



(12) **PATENT**

(19) NO

(11) **314983**

(13) B1

(51) Int Cl⁷

B 01 D 53/22, 53/26

Patentstyret

(21) Søknadsnr	19965151	(86) Int. inng. dag og søknadsnummer	
(22) Inng. dag	1996.12.03	(85) Videreføringsdag	
(24) Løpedag	1996.12.03	(30) Prioritet	1995.12.08, US, 569533
(41) Alm. tilgj.	1997.06.09		
(45) Meddelt dato	2003.06.23		
(71) Patenthaver	Permea Inc, 11444 Lackland Road, Saint Louis, MO 63146, US		
(72) Oppfinner	Kenneth Jones, Chesterfield, MO 63017, US		
	Robert James Arrowsmith, Chesterfield, MO 63017-5621, US		
(74) Fullmektig	Zacco Norway AS, 0106 Oslo		

(54) Benevnelse **Fremgangsmåte for dehydratisering av en gass inneholdende vanndamp**

(56) Anførte publikasjoner US 5259869, US 4497640

(57) Sammendrag

Det er beskrevet en fremgangsmåte for dehydratisering av en gass, spesielt av en gass hvor gassverdiene alle bør utvinnes i det vesentlige som dehydratisert gass. Fremgangsmåten anvender membrantørkere og tilveiebringer en sveipgass for hver av tørkerne. Sveipgassen gjenvinnes i det vesentlig og anvendes igjen som en sveipgass. Fremgangsmåten er økonomisk og kan bearbeide store mengder gass.

Foreliggende oppfinnelse vedrører dehydratisering av en gass inneholdende fuktighet. Fremgangsmåten for dehydratisering av en gass ifølge foreliggende oppfinnelse utvinner i det vesentlige all gassen i en tørr form.

- 5 Det finnes en lang rekke gasser hvorfra det er ønskelig å fjerne vanndamp. Foreliggende oppfinnelse vedrører spesielt de gassene hvor det er meget ønskelig å utvinne i det vesentlige all gassen fra dehydratiseringsprosessen. De spesielle gassene som foreliggende oppfinnelse vedrører omfatter luft, naturgass, nitrogen, metan, karbondioksyd, karbonmonoksyd og hydrogen og visse andre hydrokarbongasser, så som metan, etylen, 10 propan og propylen. Ofte vil disse gassene inneholde relativt små mengder fuktighet i form av vanndamp, men det er fremdeles ønskelig ytterligere å dehydratisere gassen ved fjernelse av minst ca. 95 % av fuktigheten tilstede.

- Nærværet av vanndamp i disse gassene kan forårsake problemer, så som korrosjon, 15 dersom gassen også inneholder karbondioksyd eller hydrogensulfid. Det er nødvendig å redusere nærværet av vanndamp til en meget liten mengde når gassen transporteres eller underkastes ytterligere bearbeidelse, f.eks. flytendegjøring eller markedsføring. Reduksjon av fuktighet i hydrokarbonholdige gasser er viktig for å eliminere faren for dannelse av faste avsetninger av hydratkomplekser.

- 20 Fremgangsmåter som i dag anvendes omfatter avkjøling, kontakt med glykol, adsorpsjon ved anvendelse av silikageler og adsorpsjon ved anvendelse av molekylarsikter. Disse prosessene krever svært store installasjoner og øker derfor kostnadene ved prosessen i betydelig grad. Når en gass, så som naturgass, tørkes, føres den generelt i rør 25 direkte fra gassfeltet til brukeren, avledning gjennom en batch-type prosess er dyrt og tidkrevende.

- Anvendelsen av permeable membraner for å separere vanndamp fra en gass anses som en passivt system ved at strømmen av gass fortsetter uavbrutt og systemet er automatisert og krever lite, om noe, vedlikehold av personell. I tillegg er et membransystem tilp 30 pasningsdyktig til feltet, sjøplattformer og in-plant anlegg. Selv med enkelheten av membransystemer er det imidlertid viktig å utvinne i det vesentlige all gassen som gass tilnærmet fri for fuktighet.

- 35 For eksempel innbefatter patenter som vedrører dehydratisering av naturgass ved anvendelse av membransystemer US-patent nr. 3735558, Skarstrøm et al.; US-patent nr. 4497640, Fournie et al.; US-patent nr. 4718921, Ube Industries. Mens disse patentene

tilveiebringer membraner og systemer for dehydratisering av gass, sendes ifølge hvert av patentene en betydelig andel av gassen til avfall.

Foreliggende oppfinnelse tilveiebringer en fremgangsmåte for dehydratisering av en
5 gass hvori fuktighetsinnholdet reduseres til nærmest fullstendig mens det samtidig ut-
vinnes i det vesentlige all gass, hvor gassen er utelukkende gasskomponenter, bortsett
fra vanndamp.

I forbindelse med foreliggende oppfinnelse innbefatter betegnelsen "gass" alle gass-
10 komponenter, bortsett fra fuktighet, det vil si vanndamp er utelukket.

Foreliggende oppfinnelse tilveiebringer en fremgangsmåte for dehydratisering av en
gass inneholdende vanndamp opptil, men ikke overskridende, metning for å oppnå en
gass som inneholder mindre enn ca. 150 ppm uttrykt ved volum av vanndamp.

15 Fremgangsmåten er kjennetegnet ved at den innbefatter:

(a) gassen bringes under trykk i kontakt med en side av en membran i en primær
membrantørker under betingelser egnede for gjennomtrening av en hoveddel av vann-
dampen til en andre side av membranen for å tilveiebringe en første lavtrykkspereat-
gass inneholdende hoveddelen av vanndamp og en første ikke-permeatgass inne-
20 holdende mindre enn ca. 150 ppm vanndamp;

(b) komprimering av minst en del av den første permeatgassen for å øke trykket
med minst ca. 344,75 kPa under fjernelse av vann fra minst en del av den komprimerte
gassen (1) ved kondensering av den komprimerte gassen for å danne flytende vann og
fjernelse av det flytende vannet, eller (2) ved fjernelse av en spyledel av den kompri-
25 merte gassen inneholdende en betydelig andel vanndamp fra prosessen, eller (3) ved å
anvende en kombinasjon av (1) og (2), og ved å anvende minst del av den komprimerte
gassen som råstoff til en andre membrantørker for å oppnå en andre permeatgass og en
andre ikke-permeatgass;

(c) oppdeling av den andre ikke-permeatgassen til en første sveipgass for
30 permeatsiden av den første membrantørkeren og en andre sveipgass for permeatsiden av
den andre membranrørkeren; og

(d) utvinning av den første ikke-permeatgassen som en i det vesentlige tørr gass
som inneholder mindre enn ca. 150 ppm fuktighet og inneholdende minst 98 % av
gassen.

35

Den første permeatgassen komprimeres så for å øke dens trykk i området på ca. 344,75
kPa til ca. 1034,25 kPa og vannet fjernes fra minst en del av den komprimerte gassen.

Vannfjernelsen bevirkes ved enten avkjøling av den komprimerte gassen og kondensasjon av vanndampen for å danne flytende vann og fjernelse av det flytende vannet, eller ved fjernelse av en del av den komprimerte gassen inneholdende en betydelig andel av vanndampen fra prosessen. En kombinasjon av vannfjernelsesprosessene kan også anvendes hvor vandamp kondenseres og fjernes som vann og deretter fjernes en del av den komprimerte gassen, hvilken del innbefatter noe gjenværende vanndamp og en liten mengde gass.

Minst en del av den komprimerte første permeatgassen (etter vannfjernelse) anvendes som råstoff i en andre membrantørker for å oppnå en andre permeatgass (inneholdende eventuelt tilveiebragt sveipgass) og en andre ikke-permeatgass. Den andre ikke-permeatgassen oppdeles i en første sveipgass for permeatsiden av den første membrantørkeren og en andre sveipgass for permeatsiden av den andre membrantørkeren. Den første ikke-permeatgassen utvinnes som en i det vesentlige tørr gass inneholdende minst 98 % av gassen fra den opprinnelige råstoffgassen.

I en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse blandes det andre permeatet med det første permeatet og følgelig kan enhver gass i det andre permeatet utvinnes. Denne prosessen kan kalles en "lukket" prosess, hvor det første og det andre permeatet (hvert inneholdende eventuell tilveiebragt sveipgass) kombineres, komprimeres, avvannes og anvendes som råstoff til den andre membrantørkeren. I denne lukkede prosessen kan det imidlertid være nødvendig å spyle systemet svakt for å fjerne overskudd gass som viser tendens til å bygges opp i den lukkede delen av prosessen innbefattende den andre membrantørkeren. Ved punktet i prosessen hvor det andre permeatet oppnås, er imidlertid gassen i dette permeatet en meget liten mengde og i ethvert tilfelle vil den ikke overskride mengden gass i det første permeatet (unntatt eventuell sveipgass. Følgelig tillater den lukkede prosessen fremdeles utvinning av mer enn 98 % av den opprinnelige råstoffgassen under utelukkelse av fuktighet, i en i det vesentlige tørr form.

Som angitt tidligere blir det tørre gassproduktet ikke-permeatgassen oppnådd fra den første tørkeren. Fordi den første tørkeren er utstyrt med et tørrgass-sveip, er produktgassen meget tørr, selv om den har passert bare gjennom en tørker. Tilnærmet all vanndampen i den opprinnelige gassen passerer gjennom membranen til permeatsiden av den første membrantørkeren, hvorpå den føres sammen ved hjelp av den tørre sveipgassen for å danne første permeat. Det første permeatet, eller en kombinasjon av de første og andre permeatene, tilveiebringer gassen for råstoffet til den andre tørkeren. Gassandelen av hvert av permeatene er relativt liten. Følgelig er det nødvendig å tilsette gass til rå-

stoffet for den andre tørkeren ved oppstartning, slik at ikke-permeatstrømmen fra den andre tørkeren har tilstrekkelig gass til å tilveiebringe de to sveipstrømmene til første og andre tørkere. Når systemet er i drift er ytterligere gass ikke påkrevet, fordi sveipgassen fra sveipstrømmene gjenvinnes og gjenanvendes som råstoff for den andre tørkeren.

5

Som nevnt tidligere er mengden av gass som trenger inn i den første tørkeren meget liten, imidlertid kan selv denne lille mengden forårsake en oppbygning av gass i den lukkede syklusen omfattende den andre membran-tørkeren. Følgelig er det nødvendig å fjerne overskudd gass fra den lukkede syklusen i en mengde som ikke overskrider

10 mengden av gass som overføres fra matesiden til permeatsiden av den første membran-tørkeren. Fremgangsmåten for fjernelse av overskudd gass omtales nedenfor.

Figur 1 er en skjematisk skisse av en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse; og

15 **figur 2** er en skjematisk skisse av en annen utførelsesform av foreliggende oppfinnelse.

Figur 1 viser en prosess 10 for dehydratisering av en gass 12. Gassen vil generelt inneholde fuktighet opptil, men ikke overskridende, metning med vanndamp, men det er ønskelig at gassen er tørket til et fuktighetsinnhold på mindre enn ca. 150 ppm. Gassen

20 12 er under et trykk på minst 1825,1 kPa og bringes i kontakt med en første membran-tørker 14 hvor gassen kommer i kontakt med en side av membranen, hvorpå fuktigheten som vanndamp passerer gjennom membranen til en permeatside, hvilket resulterer i en permeatstrøm 16 ved et trykk i området på 101,4-515,05 kPa. Ikke-permeatdelen er en tørket gass 44, som har et fuktighetsinnhold på mindre enn ca. 150 ppm. Den tørkede

25 gassen tømmes fra prosessen for anvendelse, eller den kan lagres i et lagringsareal 46. Permeatgassen 16 føres til en kompressor 18, hvorpå trykket heves ved minst 344,75 kPa. Den komprimerte gassen 20 føres deretter til en kjøler 22, hvori gassen avkjøles. Den avkjølte, komprimerte gassen 24 føres deretter til en vannseparasjonsinnretning 26, hvorpå eventuell fuktighet som kondenseres fjernes som flytende vann 28. Den av-

30 vannede, komprimerte gassen 30 er råstoff for den andre membran-tørker 32, som tilveiebringer en permeatgass 40, som inneholder en liten andel av den opprinnelige gassen, men det meste av fuktigheten. Permeat 40 sendes enten til avhending eller gjenvinnes for andre formål. Ikke-permeatgassen 34 i i det vesentlige tørr tilstand, sendes til en splitteventil 36 eller andre innretninger for oppdeling av strømmen, hvorpå

35 ikke-permeatgassen 34 deles i to deler, den første delen 42 sendes til den første membran-tørkeren 14 for å tjene som en sveip, ideelt motstrøms, på permeatsiden av membranen for den første tørkeren 14. Den andre delen 38 av ikke-permeatgassen 34

sendes til den andre membrantørkeren 32 og virker som en sveip, ideelt motstrøms, for permeatsiden av den andre membrantørkeren.

Råstoffsidens av den første membrantørkeren 14 drives ved et trykk på minst 1825,1 kPa, mens den andre membrantørkeren 32 drives ved et lavere trykk på minst 446,1 kPa. Følgelig er mengden av ikke-permeatsveip 34 sendt til den andre membrantørkeren 32 relativt lavt. Det meste av ikke-permeatproduktet 34 fra den andre membrantørkeren 32 sendes gjennom splitteren 36 som en i det vesentlige tørr gass 42 for å operere som sveip for permeatsiden av den første membrantørkeren 14. I ethvert tilfelle er gassen 40 en meget fuktig gass som fjernes fra systemet 10 og overskrider ikke mengden av gass som trenger gjennom fra råstoffsidens til permeatsiden av den første membrantørkeren. Avhengig av hastigheten for gassgjennomtrengning i den første tørkeren er gassen som tapes gjennom permeatet 40 typisk mindre enn 2 %, og mer generelt mindre enn 1 % av gassen som opprinnelig trer inn i prosessen ved den første membrantørkeren 14. Siden det imidlertid er nødvendig å ha ikke-permeatgass fra den andre membrantørkeren for å tjene som motstrømssveip for begge tørkere, må gass være tilgjengelig innenfor sveipdelen av prosessen for at det skal tilveiebringes tilfredsstillende sveip. Denne gassen kan plasseres i systemet ved oppstartning ved primer-behandling av den andre membrantørkeren med opprinnelig råstoffgass, eller ved primer-behandling av den andre tørkeren ved anvendelse av en annen kilde for gass som er kompatibel.

Figur 2 viser en annen prosess 50 som dekker en annen utførelsesform av foreliggende oppfinnelse. En gass 52 inneholdende fuktighet i form av vanndamp opptil, en ikke overskridende, metning, tilføres under trykk til en side av membranen i membrantørkeren 54 og separeres for å tilveiebringe et i det vesentlige tørt ikke-permeat 92 og et fuktig permeat 56. Det i det vesentlige tørre permeatet 92 inneholder mindre enn ca. 150 ppm av fuktighet og kan være tørt fra prosessen for anvendelse eller kan lagres i et lagringsareale 94. Den våte gassen 56 ved et trykk på 101,4-515,05 kPa føres til en blandeventil 58 eller annen innretning, som blandes med fuktig permeat 60 fra en andre membrantørker. Det blandede permeatet 62 føres til en kompressor 64 hvorpå trykket øker ved minst 344,75 kPa. Den komprimerte gassen 66 føres til en kjøler 68 for å kondensere fuktighet og en avkjølt komprimert gass 70 føres til en innretning 72 for separering av flytende vann fra den fuktige gassen 70, hvorpå vannet 73 fjernes og den avvannede, komprimerte gassen 74 sendes til en spylesplitter 76. Spylestrømmen 78 som forlater splitteren fjerner en liten del av gassen for å fjerne overskudd gass fra systemet. Den spylte, avvannede komprimerte gassen 80 bringes i kontakt med en side av membranen i en andre membrantørker 82, hvorpå et permeat 60 dannes. Permeatet

60 blandes med permeatet 56 fra den første membrantørkeren 54 og det blandede permeatet 62 komprimeres, avkjøles, avvannes og spyles som ovenfor. Ikke-permeatet 84 fra membrantørkeren 82 sendes til en splitter 86, hvorpå en del 88 sendes til den andre membrantørkeren 82 som en sveipgass, ideelt motstrøms, på permeatsiden av membranen og den gjenværende delen 90 sendes til den første membrantørkeren 54 som en sveip, ideelt motstrøms, av permeatsiden av membranen.

Selv om foreliggende oppfinnelse generelt er anvendelig for dehydratisering av gasser, er den spesielt velegnet for dehydratisering av verdifulle gasser. For eksempel kan en nitrogengass, som er krevet å ha en høy grad av dehydratisering, få sitt fuktighetsinnhold redusert til mindre enn 40 deler pr. million. Det er også meget ønskelig å fjerne i det vesentlige all fuktighet fra en gass, så som naturgass, mens samtidig i det vesentlige all gassen bevares. Andre gasser for hvilke foreliggende oppfinnelse er egnet innbefatter etan, etylen, propan, propylen, butan, buten, karbondioksyd, karbonmonoksyd og hydrogen. For eksempel kan naturgass, som den først utvinnes, inneholde gasskomponenter som angitt i tabell 1 nedenfor.

TABELL 1

<u>Gasskomponent</u>	<u>Konsentrasjon i mol-%</u>
Metan	94,28
Nitrogen	0,94
Karbondioksyd	0,63
Etan	3,19
Propan	0,53
Isobutan	0,09
N-butan	0,11
C ₅ -C ₈	0,23

I tillegg til disse komponentene vil gassen inneholde fuktighet (vanndamp) i en mengde fra 500 til 2000 ppm, avhengig av temperatur og trykk. Selv om det synes som om fuktighetsinnholdet er relativt lavt, er det tilstrekkelig til å danne faste, islignende materialer kalt hydrater og, i kombinasjon med syregass-komponenter, kan det forårsakes korrosjon i rør, ventiler og produktanvendelsesmekanismer. For å forhindre hydratdannelse og korrosjon ved bruk er det ønskelig å redusere vanninnholdet til

mindre enn 150 ppm, fortrinnsvis mindre enn 50 ppm, mens det samtidig utvinnes mer enn 98 % av gassen.

Enhver dehydratiseringsprosess bør være kontinuerlig, økonomisk og effektiv for reduksjon av vanninnholdet mens gassen i det vesentlige bevares.

Foreliggende oppfinnelse anvender membraner som vil separere gasskomponentene fra vanddampen. Selv om det er kjent innen teknikken å anvende membraner for å redusere vanninnholdet av en gass, har den tidligere kjente teknikken ikke tilveiebragt en prosess som vil redusere vanninnholdet til mindre enn 150 ppm, mens i det vesentlige mer enn 98 % av gassen bevares.

Foreliggende oppfinnelse tilveiebringer en slik prosess ved anvendelse av to membran-
tørkere. Den første eller primære membrantørkeren anvender en meget selektiv
membran som har meget lav porøsitet, slik at vannet lett trenger gjennom, men meget
lite av gasspermeatene. Siden vanninnholdet er lavt og meget lite av gassverdiene
trenger gjennom, er det en meget liten strøm på permeatsiden av membranen. Som et
resultat er det nødvendig å tilveiebringe et gass-sveip på permeatsiden av membranen,
ellers ville vannpartialtrykk bygges opp og redusere den drivende kraften for kontinu-
erlig transport av vann over veggen av membranen.

Tradisjonelt innbefatter sveipgassen for permeatsiden av en membran i det minste en del
av den tørkede produktgassen. Sveipgassen tapes generelt og gjenvinningen er dyr.
Foreliggende oppfinnelse tilveiebringer en effektiv sveipgass for permeatsiden av den
primære membrantørkeren uten tap av en vesentlig del av gassen ved en fremgangsmåte
som er økonomisk fordelaktig.

En andre membrantørker anvendes i fremgangsmåten ifølge foreliggende oppfinnelse.
Membranen anvendt i denne andre tørkeren er ikke lenger selektiv og kan være mindre
selektiv enn membranene av den første membrantørkeren, men tillater fremdeles meget
rask transport av fuktigheten fra gassen mens det tilveiebringes en tørr gass, som kan
anvendes primært som en sveip for den primære membrantørkeren. Permeatgas-
strømmen fra den primære membranen tilveiebringer en del av råstoffet for den
sekundære membranen. Før det primære permeatet anvendes som råstoff for den
sekundære membranen, avvannes imidlertid permeatet. Først og fremst er permeatet
ikke under tilstrekkelig trykk, slik at en kompressor anvendes for å komprimere den
første permeatgassen, hvoretter en kjøler og en separasjonsinnretning for flytende vann

- kan anvendes for i det vesentlige å fjerne vann fra det komprimerte permeatet. Det komprimerte første permeatet kan ikke tilveiebringe tilstrekkelig råstoff for den andre tørkeren ved oppstartning av prosessen. Det kan være nødvendig å primer-behandle råstoffgassen for den sekundære tørkeren for å tilveiebringe tilstrekkelig innledende råstoffgass for tørkeren. Den sekundære tørkeren tilveiebringer en ikke-permeatgass som er i det vesentlige tørr og et permeat inneholdende små mengder av den opprinnelige gassen og en relativt stor mengde av dens opprinnelige fuktighet. Det sekundære ikke-permeatet deles i et sveip for den primære tørkeren og en lignende mengde sveip for den sekundære tørkeren. Følgelig blir hoveddelen av ikke-permeatgassen fra den sekundære tørkeren, når den anvendes som et sveip for permeatsiden av den primære tørkeren, del av en i det vesentlige lukket krets hvorved sveipgassen gjenvinnes sammen med permeatet fra den primære tørkeren og bearbeides gjennom avvanningsprosessen etterfulgt av anvendelse som en råstoffgass for den sekundære tørkeren.
- Selv om permeatet fra den sekundære tørkeren er lite i mengde, kan det være ønskelig å returnere det til systemet ved å kombinere det med permeatet fra den primære tørkeren, hvoretter det blandede permeatet underkastes avvanning og anvendes deretter som råstoffgass for den sekundære tørkeren.
- Dersom det andre permeatet, fremfor å tømmes som avfall eller sendes til en annen prosess, blandes med det første permeatet og følgelig resirkuleres inn i prosessen, kan gass bygges opp i systemet og det vil finnes nødvendig å spyle overskuddsgassen. Dette finner sted fordi en liten mengde gass permerer gjennom membranveggene av den primære membrantørkeren. Dette permeatet trer så inn i den i det vesentlige "lukkede" kretsen, som tilveiebringer den tørre sveipgassen for den primære membrantørkeren. Spyling av denne lille mengden overskuddsgass kan finne sted med avvanningsprosessen eller kan finne sted ved å sende det sekundære membrantørkerpermeatet til avhending eller en annen prosess, eller ved enkelt å spyle overskuddsgassen fra prosessen til et hvilket som helst ønsket punkt. Når tilstrekkelig gass er i den "lukkede" kretsen til å tilveiebringe det nødvendige sveipet til permeatsiden av den primære tørkeren, er det ikke nødvendig å primer-behandle systemet eller virkelig å tilsette ytterligere gass.
- Under kontinuerlige driftsbetingelser bør den påkrevde mengden gass som skal spyles være i det vesentlige lik mengden av gass som passerer gjennom den første membranen inn i det første membrantørkerpermeatet. En enkel løsning for å holde gassinholdet av sveipstrømmene konsistent er å overvåke mengden gass i den første permeatstrømmen

og spyle en tilsvarende mengde fra et eller annet sted i sveipgass-kretsen. I figur 1 finner gass-spylingen sted ved den andre permeatstrømmen 40. I dette tilfellet vil mengden spyling nødvendig fastsettes ved permeabilitetskonstantene av membranen av den første tørkeren. I figur 2 finner spylingen av overskudd gass sted ved spylesplitteren 76 hvor
 5 spylingen 78 forlater prosessen. Spylesplitteren 76 vil være kontrollert for å vise respons på mengden av gass som trenger gjennom membranen i den første membrantørkeren 54. Overskuddsgassen kan spyles fra et hvilket som helst tilfredsstillende sted innenfor sveipgass-kretsen. Det kan i realiteten finnes ønskelig å spyle gass fra mer enn ett sted. Mengden av gass spylt er i det vesentlige det eneste tapet av gass i prosessen. Generelt
 10 er mengden gass i spylingen mindre enn 2 % og ofte mindre enn 1 % av den opprinnelige gassen som skal bearbeides.

Membranen av den andre tørkeren kan være noe mindre selektiv og vil operere for å tilveiebringe den nødvendige, i det vesentlige tørre ikke-permeatgasstrømmen under
 15 langt lavere trykk en primærtørkeren. Fordi andelen gass til fuktighet i den opprinnelige råstoffgassen er meget høy, er det ønskelig å utstyre den første membrantørkeren med en i det vesentlige ikke-porøs membran som har en relativt høy selektivitet for vann/gass. Ved å anvende et membranmateriale med en høy selektivitetsfaktor, tillates i det vesentlige all gassen å forbli på ikke-permeatsiden, mens i det vesentlige alt vannet
 20 transporteres til permeatsiden. For å bevirke denne type separasjon er det ønskelig å anvende et relativt høyt matetrykk.

Imidlertid, er i tilfelle med den sekundære membranen, et slikt matetrykk ikke påkrevet fordi mengden av gass i råstoffet er relativt liten, og denne gassen vil bli i det vesentlige
 25 utvunnet i prosessen, som omtalt ovenfor.

Mengden av fuktighet i den opprinnelige gassen som kan fjernes i foreliggende prosess er opptil metning ved temperaturen og trykket av gassen idet den trer inn i den første membrantørkeren. Eksempler på mettet vanninnhold for naturgass som funksjon av
 30 temperatur og trykk er som følger:

	Trykk (kPa)	Temperatur (°C)	Vann (ppm)
	4137	20	735
	4137	28	1050
5	6895	27	735
	6895	34	1050
	6895	43	1680

I alle tilfeller uttrykkes ppm av vann som deler pr.million uttrykt ved volum.

10

Permeabiliteten av en gitt gass kan uttrykkes som volumet av gass ved standard temperatur og tykk (STP) som passerer gjennom en membran pr. kvadratcentimeter overflateareal, pr. sekund, for et partialtrykkfall på 1 centimeter kvikksølv (cmHg) over membranen pr. enhet trykkelse, og uttrykkes som $P/I = \text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{sek} \cdot \text{cmHg}$. Det foreslåtte

15 området av P/I for vanndamp, f.eks. ved 20°C for membraner anvendt i primærtørkeren i foreliggende oppfinnelse er fra ca. $50 \times 10^{-6} \text{ cm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{sek} \cdot \text{cmHg}$ til ca. $5000 \times 10^{-6} \text{ cm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{sek} \cdot \text{cmHg}$ selv om det ikke finnes noen øvre grense. Det er foretrukket at membranen har en P/I større enn ca. $200 \times 10^{-6} \text{ cm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{sek} \cdot \text{cmHg}$. Den foretrukne selektiviteten av den første membranen for vanndamp/gass er større enn 100. For den

20 andre membranen er den foretrukne selektiviteten større enn 25.

Det foreslås at membranen kan være av hydrofobe polymerer. Det polymere membran-materialet kan velges fra substituert eller usubstituert polysulfon, polystyren, akrylo-nitril-styren-kopolymer, styren-butadien-kopolymer, styren-vinylbenzylhalogenid-

25 kopolymer, polykarbonat, celluloseacetat, cellulosepropionat, etylcellulose, metyl-cellulose, nitrocellulose, polyamid, polyimid, arylpolyamid, arylpolyimid, polyeter, polyeterimid, polyarylenoksyd, polyfenylenoksyd, polyxylylenoksyd, polyesteramid-diisocyanat, polyuretan, polyester, polyarylat, polyetylentereftalat, polyalkylmetakrylat, polyalkylakrylat, polyfenylentereftalat, polysulfid, polysiloksan, polyetylen, poly-

30 propylen, polybuten-1, poly-4-metylpenten-1, polyvinylklorid, polyvinylfluorid, polyvinylidenklorid, polyvinylidenfluorid, polyvinylalkohol, polyvinylacetat, polyvinyl-propionat, polyvinylpyrrolidin, polyvinylpyrrolidon, polyvinyleter, polyvinylketon, polyvinylaldehyd, polyvinylformal, polyvinylbutyral, polyvinylamin, polyvinylfosfat, polyvinylsulfat, polyacetal, polyallyl, polybenzobenzimidazol, polyhydrazid, polyoksa-

35 diazol, polytriazol, polybenzimidazol, polykarbodiimid, polyfosfacin, polypropylen oksyd og interpolymere, blokk-interpolymere, kopolymerer, blokk-kopolymerer, podinger og blandinger av de foregående.

Eksempel på tidligere kjent teknikk

En kontrolltest utføres hvori metangass ved et trykk på 6996,4 kPa, inneholdende 1000 ppm (volumbasis) vann tilføres til skallsiden av en hull-fibermembrantørker for å fremstille en tørr ikke-permeat gass inneholdende 42 ppm vann og et permeat inneholdende den gjenværende delen av vannet. Ikke-permeatet fjernes fra prosessen som tørket produktgass ved 42 ppm vann. Permeatet spyles fra prosessen. Tørkeren anvender en membran med en vann-permeabilitet på $1000 \times 10^{-6} \text{ cm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{sek} \cdot \text{cmHg}$. Den beregnede ytelsen for prosessen er angitt i tabell 2 nedenfor:

TABELL 2

Kontroll nr.	Metanpermeabilitet ($\text{cm}^3/\text{cm}^2 \cdot \text{sek} \cdot \text{cmHg}$)	Permeatstrøm gasstap (% av råstoff)	Areal m^2/kg mol/t råstoff
A	$3,58 \times 10^{-6}$	4,0	9,77
B	$2,51 \times 10^{-6}$	3,5	12,28
C	$1,49 \times 10^{-6}$	3,0	17,79

15

EKSEMPEL 1

Både en primær membranørker og en sekundær membranørker anvendes i en fremgangsmåte ifølge foreliggende oppfinnelse for å tørke metan inneholdende ca. 1000 ppm vanndamp. Hver av de primære og sekundære tørkerne anvender membraner som har en vannpermeabilitet på $1000 \times 10^{-6} \text{ cm}^3/\text{cm}^2 \cdot \text{sek} \cdot \text{cmHg}$ og en metanpermeabilitet på $2 \times 10^{-6} \text{ cm}^3/\text{cm}^2 \cdot \text{sek} \cdot \text{cmHg}$ under driftsbetingelsene omtalt nedenfor. Hver tørker drives med en sveipstrøm på permeatsiden av membranen for å assistere den fortsatte overføringen av vann over membranen.

25

Metan ved 6996,4 kPa og ved 38°C tilføres til skallsiden av den primære tørkeren inneholdende hullfibermembraner av den ovenfor angitte beskrivelsen. En ikke-permeatgas-

strøm oppnås under et trykk på 6975,7 kPa inneholdende 42 ppm vann og en permeatstrøm oppnås ved et trykk på ca. 137,9 kPa inneholdende den gjenværende delen av vannet. Ikke-permeatstrømmen fjernes fra systemet som tørket metan inneholdende bare 42 ppm vann.

5

Strømmen som forlater permeatsiden av den primære tørkeren er en kombinasjon av permeatet og sveip. Denne strømmen kombineres med strømmen som forlater permeatsiden av den sekundære tørkeren, og de kombinerte strømmene komprimeres, avkjøles til 38°C og tilføres til en separerende innretning som separerer det kondenserte flytende vannet fra strømmen og fjerner vannet fra prosessen. Den gassformige strømmen forlater vannseparasjonstrinnet ved et trykk på ca. 135,8 kPa under trykket av strømmen ettersom den forlater kompressoren. Strømmen deles i to deler. En del er en liten spylestrøm inneholdende i det vesentlige den samme mengden gass som føres gjennom den første membrantørkeren inn i permeatet, spylingen forlater prosessen og den andre delen er matestrømmen for den sekundære membrantørkeren. Denne matestrømmen tilføres til boringene av hulfibre i den sekundære tørkeren.

10

15

Den sekundære tørkeren produserer en ikke-permeatstrøm ved et trykk på ca. 41,37 kPa lavere enn kompressorutløpstrykket, men inneholdende mindre vann enn matestrømmen, og en permeatstrøm ved ca. 137,9 kPa inneholdende mer vann enn råstoffet. Permeatstrømmen kombineres med permeatstrømmen fra den primære tørkeren og tilføres til kompressoren. Ikke-permeatstrømmen ekspanderes til et lavere trykk, gjenoppvarmes til 38°C, og oppdeles i to strømmer, en anvendt for å sveipe permeatsiden av den primære tørkeren og den andre anvendt for å sveipe permeatsiden av den sekundære tørkeren.

20

25

Den beregnede ytelsen av prosessen er angitt i tabell 3 nedenfor, hvor fuktighetsinnholdet av gassen er redusert til 42 ppm.

30

TABELL 3

Prøve nr.	Primær tørker sveipstrøm (% råstoff)	Sveipvann innhold (ppm)	Sekundær tørker sveipstrøm (% råstoff)	Gasspyling (% råstoff) gasstap	1. og 2. tørker areal (m ² / kmol/t) råstoff
1a	4,0	300	1,95	1,01	5,95
1b	5,0	300	1,94	0,91	5,80
1c	6,0	300	1,93	0,86	6,09
1d	7,0	300	1,91	0,83	6,53
1e	5,0	200	1,93	0,90	6,09
1f	5,0	400	1,95	0,94	5,80
1g	4,0	300	0,95	1,01	6,25
1h	5,0	300	0,91	0,91	6,84
1i	5,0	300	2,94	0,91	5,80
1j	5,0	300	1,91	0,91	8,33
1k	4,0	300	1,94	1,01	7,58

5

1. og 2. tørkerareal viser hvor mange m² membranareal som er påkrevet for å oppnå resultatet basert på kgmol pr. time strøm av den opprinnelige gassen.

Når resultatene i tabell 3 sammenlignes med de fra tabell 2, er det åpenbart at fremgangsmåten ifølge foreliggende oppfinnelse er betydelig forbedret sammenlignet med eksempelet på teknikkens stand. Gasstapet er mindre enn $1/3$ av det for den tidligere kjente prosessen, og prosessen ifølge foreliggende oppfinnelse krever $1/3$ så mye

5 membranareal som prosessen ifølge tidligere kjent teknikk. Foreliggende oppfinnelse er derfor meget økonomisk, enkel og effektiv sammenlignet med konvensjonelle membranprosesser.

P a t e n t k r a v

1.

Fremgangsmåte (10, 50) for dehydratisering av en gass (12, 52) inneholdende vanndamp
 5 opptil, men ikke overskridende, metning for å oppnå en gass som inneholder mindre enn
 ca. 150 ppm uttrykt ved volum av vanndamp, k a r a k t e r i s e r t
 v e d at den innbefatter:

(a) gassen (12, 52) bringes under trykk i kontakt med en side av en membran i en
 primær membrantørker (14, 54) under betingelser egnede for gjennomtrening av en
 10 hoveddel av vanndampen til en andre side av membranen for å tilveiebringe en første
 lavtrykkspereatgass (16, 56) inneholdende hoveddelen av vanndamp og en første ikke-
 permeatgass (44, 92) inneholdende mindre enn ca. 150 ppm vanndamp;

(b) komprimering (18, 64) av minst en del av den første permeatgassen (16, 56)
 for å øke trykket med minst ca. 344,75 kPa under fjernelse av vann (26, 72) fra minst en
 15 del av den komprimerte gassen (1) ved kondensering av den komprimerte gassen for å
 danne flytende vann og fjernelse av det flytende vannet, eller (2) ved fjernelse av en
 spyledel av den komprimerte gassen inneholdende en betydelig andel vanndamp fra
 prosessen, eller (3) ved å anvende en kombinasjon av (1) og (2), og ved å anvende minst
 del av den komprimerte gassen som råstoff til en andre membrantørker (32) for å oppnå
 20 en andre permeatgass (40, 60) og en andre ikke-permeatgass (34, 84);

(c) oppdeling av den andre ikke-permeatgassen (34, 84) til en første sveipgass
 (42, 90) for permeatsiden av den første membrantørkeren (14, 54) og en andre sveipgass
 (38, 88) for permeatsiden av den andre membranrørkeren (32); og

(d) utvinning av den første ikke-permeatgassen (14) som en i det vesentlige tørr
 25 gass som inneholder mindre enn ca. 150 ppm fuktighet og inneholdende minst 98 % av
 gassen.

2.

Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at
 30 gassen (12, 52) består av naturgass, nitrogen, luft, en hydrokarbongass eller en blanding
 derav.

3.

Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at
 35 gassen (12, 52) inneholdende vanndamp inneholder mindre enn ca. 1 % vanndamp
 uttrykt ved volum.

4.

Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d a t
gassen (12, 52) er naturgass og det første ikke-permeatet (44, 92) er tørr naturgass
5 inneholdende mindre enn ca. 150 ppm fuktighet.

5.

Fremgangsmåte ifølge krav 4, k a r a k t e r i s e r t v e d a t d e n
tørre naturgassen inneholder mindre enn 50 ppm fuktighet.

10

6.

Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d a t
vannet som damp fjernes i en spyledel, hvor spyledelen inneholder gass i en mengde i
det vesentlige lik gassen inneholdt i den første permeatgassen, unntatt eventuell
15 sveipgass.

7.

Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d a t e n
på forhånd bestemt del av en kompatibel gass tilsettes til råstoffet til den andre
20 membranørkeren (32) ved oppstartning av prosessen.

8.

Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d a t
gassen (52) er en hydrokarbonholdig gass inneholdende mindre enn 1 volum-%
25 fuktighet,
den første permeatgassen (56) blandes med den andre permeatgassen (60) oppnådd fra
den andre membranørkeren (32) for å tilveiebringe en blandet gass;
den blandede gassen komprimeres for å øke trykket med minst ca. 344,75 kPa;
vann (72) fjernes fra minst en del av den komprimerte blandede gassen (66)
30
(1) ved å kondensere den komprimerte blandede gassen (66) for å danne flytende
vann og fjernelse av det flytende vannet eller
(2) ved å fjerne en del av den komprimerte blandede gassen (66) inneholdende en
vesentlig andel vanndamp fra prosessen, eller
35 (3) ved å anvende en kombinasjon av (1) og (2); og

minst en del av den komprimerte blandede gassen (80) anvendes som råstoff til den andre membrantørkeren (32) for å oppnå den andre permeatgassen og en andre ikke-permeatgass.

5 9.

Fremgangsmåte ifølge krav 8, k a r a k t e r i s e r t v e d at den første ikke-permeatgassen (92) inneholder mindre enn ca. 50 ppm fuktighet.

10.

10 Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at gassen er naturgass inneholdende fuktighet, den primære membrantørkeren anvendes i et høyere trykk; primært membrantørkettrinn (14, 54) og den andre membrantørkeren anvendes i et lavere trykk; andre membrantørkettrinn (32) for å utvinne minst 98 % av gassen som i det vesentlige tørr naturgass,

15

hvor en hoveddel av det andre ikke-permeatet (34, 84) anvendes for å sveipe permeatsiden av den primære membrantørkeren (14, 54); og hvor en mindre del (88) av det andre ikke-permeatet (84) anvendes for å sveipe permeatsiden av den andre membrantørkeren (32).

20

11.

Fremgangsmåte ifølge krav 10, k a r a k t e r i s e r t v e d at naturgassen før dehydratisering inneholder ca. 1000 ppm fuktighet og etter dehydratisering inneholder mindre enn 50 ppm fuktighet.

25

12.

Fremgangsmåte ifølge krav 10, k a r a k t e r i s e r t v e d at membrantørkerne (14, 54; 32) inneholder hulfibermembraner.

30 13.

Fremgangsmåte ifølge krav 12, k a r a k t e r i s e r t v e d at hulfibermembranene er polymerer valgt fra gruppen bestående av polysulfon- og polyeterimidpolymerer.

35

