



(12) **PATENT**

(19) NO

(11) **314238**

(13) B1

(51) Int Cl<sup>7</sup>

H 01 M 8/06

## Patentstyret

(21) Søknadsnr	19950905	(86) Int. inng. dag og søknadsnummer	
(22) Inng. dag	1995.03.09	(85) Videreføringdag	
(24) Løpedag	1995.03.09	(30) Prioritet	Ingen
(41) Alm. tilgj.	1996.09.10		
(45) Meddelt dato	2003.02.17		

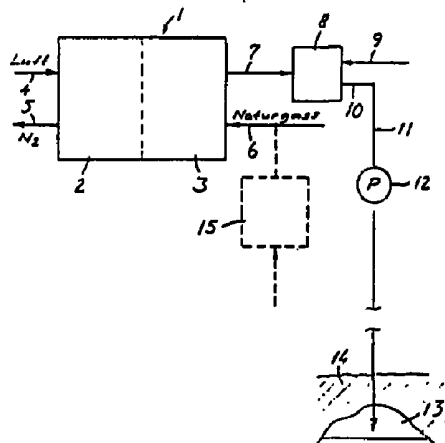
(71) Patenthaver	Den norske stats oljeselskap ASA, 4035 Stavanger, NO
(72) Oppfinner	Pentti Paurola, 4046 Hafrsfjord, NO Rolf Ødegård, Trondheim, NO Ingve R. Theodorsen, Jakobsli, NO
(74) Fullmektig	Tandbergs Patentkontor AS, 0306 Oslo

(54) Benevnelse **Fremgangsmåte ved produksjon av elektrisk energi fra naturgass**

(56) Anførte publikasjoner US 4444258, US 4640876, US 5133406

(57) Sammendrag

En fremgangsmåte for produksjon av elektrisk energi fra naturgass, særlig på offshore-anlegg, ved hvilken den elektriske energi produseres ved hjelp av et brenselcelleanlegg (1). Det benyttes en brenselcelle med en anodeside (3) som mates med naturgass, og en katodeside (2) som mates med luft, og hvor nitrogen avgis på katodesiden og hovedsakelig karbondioksid og vann avgis på anodesiden. Avgassene fra anodesiden komprimeres og injiseres i et underjordisk olje/gass-reservoar (13).



Oppfinnelsen angår en fremgangsmåte for produksjon av elektrisk energi fra naturgass, særlig på offshore-anlegg, ved hvilken den elektriske energi produseres ved hjelp av et brenselcelleanlegg.

5 På offshoreanlegg for produksjon av olje og gass er elektrisk energi hittil vanligvis blitt produsert ved hjelp av gassturbiner. Den elektriske virkningsgrad til slike gassturbiner, definert som produsert elektrisk energi dividert med brennverdien til den benyttede brenselgass, er ved optimalt driftspunkt ca. 30 %. På grunn av at slike gassturbiner ofte opereres langt fra det optimale driftspunkt, ligger den virkelige  
10 virkningsgrad i området 20-25 %. I en gassturbin brennes brenselgassen med et stort overskudd av luft. Avgassen fra slike anlegg har derfor typisk en konsentrasjon av karbondioksid ( $\text{CO}_2$ ) på ca. 4-5 volum%. Dette lave innhold av  $\text{CO}_2$  i avgassen gjør at det er teknisk forholdsvis komplisert og kostbart (på grunn av dyre absorpsjonsanlegg med stort volum) å anrike  $\text{CO}_2$ -gassen for å reinjisere denne i reservoaret. Dessuten vil driftsutgiftene  
15 for slike anlegg bli forholdsvis store. På grunn av disse ulemper er slike anlegg hittil ikke blitt installert.  $\text{CO}_2$ -gassen slippes i stedet ut i atmosfæren, hvilket er miljømessig uheldig på grunn av den såkalte "drivhus"-effekt.

Fra US-patentskrift nr. 5 133 406 er det kjent en fremgangsmåte for økt produksjon av metan fra kull-leier ved at man injiserer oksygenfattig avgass fra et  
20 brenselcelleanlegg ned i kulleiet. Den produserte metan kan man så benytte til å mate brenselcelleanlegget. Brenselcelleanlegget benyttes for produksjon av elektrisk energi som benyttes i nødvendig utstrekning for behov på stedet, eller som kan overføres til andre brukssteder. Dette patentskrift berører imidlertid ikke de ovenfor omtalte problemer med produksjon av elektrisk energi til havs uten utslipp av drivhusgasser eller andre  
25 forurensninger.

Det er således et formål med oppfinnelsen å tilveiebringe en fremgangsmåte for produksjon av elektrisk energi ved hjelp av naturgass, særlig på offshoreanlegg eller på landbaserte terminalanlegg, ved hvilken man unngår utslipp av drivhusgasser (særlig  $\text{CO}_2$ ) eller andre forurensninger.

30 Et annet formål med oppfinnelsen er å tilveiebringe en slik fremgangsmåte ved hvilken det kan oppnås økt oljeutvinning fra det aktuelle olje/gass-reservoar.

Ovennevnte formål oppnås med en fremgangsmåte av den innledningsvis angitte type som ifølge oppfinnelsen er kjennetegnet ved at det benyttes en i og for seg kjent brenselcelle med en anodeside som mates med naturgass, og en katodeside som mates med  
35 luft, og hvor nitrogen avgis på katodesiden og hovedsakelig karbondioksid og vann avgis på anodesiden, og at avgassene fra anodesiden komprimeres og injiseres i et underjordisk olje/gass-reservoar.

Det skal bemerkes at det er tidligere kjent å injisere CO<sub>2</sub>-gass ned i et oljereservoar for å oppnå økt oljeutvinning. Det er imidlertid ikke tidligere kjent å benytte brenselceller til å produsere den CO<sub>2</sub>-gass som benyttes til sådan injeksjon.

I forbindelse med fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen kan alle typer av brenselceller for produksjon av elektrisk energi tenkes benyttet. Noen brenselcelletyper forutsetter imidlertid en reformering av naturgassen til syntesegass, slik som nærmere omtalt senere. I den etterfølgende beskrivelse vil det bli referert til en særlig fordelaktig type brenselcelle, nemlig fastoksid-brenselceller eller SOFC-celler (SOFC = Solid Oxide Fuel Cells), idet slike celler kan benytte naturgassen direkte. Bruken av slike celler innebærer en rekke fordeler som kan sammenfattes som følger:

- 1) Den elektriske virkningsgrad for SOFC-celler forventes å ligge i området 60-70 %. Dette er 2-3 ganger så høyt som det som er vanlig ved dagens teknologi, dvs. gassturbiner. Derved blir CO<sub>2</sub>-utslippet pr. produsert kilowatt elektrisk energi redusert i tilsvarende grad. Dette er meget gunstig, både miljømessig og rent økonomisk (reduert CO<sub>2</sub>-skatt).
- 2) Ved omsetning av naturgass i en SOFC-celle vil luft og naturgass ikke bli blandet. Avgassen fra cellen vil derved bestå av CO<sub>2</sub>, vann og eventuelt uomsatt naturgass. Etter kondensering av vannet og påfølgende tørking kan CO<sub>2</sub>-gassen fra cellen reinjiseres direkte i det aktuelle reservoar, uten noen ytterligere behandling. Dette står i motsetning til avgassen fra gassturbiner som må gjennomgå en betydelig, fordyrende behandling før den kan reinjiseres. Ved bruk av SOFC-celler kan man således produsere elektrisk energi uten noe utslipp av CO<sub>2</sub> eller NO<sub>x</sub>.
- 3) Ved reinjiseringen av CO<sub>2</sub> oppnås det også en gunstig tilleggseffekt, nemlig den i og for seg kjente effekt med økning av den oljemengde som kan utvinnes fra det aktuelle reservoar som følge av opprettholdelse av reservoartrykket.

Oppfinnelsen skal beskrives nærmere i det følgende i forbindelse med et utførelseseksempel under henvisning til tegningen, der fig. 1 viser en prinsippskisse av en SOFC-celle i snitt, og fig. 2 viser et skjematisk riss av et anlegg for utførelse av fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen.

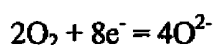
Den på fig. 1 viste SOFC-celle omfatter en katode C, en elektrolytt E og en anode A. Mellom anoden og katoden er det innkopleet en ytre elektrisk krets som tilfører elektrisk strøm til en belastning L. Cellen mates med luft på katodesiden og med naturgass

(bl.a. metan, CH<sub>4</sub>) på anodesiden, og cellen avgir nitrogen (N<sub>2</sub>) på katodesiden og i hovedsaken karbondioksid og vann på anodesiden. Følgende reaksjoner finner sted i cellen:

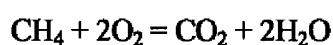
På anodesiden:



5 På katodesiden:



Totalreaksjon:



I det skjematisk riss på fig. 2 er det vist et brenselcelleanlegg 1 som omfatter et antall brenselceller, fortrinnsvis SOFC-celler. Anlegget har en katodeside 2 og en anodeside 3. Katodesiden har en inngang 4 og en utgang 5, og anodesiden har en inngang 6 og en utgang 7. Anodesidens utgang 7 er koplet til et behandlingstrinn 8 med en inngang 9 og en utgang 10. På utgangen 10 er det tilkopleet en rørledning 11 som via en pumpe 12 fører ned til og munner ut i et olje/gass-reservoar 13 i en underjordisk formasjon 14. I det viste tilfelle forutsettes anlegget å være beliggende på et offshoreanlegg for olje/gassproduksjon, men det kan også være beliggende på et landbasert terminalanlegg.

Ved drift av brenselcelleanlegget omsettes luft og naturgass i anlegget, idet luft tilføres på katodesidens inngang 4 og naturgass tilføres på anodesidens inngang 6. På katodesiden trekkes oksygen ut fra luften slik at det oppnås en avgass som består av en oksygenfattig luftgassstrøm, dvs. hovedsakelig nitrogen (N<sub>2</sub>), som avgis til omgivelsene via utgangen 5. På anodesiden oksideres hydrokarboner i naturgassen til karbondioksid og vann som via utgangen 7 tilføres til behandlingstrinnet 8. I behandlingstrinnet utkondenseres vannet, og CO<sub>2</sub>-gassen tørkes hvoretter den komprimeres og pumpes ned i reservoaret 13 ved hjelp av pumpen 12. Til behandlingstrinnet 8 tilføres eventuelt også andre gasser eller restgassmengder, så som uomsatt naturgass, via inngangen 9, og disse gasser pumpes da ned i reservoaret 13 sammen med den produserte CO<sub>2</sub>-gass.

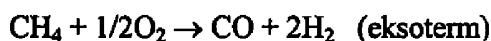
Ved hjelp av brenselcelleanlegget ifølge oppfinnelsen kan man således produsere elektrisk energi ved hjelp av naturgass samtidig som man blir kvitt den produserte CO<sub>2</sub>-gass og eventuelle andre utslipp av forurensninger. Den elektriske energi kan produseres i en mengde som svarer til behovet på den aktuelle installasjon. Produksjonsvolumet kan imidlertid med fordel økes slik at elektrisk energi kan overføres fra produksjonsstedet til eventuelle andre offshore-installasjoner eller landbaserte terminaler, eller til andre forbrukere på land.

Når man anvender anlegg med SOFC-brenselceller, kan føden til anodesiden bestå av naturgass slik den foreligger som en blanding av lette, gassformige hydrokarboner, så som metan, etan, propan etc., og inerte komponenter, så som nitrogen og karbondioksid. Anvendelse av andre typer brenselceller, f.eks. fosforsyreceller, vil i alminnelighet forutsette

en reformering av naturgassen til syntesegass, som som kjent består av en blanding av hydrogen og karbonoksider.

Reformeringen kan utføres på to prinsipielt forskjellige måter - enten som en partiell oksidasjon eller som en vandampreformering av naturgassen:

Partiell oksidasjon:



Vandampreformering:



En reformering basert på partiell oksidasjon forutsetter omsetning av naturgassen med oksygen. Dersom man ønsker at avgassen fra anodesiden skal være fri for større mengder nitrogen, innebærer fremstilling av syntesegass ved partiell oksidasjon at oksygen må utvinnes fra luft i et luftseparasjonsanlegg. Slike anlegg er relativt dyre. Dersom en reformering av naturgassen er nødvendig, vil derfor vandampreformering for fremstillingen av syntesegassen være å foretrekke.

Det kan være aktuelt å utstyre også et SOFC-anlegg med en reformer-enhet dersom koksing utgjør et problem. På fig. 2 er det derfor stiplet vist et forbehandlingstrinn i form av en slik reformer-enhet 15.

For nærmere beskrivelse av brenselceller kan det henvises til følgende referanse:

Fuel Cells A Handbook (Revision 3)

av

J.H. Hirschenhofer, D.B. Stauffer og R.R. Engleman

Gilbert/Commonwealth, Inc.

Reading, PA 19603

Under contract No. DE-AC01-88FE61684

U.S. Department of Energy

Office of Fossil Energy

Morgantown Energy Technology Center

P.O. Box 880

Morgantown, West Virginia 26507-0880

Januar 1994

### Patentkrav

1. Fremgangsmåte for produksjon av elektrisk energi fra naturgass, særlig på  
5 offshore-anlegg, ved hvilken den elektriske energi produseres ved hjelp av et  
brenselcelleanlegg, **karakterisert ved** at det benyttes en i og for seg kjent brenselcelle med  
en anodeside som mates med naturgass, og en katodeside som mates med luft, og hvor  
nitrogen avgis på katodesiden og hovedsakelig karbondioksid og vann avgis på anodesiden,  
og at avgassene fra anodesiden komprimeres og injiseres i et underjordisk olje/gass-  
10 reservoar.

2. Fremgangsmåte ifølge krav 1, **karakterisert ved** at den benyttede naturgass  
produseres fra et olje/gass-reservoar i hvilket den produserte karbondioksid reinjiseres.

3. Fremgangsmåte ifølge krav 1 eller 2, **karakterisert ved** at den produserte  
karbondioksidgass tilføres til et behandlingstrinn hvor den eventuelt blandes med andre  
15 gasser før den injiseres i reservoaret.

4. Fremgangsmåte ifølge ett av kravene 1-3, **karakterisert ved** at naturgassen  
tilføres til et forbehandlingstrinn hvor gassen reformeres til syntesegass før den tilføres til  
brenselcellen.

5. Fremgangsmåte ifølge ett av kravene 1-4, **karakterisert ved** at den  
20 benyttede brenselcelle er en fastoksid-brenselcelle (SOFC).

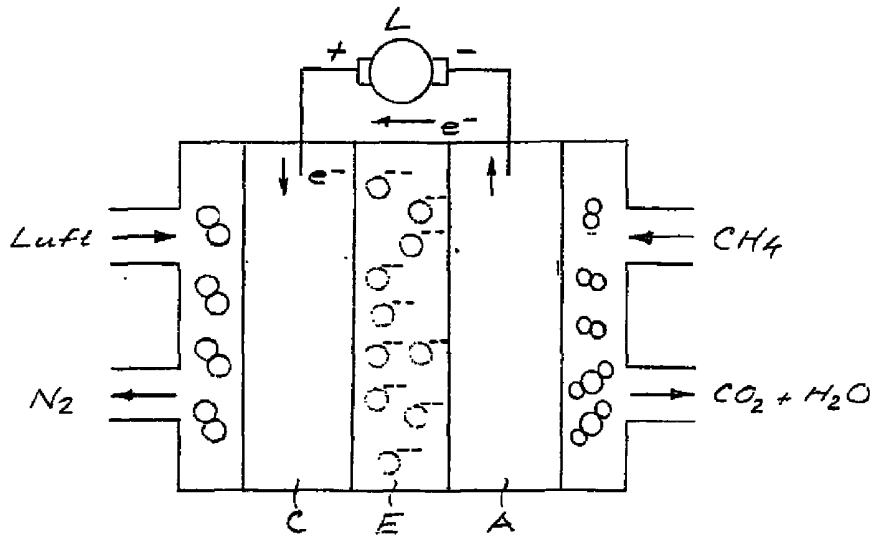


FIG. 1

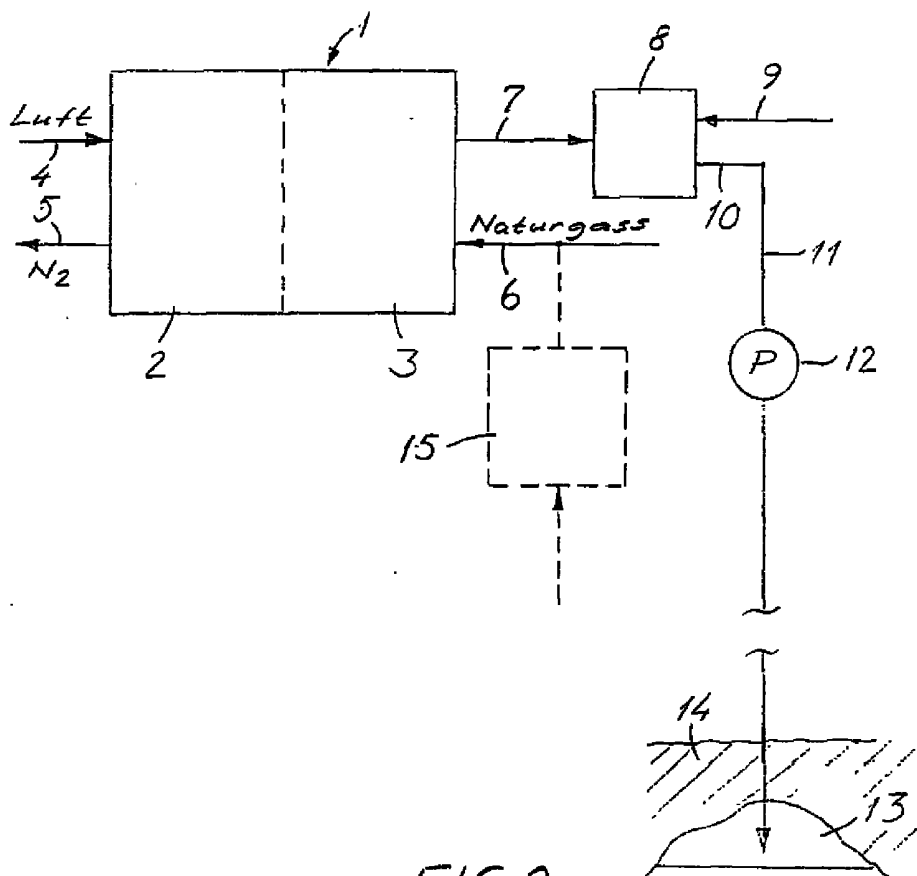


FIG. 2