpsjonskolonnen sammen med absorbenten. Absorbenten er regenerert i regeneratorkolonnen og returnert til absorpsjonskolonnen. Amin er regenerert ved å strippe aminløsningen med damp i regenereringskolonnen. Dampen er generert i reboileren i bunnen av kolonnen.

Som illustrert over er CO₂ som slikt godt kjent i teknikken. Det er likevel et behov for flere forbedringer i CO₂ fangingsprosessen for å gjøre CO₂ frie eller lav CO₂ emisjon varmekraftverk økonomisk lønnsomme.

Anleggene for fanging av CO₂ er relativt store, komplekse og kostbare konstruksjoner. Det er derfor ønskelig å redusere størrelsen, kompleksiteten og kostnaden av disse anleggene.

Fanging av CO₂ er utført på bekostning av effektiviteten av et termoelektrisk kraftverk som utnytter fossilt brennstoff, slik at produksjonen av elektrisk kraft og/eller medium temperatur varme fra et termoelektrisk kraftverk er redusert. Den reduserte effektiviteten sammenlignet med et tradisjonelt anlegg gjør disse fasilitetene mindre lønnsomme. Forbedringer i effektiviteten, dvs. å redusere energikostnaden i CO₂ fangingsprosessen, er derfor etterstrebet.

De for tiden foretrukne absorbentene er vandige løsninger av forskjellige aminer. De vanligvis anvendte aminene er alkanolaminer, slik som f.eks., dietanolamin, monometyletanolamin, aminoetyletanolamin, 2-(Metylamino)etanol, MDEA så vel som andre aminer som er kjent av fagmannen. Absorpsjonen av CO₂ til aminabsorbentene er en reversibel, eksoterm reaksjon. Følgelig, må varme bli supplert til regenereringskolonnen for å reversere absorpsjonen og frigjøre CO₂´et.

Varmen supplert til regenereringskolonnen i følge fagets status, er supplert i reboiler der absorbenten er varmet til en temperatur typisk fra omtrent 120 til 130 °C. Absorbenten i reboileren kan bli varmet av en elektrisk varmekilde men mest vanligvis av et varmemedium, slik som f.eks. medium temperatur damp. Reboileren er hovedkonsumenten av medium temperatur varmeenergi i absorpsjons- / desorpsjons-sykelen for CO₂ fanging. En reduksjon i etterspørselen av medium temperatur varmeenergi ville forbedre økonomien for CO₂ fangingsprosessen.

Et mål for den foreliggende oppfinnelsen er således å oppnå en reduksjon i reboilereffekten, og således en reduksjon i etterspørselen for medium temperaturenergi, slik som medium temperatur damp.

Kort beskrivelse av den foreliggende oppfinnelsen

I følge et første aspekt, fremskaffer den foreliggende oppfinnelsen en fremgangsmåte for regenerering av en rik absorbent som har absorbert CO₂, for å gi en regenerert, eller mager absorbent, og CO₂, hvor fremgangsmåten omfatter trinnene:

- 5 a) introduksjon av en strøm av rik absorbent i en regenereringskolonne (8) i hvilken absorbenten strømmer nedover og motstrøms til damp som blir generert ved oppvarming av mager absorbent i en reboiler (11) ved bunnen av regenereringskolonnen (8),
- 10 b) uttrekking av frigitt CO₂ og damp fra toppen av kolonnen og separasjon av uttatt CO₂ og damp for å gi en strøm av CO₂ som blir fjernet, og kondensert vann som blir resirkulert tilbake til regenereringskolonnen (8),
- c) uttrekking av mager, eller regenerert, absorbent fra bunnen av kolonnen,
- d) flashing av den uttatte magre absorbenten for å gi en gassfase som blir rekomprimert og re-introdusert inn i regenereringskolonnen, og en arm absorbent i væskefase,
- 15 e) oppvarming av den rike absorbenten i en første varmeveksler mot mager absorbent,
- f) oppvarming av den rike absorbenten etter å ha blitt varmevekslet mot den arme absorbenten ved varmeveksling mot et varmemedium som har en innløpstemperatur på lavere enn 130 °C, og
- 20 g) introduksjon av den oppvarmede rike absorbenten inn i regenereringskolonnen (8).

Introduksjon av damp som ikke er generert i reboileren inn i kolonnen, reduserer reboilereffekten eller varmebehovet. I det minste vesentlige deler av varmen for generering av dampen for injeksjon i regenereringskolonnen er lav temperatur varmekilder fra forskjellige under-prosesser i anlegget. Ovennevnte lav temperatur varmekilder er konvertert til varmekilder som har en tilstrekkelig høy temperatur for generering av damp for injeksjon. Dette resulterer i lavere varmetap og høyere energieffektivitet enn regenereringsanlegg i følge det tidligere faget. Ved generering av damp fra vann separert fra det magre absorbenten, er vannbalansen til det samlede systemet opprettholdt ettersom ikke noe vann er tilsatt eller fjernet fra prosessen for dette trinnet. Flashing av det magre absorbenten genererer en strøm rik på damp men omfatter også CO₂ som følgelig reduserer CO₂ innholdet av det magre aminet. Kompresjon av dampen forenkler injeksjonen av dampen inn i regenereringskolonnen. Dessuten, er gassen varmet ved kompresjon, varme som kan bli anvendt i regenereringskolonnen.

Ifølge en utførelsesform blir den komprimerte gassfasen blandet med vann for å kjøle og mette gassfasen med damp før den blir introdusert inn i regenereringskolonnen. Tilsetting av vann til den komprimerte dampen avkjøler dampen til en temperatur som er bedre egnet for injeksjon inn i regenereringskolonnen, ettersom injeksjon av damp med en for høy temperatur kan bidra til degradering av absorbenten.

I følge et annet aspekt fremskaffer foreliggende oppfinnelse en fremgangsmåte for innfangning av CO₂ fra en CO₂-innholdende gass, omfattende introduksjon av en arm væskeformig absorbent og den CO₂-innholdende gassen inn i en absorber i hvilken den CO₂-innholdende gassen blir forårsaket å strømme motstrøms for den arme absorbenten for å danne en rik absorbent og en strøm av CO₂-arm gass, frigiving av den CO₂-arme gassen til omgivelsene, uttrekking av den rike absorbenten fra absorberen, hvori den rike absorbenten blir regenerert for å gi en strøm av CO₂ og arm absorbent ifølge fremgangsmåten angitt ovenfor.

Ifølge et tredje aspekt angår foreliggende oppfinnelse en regenerator for en flytende absorbent for CO₂ omfattende en regenereringskolonne, en rik absorbentlinje for introduksjon av rik absorbent inn i regenereringskolonnen, uttaksmidler for uttak av mager absorbent fra bunnen av regenereringskolonnen, en reboiler for oppvarming av en del av den uttatte absorbenten før reintroduksjon inn i regenereringskolonnen for produksjon av damp som blir reintrodusert i kolonnen, en mager absorbentlinje for resirkulering av en del av absorbenten som er trukket ut av uttaksmidlene til en absorber, en varmeveksler for oppvarming av rik absorbent mot den uttatte magre absorbenten og en varmeveksler for ytterligere å varme opp den rike absorbenten mot en lavtemperatur varmekilde før den rike gassen går inn i regeneratoren, en gassuttakslinje for uttak av CO₂ og damp fra toppen av regenereringskolonnen, og separeringsmidler for separering av gassen som er tatt ut fra toppen av regenereringskolonnen i en CO₂ strøm som blir eksportert fra regeneratoren, og vann som blir resirkulert til regenereringskolonnen, hvor den videre omfatter flashingmidler, en damputtakslinje som forbinder nevnte flashingmidler med en kompressor for komprimering av en uttatt gassfase, en linje for injeksjon av den komprimerte gassfasen inn i regenereringskolonnen, og en mager absorbentlinje som forbinder flashingmidlene med varmeveksleren, at en de-superheater om er anordnet mellom kompressoren og regenereringskolonnen, i hvilken de-superheater den komprimerte dampen blir avkjølt og mettet med damp ved introduksjon av vann, og at en linje er anordnet fra separasjonsmidlene for føring av vann fra separasjonsmidlene til de-superheateren.

Introduksjon av damp som ikke er generert i reboileren inn i kolonnen, reduserer reboilereffekten eller varmebehovet. I det minste vesentlige deler av varmen for generering av dampen for injeksjons-regenereringskolonnen er lav temperatur varmekilder fra forskjellige under-prosesser i anlegget. Ovennevnte lav temperatur varmekilder er konvertert til varmekilder som har en tilstrekkelig høy temperatur for generering av damp for injeksjon. Dette resulterer i lavere varmetap og høyere energieffektivitet enn regenereringsanlegg i følge det tidligere faget. Kompresjon av dampen forenkler injeksjonen av dampen inn i regenereringskolonnen. I tillegg, er gassen varmet ved kompresjon, varme som kan bli anvendt i regenereringskolonnen. Tilsetning av vann til den komprimerte dampen avkjøler dampen til en temperatur bedre egnet for injeksjon inn i regenereringskolonnen, ettersom injeksjon av damp med for høy temperatur kan bidra til degradering av absorbenten. Avkjøling ved injeksjon av damp fjerner ingen energi fra systemet og øker mengden av varme som kan bli gjenvunnet.

Ifølge et fjerde aspekt omfatter foreliggende oppfinnelse et anlegg for innfangning av CO₂ fra en CO₂-innholdende gass, omfattende midler for introdusering av en flytende arm absorbent og den CO₂-innholdende gassen in i en absorber i hvilken absorbenten og den CO₂-innholdende gassen blir forårsaket å strømme motstrøms for å produsere en CO₂-arm gasstrøm og en rik absorbent, midler for å frigi gi den CO₂-arme absorbenten, midler for uttakt av den rike absorbenten og introdusere den rike absorbenten inn i en regenerator som beskrevet ovenfor.

Termen "lav temperatur varmekilde" eller "lav temperatur varmemedium" som anvendt i den foreliggende beskrivelsen, er anvendt for å beskrive en varmekilde eller et varmemedium, slik som vann, damp, eller annet varmemedium, som har en utløpstemperatur fra en varmeveksler på under 110 °C. Utløpstemperaturen fra en varmeveksler for en lav temperatur varmekilde kan være under 105 °C, under 100 °C eller under 95 °C. Inngangstemperaturen inn i en varmeveksler for et lav temperatur varmemedium kan være under 130 °C, slik som under 125 °C.

Termen "medium temperatur varme" eller "medium temperatur varmemedium" som anvendt i den foreliggende beskrivelsen, er anvendt for å beskrive en varmekilde eller varmemedium, slik som vann, damp eller annet varmemedium, som har en utgangstemperatur fra en varmeveksler over 120 °C, slik som over 125 °C eller over 130 °C. En medium temperatur fortæringskilde eller varmemedium, har normalt en inngangstemperatur til en varmeveksler på over 125 °C, mer foretrukket over 130 °C.

Et medium temperatur varmemedium kan være damp med en temperatur over 125 °C, eller over 130 °C, som er kondensert i en varmeveksler for å produsere kondensatvann med en temperatur som er 1 til 10 °C lavere enn inngangstemperaturen til dampen. Dette kondensatvannet kan deretter bli anvendt som et lav temperatur varmemedium for mindre temperaturkrevende prosesser.

30 **Kort beskrivelse av figurene**

Figur 1 er et skjematisk diagram av et CO₂ fangende anlegg i følge fagets tilstand,

Figur 2 er et skjematisk diagram av en utførelsesform av den foreliggende forbedrede amin regenereringsdelen av et CO₂ fangingsanlegg,

Figur 3 er et skjematisk diagram av en tredje utførelsesform av den foreliggende forbedrede amin regenereringsdelen av et CO₂ fangingsanlegg,

Figur 4 er et skjematisk diagram av en fjerde utførelsesform av den foreliggende forbedrede amin regenereringsdelen av et CO₂ fangingsanlegg, og

Figur 5 er et skjematisk diagram av en femte utførelsesform av den foreliggende forbedrede amin regenereringsdelen av et CO₂ fangingsanlegg.

Detaljert beskrivelse av den foreliggende oppfinnelsen

5 Figur 1 illustrerer et CO₂ fangingsanlegg i følge det tidligere faget, hvor eksosgass fra forbrenning av karbonholdig brennstoff entrer CO₂ fangingsanlegget gjennom en eksoslinje 1. Eksosgassen i linje 1 er vesentlig avkjølt ved utnyttelse av den høye temperatur varmeenergien fra forbrenningen for produksjon av elektrisk energi. Temperaturen på eksosen som entrer CO₂ fangingsanlegget gjennom linje er normalt fra omtrent 120 °C til omtrent 90 °C. Eksosgassen fra
10 linje 1 er valgfritt introdusert inn i en avkjølingsseksjon der den er mettet med vann og avkjølt til en temperatur f.eks. fra omtrent 35 °C til omtrent 60 °C.

Den avkjølte og fuktete eksosgassen er deretter introdusert inn i den lavere delen av et absorpsjonstårn 3 der eksosgassen strømmer fra bunnen til toppen av absorpsjonstårn 3 motstrøms til et magert absorbent, dvs. absorbent som er strippet for CO₂, som er introdusert
15 inn i den øvre delen av absorpsjonstårnet gjennom en mager absorbent linje 4. Mager gass, dvs. eksosgass der en vesentlig del av CO₂ er fjernet, er fjernet gjennom en gassutgangslinje 6 på toppen av absorpsjonstårnet, mens rikt absorbent, dvs. absorbent som har absorbert CO₂, er fjernet fra absorpsjonstårnet gjennom en rik absorbent linje 5.

Det rike absorbenten er varmet mot magert absorbent som er returnert til absorpsjonstårnet i en varmeveksler 7 til en temperatur typisk i området mellom 90 og 110 °C, før det rike absorbenten er introdusert inn i en regenereringskolonne 8. I regenereringskolonne 8 strømmer det rike absorbenten nedover, motstrøms til damp generert ved å varme noe av absorbenten i en regenererings reboiler 11. Magert absorbent forlater regenereringskolonnen gjennom en mager absorbentutgang 10. En del av det magre absorbenten i utgang 10 er introdusert inn i
25 regenereringsreboiler 11 der det er varmet til en temperatur typisk i området mellom 120 og 130 °C, for å produsere varmt absorbent og damp som er re-introdusert inn i regenereringskolonnen gjennom en linje 12. Det magre absorbenten i reboiler 11 er typisk varmet ved hjelp av elektrisitet, eller et varmende medium, slik som f.eks. damp. Når det anvendes et oppvarmingsmedium for å varme absorbenten i regenereringsreboileren er introdusert gjennom
30 en linje 13 og fjernet gjennom en linje 13'. Damp som et varmemedium for reboileren er normalt introdusert som en høytrykksdamp med en temperatur på 130 °C til omtrent 140 °C, og fjernet gjennom linje 13' som kondensert damp med samme temperatur. Med andre ord, energien som er overført fra varmemediet til absorbenten i reboileren er varmen fra kondensering av dampen.

Oppvarmingen av kolonnen fra bunnen gir en temperaturgradient med stabil tilstand fra bunnen
35 til toppen av kolonnen, hvor temperaturen på toppen er fra 10 til 50 °C lavere enn på bunnen, avhengig av den faktiske designen av kolonnen. I en typisk regenereringskolonne er temperaturen på bunnen av kolonnen omtrent 120 °C og temperaturen på toppen av kolonnen er omtrent fra 10 til 50 °C lavere enn på bunnen av kolonnen.

Det magre absorbenten i linje 10 som ikke er introdusert inn i regenereringsreboileren, er resirkulert tilbake til absorpsjonskolonne 3 gjennom linje 4 og avkjølt i varmeveksler 7 mot rikt absorbent i linje 5. I varmeveksler 7 er det relativt kalde rike absorbenten varmet mot det relativt varme magre absorbenten som etterlater stripperen med en temperatur på omtrent 120 °C.

- 5 Avhengig av den faktiske dimensjoneringen og konstruksjonen av anlegget, kan temperaturen på det rike aminet som forlater varmeveksler 7 for aminstripperen være fra omtrent 90 til omtrent 110 °C.

CO₂ frigjort fra absorbenten og vanndampen er trukket tilbake fra regenereringskolonne 8 gjennom en gassuttakslinje 9. Gassen i gassuttakslinje 9 er avkjølt i en reflukskondensator 14 for å kondensere vann som er separert fra den gjenværende gassen, som hovedsaklig omfatter CO₂ i en CO₂ separator 15. CO₂ gass og noe gjenværende vanndamp er fjernet fra CO₂ separator 15 gjennom en CO₂ linje 16 for videre behandling, slik som tørking, kompresjon og deponering. Det kondenserte vannet i CO₂ separatoren er trukket tilbake gjennom en linje 17 og pumpet tilbake til toppen av regenereringskolonne 8 ved hjelp av en pumpe 18.

- 15 Figur 2 illustrerer en utførelsesform av et regenereringsanlegg i følge den foreliggende oppfinnelsen, for regenerering av en absorbent, der en del av det magre absorbenten som forlater reboiler 8 er flashet over en flash ventil 31 og flash kar 32 for å gi damp som er trukket tilbake fra flash karet i en damplinje 33, og det magre absorbenten som er returnert til absorberer 3 via linje 4. Gassen generert i flash kar 32 omfatter hovedsaklig damp og
- 20 karbondioksid, for å fjerne mer karbondioksid fra absorbenten før det er returnert til absorberer.

Dampen og CO₂ som er trukket tilbake gjennom linje 33 er deretter komprimert i en kompressor 34 for å gi en komprimert, varm, umettet damp i linje 35. Dampen i linje 35 er deretter avkjølt og mettet med vann i en de-superheater 36 der vann er introdusert gjennom en linje 38 og blandet med dampen fra linje 35. Den resulterende vannmettede dampen fra de-superheater 36 er

25 deretter returnert og injisert inn i stripper 8 gjennom en linje 37. Vannet som er introdusert inn i de-superheateren kan leilighetsvis være en del av vannet som er kondensert i separator 15. I den illustrerte utførelsesformen, er vannet i linje 38 trukket tilbake fra linje 17, leilighetsvis etter pumpe 18.

Flashing av det magre absorbenten over flash ventil 31 og fjerning av damp i separator 32,

30 reduserer temperaturen til det magre absorbenten. Det rike mediet som forlater varmeveksler 7 kan derfor ha en temperatur som er lavere enn den ønskede temperaturen for introduksjon inn i regenereringskolonne 8. En valgfri varmeveksler 20 varmet med et lav temperatur varmemedium i linje 21, kan derfor bli fremskaffet for å varme det rike absorbenten til den

35 ønskede temperaturen. Det lav temperatur varmemediet som entrer varmeveksler 20 gjennom linje 21, kan f.eks. være varmemediet som forlater reboiler 11 i linje 13'. Varmemediet som er introdusert inn i reboileren i linje 13 er fortrinnsvis damp, mens varmemediet som forlater reboileren i linje 13' er kondensert vann.

Kompresjon av dampen i linje 33 øker både temperaturen og trykket på dampen, for å produsere varm, umettet damp. Absorbenten kan bli degradert ved en temperatur høyere enn omtrent 130 °C. Vannet som er tilsatt i de-superheater 36 sikrer at dampen som er introdusert inn i regenereringskolonnen i linje 37 er mettet damp som har en temperatur på 120 – 130 °C.

- 5 Termen "damp" som anvendt i den foreliggende beskrivelsen og kravene, er, hvor passende, også ment å inkludere damp som inkluderer andre gasser, slik som f.eks. CO₂.

Ved å komprimere dampen i linje 33 og derved tilsette varme, er den lave temperaturen og lave trykkdampen i linje 33 konvertert til medium temperatur damp som har en praktisk nytte i anlegget. I tillegg, kan lav temperatur varme fra reboileren finne anvendelse i varmeveksler 20. I

- 10 et anlegg i følge fagets tilstand, er det lav temperatur varmemediet, slik som dampkondensat som forlater reboileren, avkjølt mot vann i en varmeveksler, og returnert til en boiler for generering av medium temperatur damp som er returnert til reboileren. Anlegget illustrert i figur 2 reduserer derfor varmen, eller energitapet, fra anlegget og gjør det mer energieffektivt.

- 15 Et eksemplarisk anlegg i følge figur 2 for fanging av CO₂ fra eksosgassen fra et 400 MW gassfyrte kraftverk med CO₂ fjerning med MEA har blitt simulert og nøkkeldata estimert.

I følge den simulerte modellen, fjerner CO₂ fjerningssystemet 85% av CO₂ i eksosgassen. Standardsystemet demonstrert i figur 1 vil kreve en amin regenerator reboiler med en effekt på

20 152 MW. Varme er supplert i form av mettet damp ved 4 bara og 144 °C. Dampkondensat forlater reboileren ved 144 °C. I et anlegg i følge fagets tilstand, er kondensatet avkjølt og pumpet tilbake til kraftverket for generering av damp. Amin regeneratoren opererer ved 1.9 bara.

- 25 I følge simuleringmodellen til den foreliggende oppfinnelsen, er det magre absorbenten flashet over ventil 31 ned til 1.05 bara. Dampen som deretter er generert er separert fra væsken og komprimert opp til 1.95 bara. Vann er injisert inn i dampen for å fjerne superheat. Dampen er deretter introdusert inn i stripperkolonnen ved bunnen. Reboilereffekten er redusert til 110 MW, en reduksjon på 42MW. Dampkompressoren har et kraftkonsum på 3.3 MW.

30

Det magre absorbenten går ut av flash karet ved 102 °C. Derfor, kan ikke det rike aminet bli varmet over 100 °C i amin/amin utveksleren. Det er derfor mulig å anvende dampkondensatet fra reboileren til å varme det rike aminet. Dette vil redusere reboilereffekten enda mer.

- 35 Følgelig, gjør anvendelsen av det magre amin flashet til å generere damp i følge den foreliggende oppfinnelsen, det mulig å redusere dampbehovet for regeneratoren fra 152 MW til 110MW og derved å redusere dampbehovet til regeneratoren med 28%. Selv om denne besparelsen er på bekostning av et elektrisk kraftkonsum for kompresjon av 3.3 MW, så er besparelsene signifikante.

Figur 3 illustrerer en utførelsesform av den foreliggende oppfinnelsen, hvori varmepumpeprinsipp ved å anvende vann og damp som varmemedium, er anvendt til å
5 minimere varmetap fra regenereringsprosessen. Vær vennlig å notere at deler og funksjoner som er like eller identiske til deler og funksjoner beskrevet over, ikke er spesifikt nevnt med referanse til denne figuren.

Gassen trukket tilbake fra separator 15 gjennom linje 16 er videre avkjølt i en avkjøler 43 for
10 tørking av gassen ved kondensering av gjenværende vann. Vann som er kondensert i kjøler 43 er separert fra gassen i en annen separator 45. Tørket gass, som hovedsaklig omfatter CO₂ er trukket tilbake fra separator 45 gjennom en linje 44, for videre behandling og deponering.

Vann separert i separatorene 15 og 45 er trukket tilbake gjennom linjer 46 og 48, respektivt.
15 Ventiler 47 og 49 er fremskaffet i linjer 46 og 48, respektivt, for å regulere strømmen av vann fra separatorene inn i en vannlinje 50. Vannet i linje 50 er delt mellom en første strøm i en linje 51 og en andre strøm rettet til varmeveksler 14. Vannet i den første strømmen i linje 51 er pumpet ved hjelp av en pumpe 52 inn i en linje 53. Vannet i linje 53 er delt mellom en strøm som er introdusert inn i regenereringskolonnen, og en strøm i en linje 54.

20 Vannet i den andre strømmen fra linje 50 er introdusert inn i varmeveksler 14 og er varmet mot gassen i linje 9, før det forlater varmeveksleren i en linje 56. Trykket av vannet som entrer varmeveksler 14 er fordampet på grunn av oppvarmingen og det faktum at trykket i linje 56 er sub-atmosfærisk ettersom linje 56 er forbundet med innsugingssiden av en kompressor 57.
25 Vanndampen i linje 56 er komprimert i kompressor 57, som vil resultere i en økning i temperaturen på dampen. Den trykkpålagte vanndampen fra kompressor 57 er introdusert inn i en de-superheater 55 hvor den varme og umettede dampen fra kompressoren er avkjølt og mettet med vann som entrer de-superheater gjennom linje 54. Den resulterende mettede dampen, som har en temperatur på omtrent 130 °C er deretter introdusert inn i
30 regenereringskolonnen gjennom en linje 58.

Figur 4 illustrerer en variasjon av prinsippet beskrevet med referanse til figur 4, hvori et ekstra varmepumpe stadium er introdusert. Det ekstra varmepumpe stadiumet omfatter ekstra linje 60 som
35 fjerner vann fra linje 50. Strømmen i linje 60 er regulert ved hjelp av en ventil 62. Vannet i linje 60 er introdusert inn i en varmeveksler 63 fremskaffet i linje 8, etter varmeveksler 14 for å avkjøle gassen i linje 9 enda mer. En kompressor 64 er fremskaffet nedstrøms for varmeveksler 63 for å fremskaffe underatmosfærisk trykk i linje 60 og varmeveksler 63 slik at vannet fra linje 60 er fordampet i varmeveksler 63.

40

Vanndampen fra kompressor 64 og varmeveksler 14 er samlet i en linje 65. Vanndampen i linje 65 varm og umettet og er mettet i en de-superheater 66 ved tilsetning av vann fra en linje 67. Linje 67 er fortrinnsvis forbundet til linje 53.

- 5 Den mettede vanndampen eller dampen fra de-superheater 66 er overført i en linje 56 til kompressor 57, hvor dampen er komprimert, og introdusert inn i de-superheater 55 som beskrevet over med referanse til figur 4.

10 Figur 5 illustrerer en alternativ utførelsesform, der gassen trukket tilbake fra regenereringskolonne 8 gjennom linje 9 er komprimert i en kompressorenhet 70. Gassen forlater kompressorenhet 70 gjennom en linje 72 og er introdusert inn i en varmeveksler 74 hvor gassen er avkjølt, og vanndamp kondensert i gassen i linje 72 mot vann som entrer varmeveksleren gjennom en linje 80. Vannet fra linje 80 er fordampet i varmeveksler 73 for å produsere damp som er introdusert inn i regenereringskolonnen gjennom en linje 81.

15 Gassen og den kondensert væsken som forlater varmeveksler 73 i linje 72 er deretter avkjølt i en avkjøler 74 før tofasestrømmen er introdusert inn i en separator 75, der gass, som hovedsaklig omfatter CO₂ er trukket tilbake i en linje 76, mens vann som setter seg i bunnen av separatorene returnerte til regenereringskolonnen i en linje 17. En valgfri pumpe 18 kan bli
20 fremskaffet i linje 17 for å pumpe vannet fra separatorene til regenereringskolonnen. Pumpen kan ikke bli krevet på grunn av det høyere trykket på gassen.

Kompressorenhet 70 omfatter fortrinnsvis to eller flere seriekoblede kompressorer 71, 71', 71'' som blir forbundet gjennom koblingslinjer 78. Vanninjektorer 78 for injeksjon av vann er
25 fortrinnsvis fremskaffet for å avkjøle og mette gassen i forbindelseslinjer med vann.

Kompresjonsenhet 70 omdanner det lave trykket og lav temperatur gassen som forlater regenereringskolonnen til høyt trykk gass som har en temperatur som er tilstrekkelig til å generere damp i varmeveksler 73 for injeksjon inn i regeneratorkolonnen. Gassen som entrer
30 kompressoren inneholder vanndamp og CO₂. Heving av trykket på denne strømmen øker temperaturen der vann vil kondensere. Dette gjør det mulig for damp å bli produsert ved trykk over 1.9 bara og fjerner behovet for dampkompressor.

P a t e n t k r a v

1.

Fremgangsmåte for regenerering av en rik absorbent som har absorbert CO₂, for
5 å gi en regenerert, eller mager absorbent, og CO₂, hvor fremgangsmåten
omfatter trinnene:

- 10 a) introduksjon av en strøm av rik absorbent i en regenereringskolonne (8) i
hvilken absorbenten strømmer nedover og motstrøms til damp som blir
generert ved oppvarming av mager absorbent i en reboiler (11) ved
bunnen av regenereringskolonnen (8),
- b) uttrekking av friggitt CO₂ og damp fra toppen av kolonnen og separasjon av
uttatt CO₂ og damp for å gi en strøm av CO₂ som blir fjernet, og
kondensert vann som blir resirkulert tilbake til regenereringskolonnen (8),
- c) uttrekking av mager, eller regenerert, absorbent fra bunnen av kolonnen,
- 15 d) flashing av den uttatte magre absorbenten for å gi en gassfase som blir
rekomprimert og re-introduert inn i regenereringskolonnen, og en arm
absorbent i væskefase,
- e) oppvarming av den rike absorbenten i en første varmeveksler mot mager
absorbent,
- 20 f) oppvarming av den rike absorbenten etter å ha blitt varmevekslet mot den
arme absorbenten ved varmeveksling mot et varmemedium som har en
innløpstemperatur på lavere enn 130 °C, og
- g) introduksjon av den oppvarmede rike absorbenten inn i
regenereringskolonnen (8).

25

2.

Fremgangsmåten ifølge krav 1, hvor den komprimerte gassfasen blir blandet
med vann for å kjøle og mette gassfasen med damp før den blir introdusert inn i
regenereringskolonnen (8).

30

3.

Fremgangsmåten ifølge krav 2, hvori den komprimerte gassfasen blir avkjølt til
en temperatur på 120 til 130 °C før introduksjon inn i regenereringskolonnen (8).

4.

Fremgangsmåte for innfangning av CO₂ fra en CO₂-innholdende gass, omfattende introduksjon av en arm væskeformig absorbent og den CO₂-
5 inneholdende gassen inn i en absorber (3) i hvilken den CO₂-innholdende gassen blir forårsaket å strømme motstrøms for den arme absorbenten for å danne en rik absorbent og en strøm av CO₂-arm gass, frigiving av den CO₂-arme gassen til omgivelsene, uttrekking av den rike absorbenten fra absorberen (3), hvori den rike absorbenten blir regenerert for å gi en strøm av CO₂ og arm
10 absorbent ifølge fremgangsmåten ifølge krav 1.

5.

Fremgangsmåten ifølge krav 4, hvor den komprimerte gassfasen blir blandet med vann for å kjøle og mette gassfasen med damp før den blir introdusert inn i
15 regenereringskolonnen (8).

6.

Fremgangsmåten ifølge krav 4, hvori den komprimerte gassfasen blir avkjølt til en temperatur på 120 til 130 °C før introduksjon inn i regenereringskolonnen (8).
20

7.

En regenerator for en flytende absorbent for CO₂ omfattende en regenereringskolonne (8), en rik absorbentlinje (5) for introduksjon av rik absorbent inn i regenereringskolonnen (8), uttaksmidler (10) for uttak av mager adsorbent fra bunnen av regenereringskolonnen (8), en reboiler (11) for oppvarming av en del av den uttatte absorbenten før reintroduksjon inn i regenereringskolonnen for produksjon av damp som blir reintrodusert i kolonnen, en mager absorbentlinje (4) for resirkulering av en del av absorbenten som er trukket ut av uttaksmidlene (10) til en absorber, en varmeveksler (7) for
25 oppvarmings av rik absorbent mot den uttatte magre absorbenten og en varmeveksler (20) for ytterligere å varme opp den rike absorbenten mot en lavtemperatur varmekilde før den rike gassen går inn i regeneratoren, en gassuttakslinje (9) for uttak av CO₂ og damp fra toppen av regenereringskolonnen, og separeringsmidler (14, 15, 19, 45) for separering av
30

gassen som er tatt ut fra toppen av regenereringskolonnen i en CO₂ strøm som blir eksportert fra regeneratoren, og vann som blir resirkulert til regenereringskolonnen (8), k a r a k t e r i s e r t v e d a t den videre omfatter flashingmidler (31, 32), en damputtakslinje (4) som forbinder
5 nevnte flashingmidler med en kompressor (34) for komprimering av en uttatt gassfase, en linje (37) for injeksjon av den komprimerte gassfasen inn i regenereringskolonnen (8), og en mager absorbentlinje (4) som forbinder flashingmidlene med varmeveksleren (7),
at en de-superheater (36) som er anordnet mellom kompressoren (34) og
10 regenereringskolonnen (8), i hvilken de-superheater (36) den komprimerte dampen blir avkjølt og mettet med damp ved introduksjon av vann, og at en linje (38) er anordnet fra separasjonsmidlene (14, 15, 16, 17, 18) for føring av vann fra separasjonsmidlene til de-superheateren (36).

15 8.
Regeneratoren ifølge krav 5, hvori flashingmidlene (31, 32) omfatter en flashventil (31) og et flashkar (32).

20 9.
Et anlegg for innfangning av CO₂ fra en CO₂-inneholdende gass, omfattende midler for introdusering av en flytende arm absorbent og den CO₂-inneholdende gassen in i en absorber i hvilken absorbenten og den CO₂-inneholdende gassen blir forårsaket å strømme mostrøms for å produsere en CO₂-arm gasstrøm og en
25 rik absorbent, midler for å frig gi den CO₂-arme absorbenten, midler for uttakt av den rike absorbenten og introdusere den rike absorbenten inn i en regenerator ifølge krav 7.

10.
30 Anlegget ifølge krav 9, hvori flashingmidlene (31, 32) omfatter en flashventil (31) og et flashkar (32).

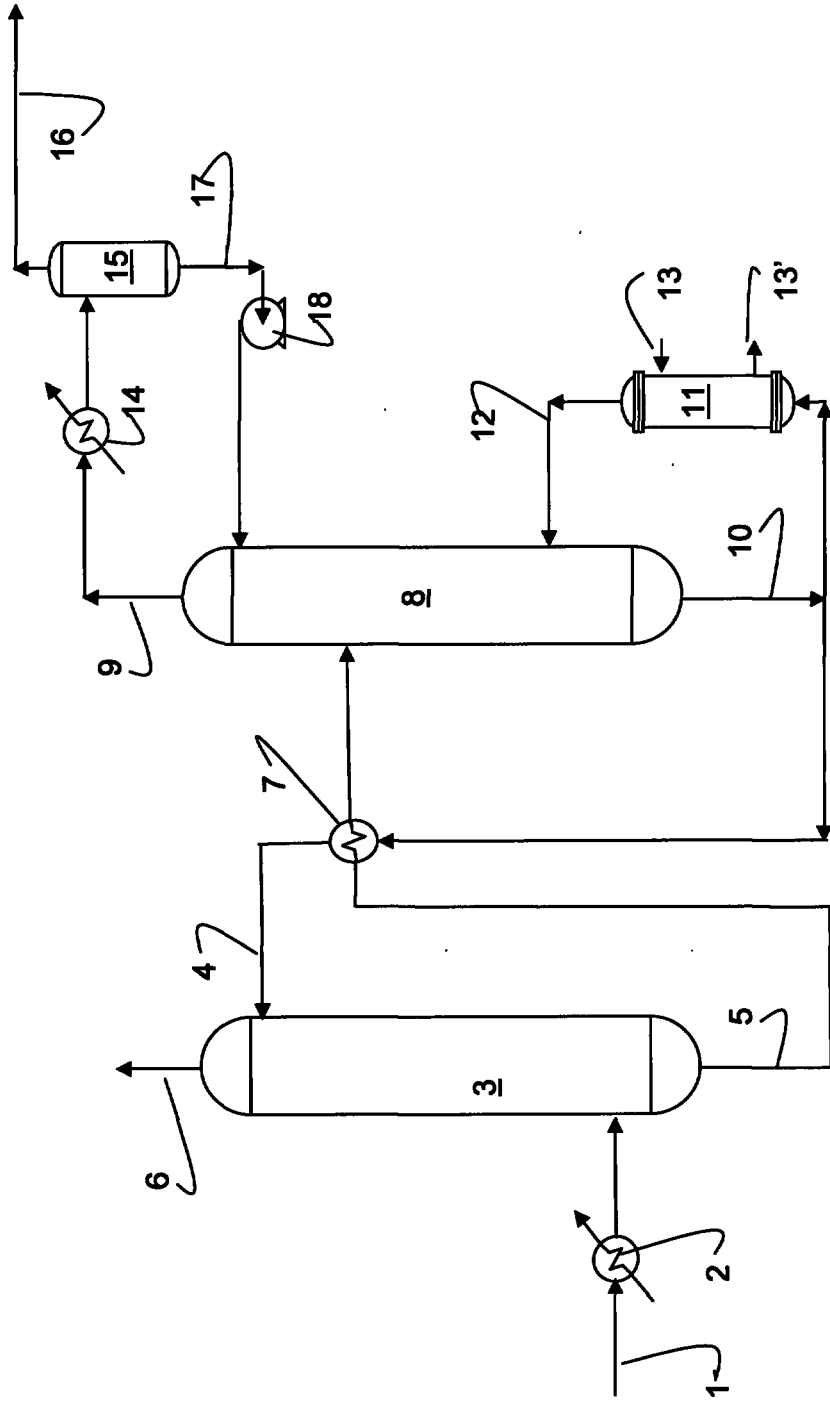


Fig. 1

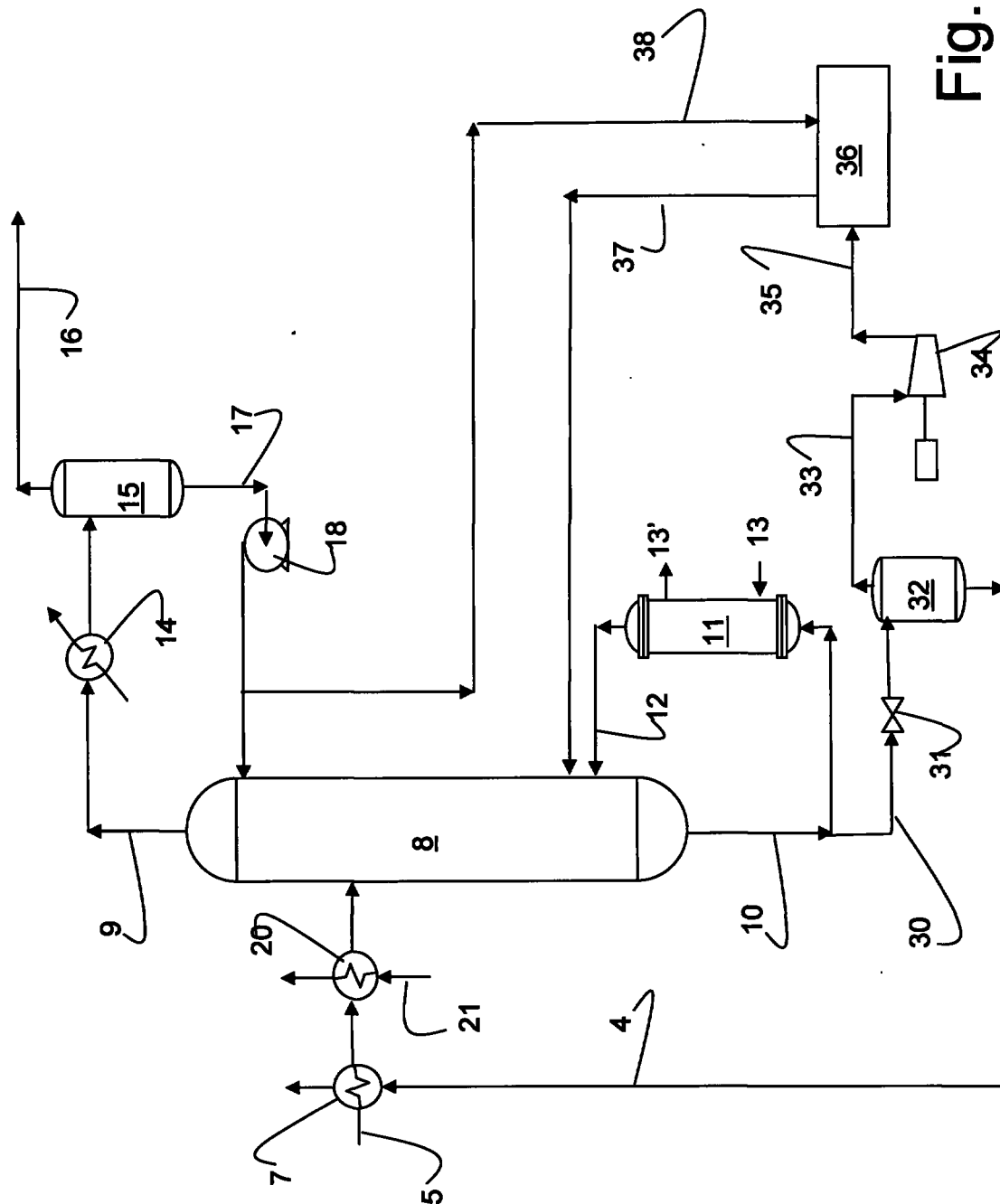


Fig. 2

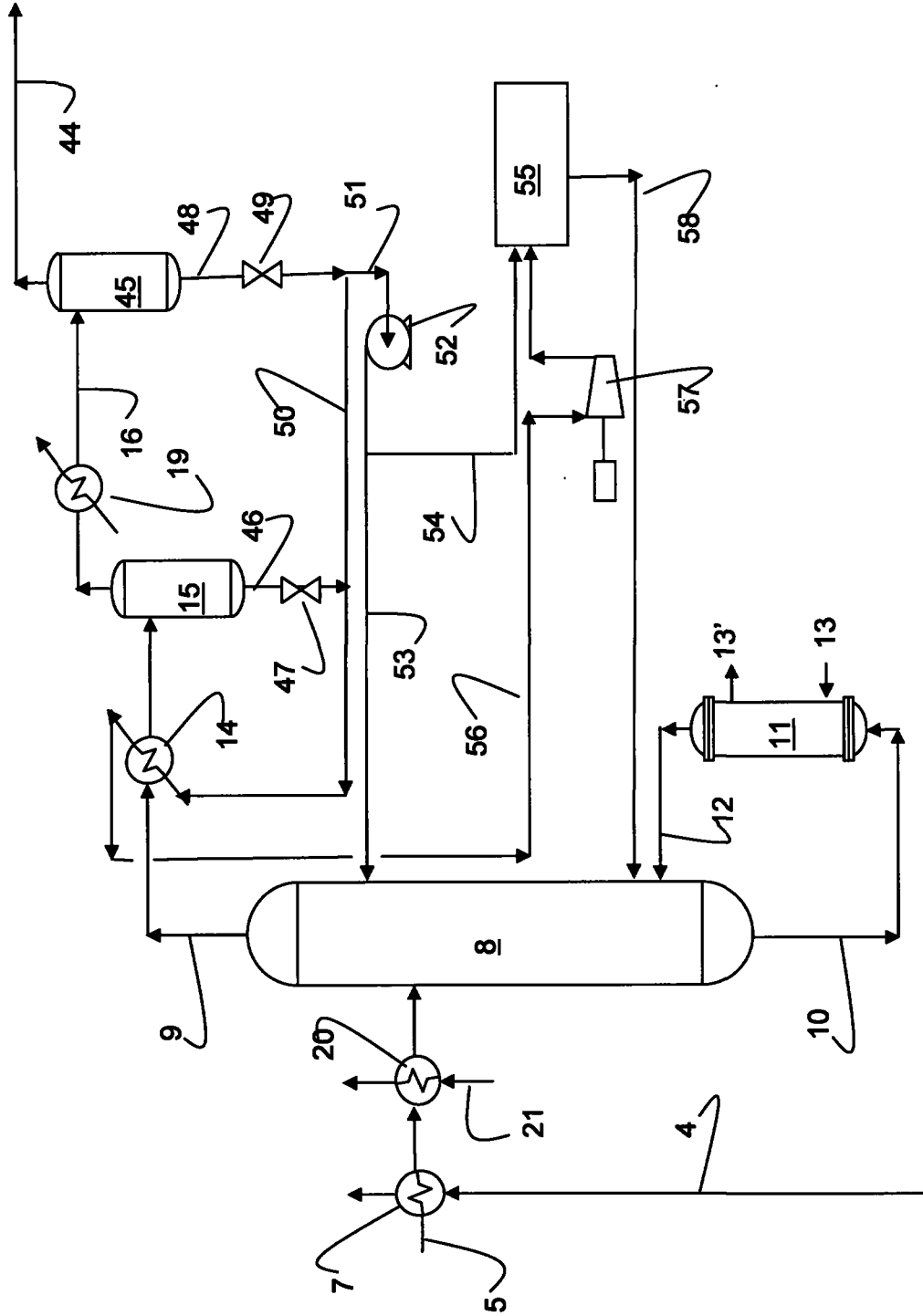


Fig. 3

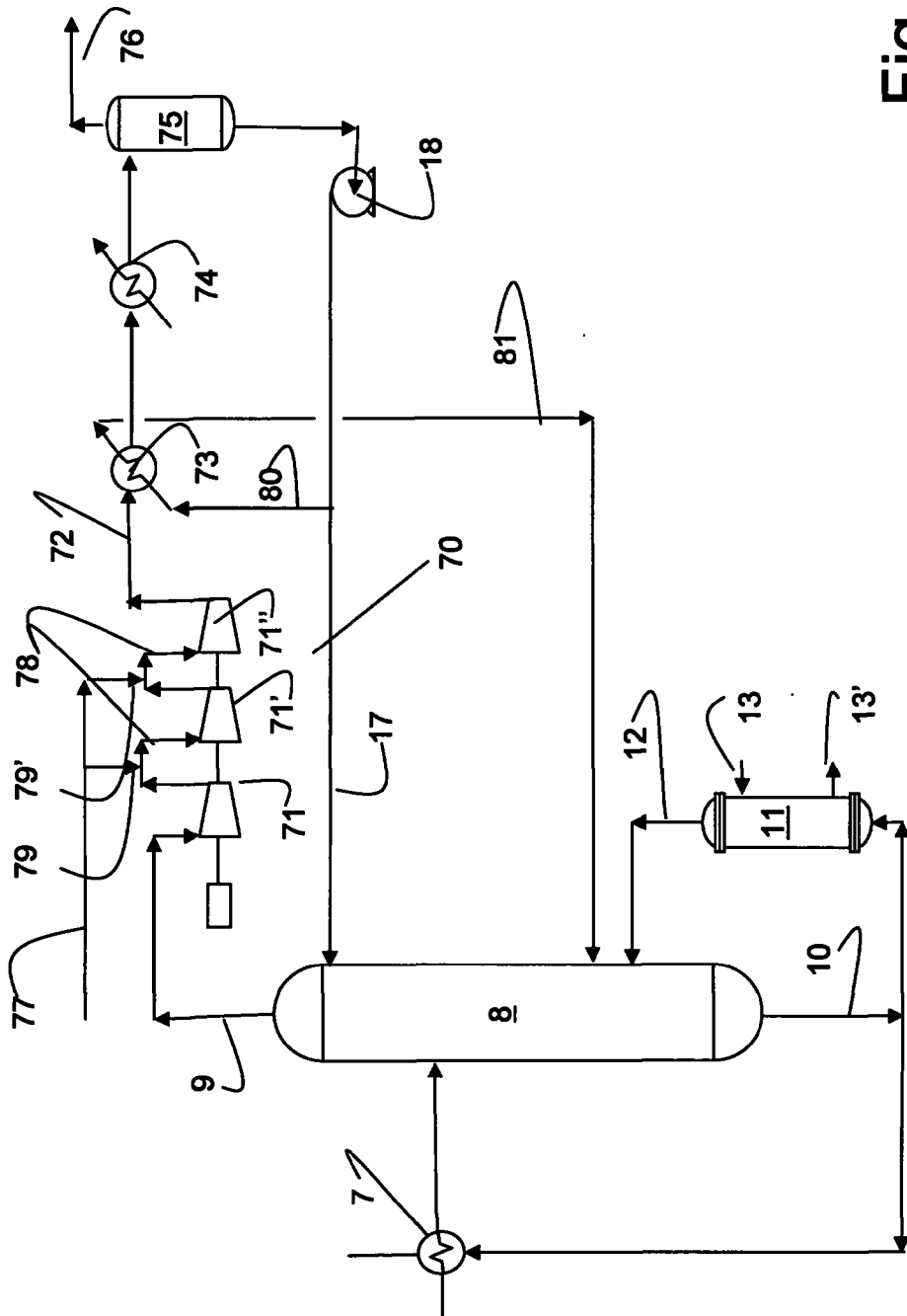


Fig. 5