



NORGE

(12) **PATENT**

(19) NO

(11) **317410**

(13) **B1**

(51) Int Cl⁷

B 01 J 19/00 , B 01 D 17/06, 53/32

Patentstyret

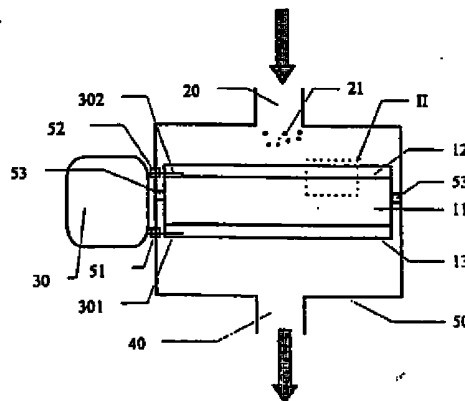
(21)	Søknadsnr	19985356	(86)	Innt.inng.dag og søknadsnr	1997.05.20 PCT/DK97/00229
(22)	Inng.dag	1998.11.17	(85)	Videreføringsdag	1998.11.17
(24)	Løpedag	1997.05.20	(30)	Prioritet	1997.01.16, US, 35449 1996.05.20, DK, 587/96
(41)	Alm.tilgj	1998.11.17			
(45)	Meddelt:	2004.10.25			
(71)	Søker	Dinex A/S , Fynsvej 39, DK-5500 Middelfart, DK			
(72)	Oppfinner	Henrik Christensen, Børup Sandevej 52, Skærbæk, DK-7000 Fredericia, DK			
(74)	Fullmektig	Zacco Norway AS , Postboks 765 Sentrum, 0106 Oslo, NO			
(54)	Benevnelse	Fremgangsmåte og reaktor for elektrokjemisk omdanning av et materiale, for eksempel sotpartikler, som er uoppløselige i et fluid, samt ion-selektiv elektrolytt, en elektrode, blandet elektrolytt- og elektrodemateriale for anvendelse derved, samt anvendelse av reaktoren.			
(56)	Anførte publikasjoner	DE-4236711 US-5022975 WO-94/25642			
(57)	Sammendrag				

Fremgangsmåte og reaktor for elektrokjemisk omdanning av et materiale (21) som er uoppløselig i et fluid til et materiale som er oppløselig i fluidet omfatter:

(a) at en strøm av fluidet føres til en reaksjonssone omfattende en indre krets, som omfatter: (i) en eller flere arbeidselektroder (12) (ii) en eller flere motelektroder (13) (iii) en eller flere ion-selektive elektrolytter (11),

i hvilken reaksjonssone det uoppløselige materialet som innføres bringes innen elektrokjemisk reaksjonsavstand fra arbeidselektroden slik at den elektrokjemiske prosess kan skje, og den indre krets via arbeidselektroden og mot-elektroden er forbundet med en ekstern strømkilde (30),

(b) at den indre krets via den eksterne strømkilde mates med en elektrisk spenningsforskjell som er tilstrekkelig til at den elektrokjemiske prosess, finner anvendelse ved fjerning av sotpartikler fra oljegasser og fjerning av olje i avvann.



Foreliggende oppfinnelse angår en fremgangsmåte for elektrokjemisk omdanning av et materiale som er uoppløselig i et fluid til et materiale som er oppløselig i fluidet; en elektrokjemisk reaktor; en ion-selektiv elektrolytt, en elektrode og en blandet ion-selektiv elektrolytt, og elektrodemateriale for bruk når man utfører fremgangsmåten og
 5 for bruk i den elektrokjemiske reaktor, og anvendelse av metoden og for bruk av reaktoren for fjerning av sotpartikler fra røkgasser og olje i avvann.

Fremgangsmåter for fjerning av for eksempel sotpartikler fra røkgasser, for eksempel eksosgasser for dieselmotorer, skjer i dag ved forbrenning som karakteristisk er basert
 10 på en ren kjemisk/katalytisk forbrenningsprosess av sotpartikler som er samlet på spesielle filtre. Det er en mangel ved de kjemisk/katalytiske prosesser at de ikke skjer ved tilstrekkelig høy hastighet og ved temperaturer under 400°C som er høyere enn de temperaturer på karakteristisk rundt 300°C som vanligvis oppnås i eksossystemet for en stor dieselmotor. Forsøk på å oppnå en så høy effektivitet som mulig for forbrenningssystemet eller motoren trekker samtidig i retning av at det oppnås en så lav temperatur i røkgassene som mulig. Partielt forbrent materiale og sotpartikler blir som en konsekvens
 15 akkumulert i filtre og derfor må dette regenereres periodisk for å fjerne eller forbrenne de samlede sotpartikler. Regenereringen må karakteristisk gjennomføres i intervaller på noen få timer, for eksempel flere ganger i løpet av en arbeidsdag for for eksempel en
 20 buss. Regenereringen initieres karakteristisk ved oppvarming av filtre med en brenner eller et elektrisk oppvarmingsselement. Under regenereringsperioden må eksosgassstrømmen gå forbi filterenheten hvorved eksosgassen ikke filtreres. Alternativt må motoren stanses under regenereringsperioden. En regenerering varer vanligvis fra noen minutter opp til ca. 20 minutter. Etter hvert som filteret fylles under driften, øker
 25 mottrykket på grunn av tilstopping. Dette har ugunstig innvirkning på motorens drift. Videre er det en høy risiko for at overoppvarming av filter inntreffer som en konsekvens av varmegenereringen ved forbrenningen av det samlede karbon. Dette fører til en risiko for nedsmelting eller sprekking på grunn av termiske belastninger i det keramiske filtermaterialet som vanligvis benyttes.

30 EP 532 031 beskriver et brennersystem som er basert på dieseldrennstoff for regenerering av filteret for samling av partikkelformig materiale fra eksosgassene fra dieselmotorer. Det samlede materialet tennes ved oppvarming med en brenner. Systemet har den mangel at det ikke kan arbeide på kontinuerlig basis.

35 WO 95/02 117 beskriver et filter for samling av partikkelformige materialer fra eksosen fra en dieselmotor. Dette filter regenereres ved oppvarming av filterlegemet elektrisk til

tenningstemperaturen for den samlede sot. Alternativt kan en dieselfyrt brenner benyttes for å initiere tenning av det partikkelformige materialet. Dette system er ikke beregnet på kontinuerlig drift fordi det periodisk må tas ut av drift for regenerering.

- 5 WO 94/16 204 beskriver et filtersystem, primært for bruk på eksos fra gaffelløftere eller andre dieselfyrt kjøretøyer som ikke er ment for gatebruk. Regenereringen av filteret skjer ved et oppsett der luft for forbrenningen og den elektriske verdi for oppvarming av det innsamlede materialet til tenningstemperaturen tilføres fra en ekstern kilde. Således må kjøretøyet tas ut av drift mens regenereringen skjer.

10

US 4 946 609 beskriver et system der temperaturen for den katalytiske forbrenning reduseres ved hjelp av tilsetning av et additiv til brennstoffet eller til smøreoljen. Herved skulle filteret være selvrensende ved ca. 300°C. Dette system kompliserer imidlertid det faktum at en doseringsmekanisme for additivet også må innføres. I tillegg er det en potensielt øket risiko for tilstopping av filteret på grunn av additivrester og det er en risiko for 15 ekstern miljøkontaminering på grunn av utslipp av additiv.

- US 4 902 487 beskriver et filtersystem der et relativt høyt innhold av nitrogenoksyder er krevet i eksosgassen. Disse oksyder tjener som et aktivt oksydasjonsmiddel hvorved 20 den minimale temperatur for den katalytiske forbrenning av sotpartiklene kan reduseres. For imidlertid å oppnå selvrensing av filteret ved temperaturer over 275°C, er det nødvendig med et tilstrekkelig høyt forhold mellom nitrogenoksydinnholdet og sotmengden. Således virker systemet kun i systemer med lavt sotinnhold i eksosgassen og som er godt vedlikeholdt. Videre har eksosgassen som slippes ut et uønsket høyt innhold av 25 nitrogenoksyder.

- US 4 310 406 beskriver et system der et granulat av karbon eller lignende benyttes som elektrode ved elektrokjemisk rensing av avvann og der en elektrokjemisk reaksjon benyttes for å omdanne et forurensende stoff i oppløsning, særlig metallioner, til et uoppløselig, partikkelformig materiale som samles på elektrodematerialet. Den motsatte 30 prosess der et uoppløselig materiale omdannes til et oppløselig materiale, er verken vist eller foreslått.

- DE 42 36 711 A1 beskriver en måleinnretning for overvåking av sotinnholdet i en eksosgass. Denne innretning er basert på en elektrokjemisk målecelle med en oksydionledende elektrolytt og metalliske eller kjemiske arbeids- og referanseelektroder. Innretningen 35 måler den elektriske spenningsforskjell som forårsakes av sot avsatt på arbeids-

elektroden og ingen sot på referanseelektroden. Innretningen må oppvarmes til konstant temperatur. Innretningen omdanner ikke sot til noe oppløselig materiale som så fjernes av eksosgassen.

- 5 En gjenstand for oppfinnelsen er å tilveiebringe en forbedret fremgangsmåte og en apparatur for omdanning av et materiale som er uoppløselig i et fluid til et materiale som er oppløselig i fluidet.

En særlig gjenstand for oppfinnelsen er å tilveiebringe en slik metode og apparatur der
10 karbonholdige sotpartikler som er uoppløselige i en røkgass, kan omdannes til karbondioksyd.

Videre er en særlig gjenstand for oppfinnelsen en slik metode og apparatur der oljedråper som er dispergert i vann kan omdannes til karbondioksyd og vann.

15

En fremgangsmåte for elektrokjemisk omdanning av et materiale som er uoppløselig i et fluid

I henhold til et aspekt ved oppfinnelsen oppnås disse gjenstander for å tilveiebringe en
20 fremgangsmåte for elektrokjemisk omdanning av et materiale som er uoppløselig i et fluid til et materiale som er oppløselig i fluidet idet metoden karakteriseres ved at den omfatter:

25

(a) at en strøm av fluidet føres til en reaksjonssone omfattende en indre krets, som omfatter:

30

(i) en eller flere arbeidselektroder (12) som er i stand til overføring av elektroner til eller fra en eller flere elektrokjemiske prosesser, som omdanner det uoppløselige materialet til materialet som er oppløselig i fluidet,

(ii) en eller flere mot-elektroder (13) i stand til å overføre elektroner til og fra en eller flere elektrokjemiske prosesser, som motveier de elektrokjemiske prosesser ved arbeidselektroden, og

35

(iii) en eller flere ion-selektive elektrolytter (11) som selektivt fører til en eller flere typer av ioner mellom de elektrokjemiske prosesser ved arbeids-elektroden og mot-elektroden,

i hvilken reaksjonssone det uoppløselige materialet innføres i en eller flere åpne og gjennomgående kaviteter i nevnte elektroder og elektrolytter og bringes innenfor elektrokjemisk reaksjonsavstand fra arbeidselektroden slik at de elektrokjemiske prosesser
5 kan skje, og

den indre krets via arbeidselektroden og mot-elektroden er forbundet med en ekstern strømkilde (30),

10 (b) at den indre krets via den eksterne strømkilde mates med en elektrisk spenningsforskjell som er tilstrekkelig til at den elektrokjemiske prosess omdanner materialet som er uoppløselig i fluidet til materialet som er oppløselig i fluidet, og

(c) at materialet som er oppløselig i fluidet føres bort fra reaksjonssonen med det strømmende fluid (40).
15

Ved oppfinnelsens fremgangsmåte oppnår man at materialet som er uoppløselig i fluidet, bringes til å delta i en eller flere elektrokjemiske prosesser hvorved det omdannes elektrokjemisk til et materiale som er oppløselig i fluidet og som i det vesentlige føres
20 bort med det strømmende fluid.

En slik metode har et stort antall fordeler, for eksempel at omdanningen kan gjennomføres ved lavere temperatur enn det som vanligvis benyttes i forbrenningsteknikker, at tilsetningen av uønskede additiver til det uoppløselige materialet unngås og at tilsetning
25 av uønskede nitrogenoksyder til fluidet unngås.

Videre er den elektrokjemiske omdanning ifølge oppfinnelsen kontinuerlig hvorved uønsket drift stopper som er nødvendig i kjente teknikker for å regenerere oppsamlingsfiltrene, unngås.
30

På samme måte er det en fordel at energiforbruket ved den elektrokjemiske omdanning er lavt.

Oppfinnelsen angår også en elektrokjemisk reaktor for omdanning av et materiale som er uoppløselig i et fluid til et materiale som er oppløselig i et fluid, og denne reaktor
35 karakteriseres ved at den omfatter:

et reaksjonskammer med et innløp for innføring av et fluid og et utløp for utslipp av det innførte fluid,

i hvilket reaksjonskammer det befinner seg en reaksjonsseksjon som omfatter en indre krets omfattende:

- (a) en eller flere arbeidselektroder som er i stand til å overføre elektroner til eller fra en eller flere elektrokjemiske prosesser, som omdanner det uoppløselige materialet til et materiale som er oppløselig i fluidet,
- (b) en eller flere mot-elektroder som er i stand til å overføre elektroner til og/eller fra en eller flere elektrokjemiske prosesser ved elektrodene, som avbalanserer de elektrokjemiske prosesser ved arbeidselektroden, og
- (c) en eller flere ion-selektive elektrolytter som selektivt fører til en eller flere typer av ioner mellom de elektrokjemiske prosesser ved arbeidselektroden og mot-elektroden,

i hvilken reaksjonssone det uoppløselige materialet innføres i en eller flere åpne og gjennomløpende kaviteter i nevnte elektroder og elektrolytter og bringes innenfor elektrokjemisk reaksjonsavstand fra arbeidselektroden, slik at de elektrokjemiske prosesser kan forløpe, og

hvilken indre krets via arbeidselektroden og mot-elektroden er koblet til en ytre strømkilde.

Oppfinnelsen angår videre en ion-selektiv elektrolytt for anvendelse ved gjennomføring av fremgangsmåten som beskrevet ovenfor i reaktoren som beskrevet ovenfor og karakteriseres ved at den omfatter en fasttilstands- ioneleder med en eller flere åpne og gjennomgående kaviteter.

Videre angår oppfinnelsen et blandet, ion-selektivt elektrolytt- og elektrodemateriale for anvendelse som den indre krets ved gjennomføring av fremgangsmåten som beskrevet ovenfor eller i reaktoren som beskrevet ovenfor, og dette materiale karakteriseres ved at det er fremstilt ved en metode omfattende at et ion-selektivt elektrolyttmateriale med en kornstørrelse fra 10 - 100 μm blandes med et elektrodemateriale med en kornstørrelse fra 1 - 10 μm og i andeler som tillater at elektrodematerialkornene posisjoneres i det

vesentlige på overflaten av de ion-selektive elektrolyttmaterial-korn uten å berøre hverandre, slik at det oppnås en elektrisk konduktivitet for det blandede materialet som er av samme størrelsesorden som konduktiviteten for det ion-selektive elektrolyttmaterialet.

- 5 Til slutt angår oppfinnelsen anvendelsen av en elektrokjemisk reaktor, en ion-selektiv elektrolytt, en elektrode og et blandet ion-selektivt elektrolytt- og elektrodemateriale som beskrevet ovenfor for fjerning av sotpartikler fra røkgasser eller for fjerning av olje fra avvann.

10 Den indre krets

- Ifølge oppfinnelsen blir en strøm av fluid ført til en reaksjonssone som omfatter en indre krets bestående av en eller flere arbeidselektroder, en eller flere motelektroder og en eller flere ion-selektive elektrolytter, hvorved det er tatt sikte på at en eller flere typer
15 ioner som dannes enten via arbeidselektroden eller mot-elektroden, kan transporteres gjennom den ion-selektive elektrolytt mens ionene føres til og/eller elektrisk pumpes fra den eksterne strømkilde.

Arbeidselektroden

- 20 Eksempler på arbeidselektrode ifølge oppfinnelsen er elektroder som er i stand til å overføre elektroder til eller fra en eller flere elektrokjemiske prosesser, som er i stand til å omdanne det uoppløselige materialet til et materiale som er oppløselig i fluidet.

- 25 Slike elektroder er kjente i teknikken og kan for eksempel fremstilles som beskrevet i: «Handbook of Batteries and Fuel Cells» Ed.: David Linden, McGraw-Hill, 1984.

- I henhold til en utførelsesform er det foretrukket at arbeidselektroden omfatter et elektrisk ledende materiale, for eksempel et metallisk materiale. Særlig er et metallisk mate-
30 riale inkludert overgangsmetaller, foretrukket, særlig overgangsmetaller som tilhører gruppen 8 i det periodiske system. Særlig er det foretrukket at det metalliske materialet velges fra platinagruppen av metaller omfattende Ni, Pt, Rh og Pd samt legeringer derav, hvorved det oppnås at arbeidselektroden har god katalytisk virkning mot mange typer elektrokjemiske reaksjonsoksydasjoner så vel som -reduksjoner.

- 35 Særlig er det foretrukket at arbeidselektroden består av et keramisk materiale omfattende en dopet perovskit-struktur (ABO_3), for eksempel lantanmanganitt dopet med stron-

tium, lantan kobolt titt dopet med strontium, lantan ferritt dopet med strontium eller blandinger derav, hvorved det oppnås at elektrodene kan fremstilles med spesifikke egenskaper hva angår konduktivitet og elektrokatalytisk aktivitet overfor spesifikke reaksjoner, særlig reaksjoner der oksygen deltar.

5

Arbeidselektroden kan for eksempel fremstilles ved pulvermetallurgi fra metallpulver med godt definert partikkelstørrelse, karakteristisk noe større enn en foretrukket midlere porestørrelse. Pressing og sintring kontrolleres under fremstillingen i den grad at sluttstrukturen når en egnet, mekanisk stabilitet mens det opprettholdes en foretrukket porøsitet.

10

Arbeidselektroden kan også fremstilles ved å legge på det foretrukne pigment i pulverform. Påføringen kan skje ved maling, silketrykk eller andre serigrafiske teknikker. Etter påføringen kan elektroden sintres hvorved bindemiddel og oppløsningsmiddel pyroliseres eller forbrennes. Ved adekvat kontroll av sintringsbetingelsene oppnås det en metallisk struktur med foretrukket porøsitet.

15

I stedet for metallisk pulver kan man også benytte metalloksydpulver som etter påføring reduseres til fritt metall ved oppvarming i en hydrogenholdig atmosfære.

20

I stedet for porer kan arbeidselektroden ha kavitet i form av åpninger eller maskinerte hull, fremstilt ved i og for seg kjente teknikker, som litografiske etseteknikker, vannstråle-bombardering eller lasererosjon. Mot-elektroden tilveiebringes også med egnede kaviteter som porer eller maskinelle hull som tillater en foretrukket strøm av røkgass gjennom reaksjonssonen.

25

Arbeidselektroden virker som anode

De elektrokjemiske prosesser ved arbeidselektroden er definert ved hvorvidt arbeidselektroden virker som anode eller katode, og ved hvilken type eller typer ioner som føres til arbeidselektroden av den eller de ion-selektive elektrolytter.

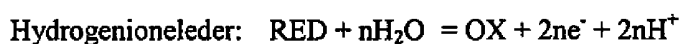
30

Når arbeidselektroden virker som anode, skjer det en oksydasjon av det uoppløselige materialet RED til et oppløselig materiale OX. Denne omdanningen av det uoppløselige materialet antas å være i en redusert form RED som ved oksydasjonen oksyderes til en oksydert form OX.

35

I foretrukne utførelsesformer av oppfinnelsen består de ion-selektive elektrolytter av en oksygenioneleder eller respektivt en hydrogenioneleder. I disse utførelsesformer antas det at oksydasjon av RED til OX skjer i henhold til følgende generelle reaksjonsligninger:

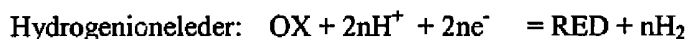
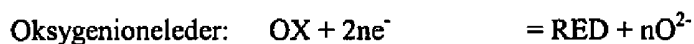
5



10 Arbeidselektroden virker som katode

Når arbeidselektroden virker som katode, skjer det en reduksjon av det uoppløselige materialet OX til det oppløselige materialet RED som i de foretrukne utførelsesformer som nevnt ovenfor analogt er antatt å skje i henhold til de følgende generelle reaksjons-

15



20

Det skal påpekes at fagmannen selvfølgelig vil være i stand til å sette opp reaksjonsligninger for analoge elektrokjemiske oksydasjoner og reduksjoner der ioner andre enn oksygenioner og hydrogenioner selektivt føres mellom arbeidselektroden og mot-elektroden ved andre ion-selektive elektrolytter avhengig av de foretrukne, elektrokjemiske prosesser.

25

Mot-elektroden

Eksempler på mot-elektrode ifølge oppfinnelsen er elektroder som er i stand til å overføre elektroder til eller fra en eller flere elektrokjemiske prosesser og som motbalanserer de elektrokjemiske prosesser ved arbeidselektroden.

30

Slike elektroder er velkjente innen teknikken. De kan være like eller forskjellige fra arbeidselektroden og de kan bestå av det samme materialet som nevnt for arbeidselektroden. I slike tilfeller kalles arbeidselektroden og mot-elektroden elektrode-

35

materialer.

I en foretrukket utførelsesform består mot-elektroden av platina hvorved det oppnås en spesiell kjemisk og termisk stabil mot-elektrode.

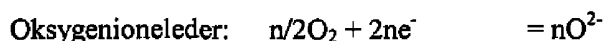
Mot-elektroden virker som katode

5

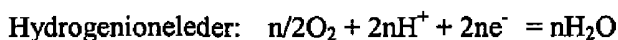
Når mot-elektroden virker som katode, omfatter de elektrokjemiske prosesser ved mot-elektroden slike prosesser der mot-elektroden overfører elektroner til en eller flere av de deltagende reaktanter.

10

I den foretrukne utførelsesform der den ion-selektive elektrolytt er en oksygenione-leder eller en hydrogenioneleder, antas det at oksygen reduseres til oksygenioner, eller reduseres til vann, i henhold til de følgende reaksjonsligninger:



,15

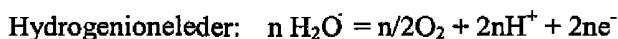


Mot-elektroden virker som anode

20

Når motelektroden virker som anode, mottar mot-elektroden elektroner fra en eller flere av de deltagende reaktanter. I de nevnte foretrukne utførelsesformer der den ion-selektive elektrolytt er en oksygenioneleder eller en hydrogenioneleder, antas det at oksygenioner oksyderes til oksygen, eller at vann oksyderes til oksygen og hydrogenioner, i henhold til de følgende reaksjonsligninger:

25



30

Det skal her påpekes at fagmannen som følgelig vil være i stand til å sette opp reaksjonsligninger for analoge, elektrokjemiske reduksjoner og oksydasjoner ved mot-elektroden der ioner andre enn oksygenioner og hydrogenioner selektivt føres mellom arbeidselektroden og mot-elektroden ved andre ion-selektive elektrolytter avhengig av de foretrukne, elektrokjemiske prosesser.

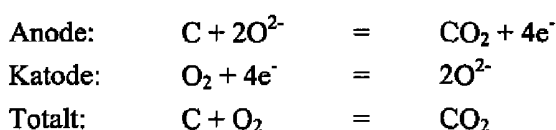
35

Ion-selektiv elektrolytt

Eksempler på ion-selektiv elektrolytt ifølge oppfinnelsen er elektrolytter som selektivt fører en eller flere typer ioner mellom de elektrokjemiske prosesser ved arbeidselektroden og mot-elektroden, hvorved det antas at ionene som deltar i prosessene, for eksempel oksygenioner O^{2-} og hydrogenioner H^+ som nevnt ovenfor, kan føres fra en elektrode der de produseres, til en annen elektrode der de forbrukes.

Ikke tatt i betraktning tilfeldig tilstedeværende ioner, er det den ion-selektive elektrolytt som definerer hvilke ioner som kan delta i de elektrokjemiske prosesser ved arbeidselektroden respektivt mot-elektroden. Hvis en ioneledende, ion-selektiv elektrolytt velges, antas det at det skjer en elektrokjemisk oksydasjon av karbon til karbondioksyd ved arbeidselektroden som virker som anode, at det skjer en elektrokjemisk reduksjon av oksygen til oksygenioner ved mot-elektroden som virker som katode, og at det skjer en transport av oksygenioner fra mot-elektroden (katoden) gjennom den oksygenioneledende, ion-selektive elektrolytt til arbeidselektroden (anoden), der oksygenioner vil reagere med karbon under frisetting av elektroner til anoden i henhold til følgende reaksjonsligninger:

- med oksygen ioneledende elektrolytt:

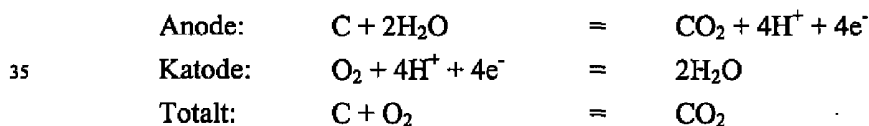


25

Hvis en hydrogenioneledende, ikke-selektiv elektrolytt velges, antas det at det skjer en elektrokjemisk oksydasjon av karbon til karbondioksyd ved arbeidselektroden (anoden) under produksjon av hydrogenioner. Disse vil føres gjennom den hydrogen ioneledende, ioneselektive elektrolytt til motelektroden (katoden) der de vil reagere med oksygen under dannelse av vann i henhold til de følgende reaksjonsligninger:

30

- med hydrogenioneledende elektrolytt:



35

I begge disse tilfeller blir oksygenioner og hydrogenioner som fremstilles ført gjennom den ion-selektive elektrolytt mens elektronene føres eller pumpes elektrisk gjennom en ytre elektrisk krets.

5 Når man benytter en hydrogenioneledende elektrolytt, er det nødvendig å tilføre vann for å opprettholde reaksjonen. Hvis vann ikke allerede er til stede i fluidet, er det som en konsekvens nødvendig med tilsetning. Vann vil karakteristisk være til stede fra forbrenningsprosesser av karbonholdige stoffer.

10 Egnede elektrolytter er velkjente for fagmannen, det skal for eksempel henvises til B.C.H. Steele: "Oxygen Ion Conductors and Their Technological Applications". "Solid State Ionics Symposium", E-MRS Conference on Advanced Materials (ICAM 1991) Strasbourg, France, 27-31 May 1991.

15 Eksempler på oksygenioneledende, ion-selektive elektrolytter er for eksempel dopede oksyder med fluoritt-struktur, fortrinnsvis basert på zirkoniumdioksyd, ZrO_2 , ceriumdioksyd, CeO_2 , eller thoriumdioksyd, ThO_2 , der doping med et metalloksyd med lavere valens innfører vakanser i oksygenetene i gitterstrukturen.

20 Spesifikke eksempler er zirkoniumdioksyd som er dopet med yttriumoksyd eller ceriumdioksyd som er dopet med gadoliniumoksyd.

Andre eksempler er dopede oksyder basert på wismuthoksyd, Bi_2O_3 , dopede perovskitter, særlig basert på bariumcerat, $BaCeO_3$, og bariumthorat, $BaThO_3$.

25 Videre kan nevnes oksyder med brownmillerittstruktur ($A_2B_2O_5$) basert på overgangsmetaller og sjeldne jordarter.

30 Til slutt skal nevnes en ytterligere klasse dopede perovskitter, dopet $LaGaO_3$ som nevnt av H.L. Tuller: "Ionic and Mixed Conductors: Materials Design and Optimization. High Temperature Electrochemistry: Ceramics and Metals", "Proceedings of the 17th Risø International Symposium of Materials Science", Denmark 2 - 6 September 1996.

35 Eksempler på hydrogenioneledende, ion-selektive elektrolytter er perfluorerte sulfatpolymerer som NAFION, se J. Kjær et al., "Solid State Ionics", 46, (1991), 164 - 173.

Videre kan nevnes dopede strontium- og bariumcerater som nevnt for eksempel av T. Yajima, H. Iwahara, "Solid State Ionics", 47, (1991), 117 - 124.

5 Nevnes skal også perovskitt, for eksempel dopet bariumthorat, og tinn-substituert mordenitt, β'' -aluminiumoksyd samt NASICON.

Blandet selektivt elektrolytt- og elektrodemateriale

10 I en foretrukket utførelsesform består den indre krets av en eller flere arbeidselektroder, en eller flere mot-elektroder og en eller flere ion-selektive elektrolytter tilveiebragt i et blandet elektrolytt- og elektrodemateriale.

15 Det blandede elektrolytt- og elektrodematerialet karakteriseres ved at det fremstilles ved en metode omfattende blanding av et ion-selektivt elektrolyttmateriale med en partikkelstørrelse på 10 - 100 μm med et elektrodemateriale med en partikkelstørrelse på 1 - 10 μm og i en andel som tillater at elektrodemateriale-partiklene kan posisjoneres i det vesentlige på overflaten av de ione-ledende elektrolyttmaterial-partikler uten å berøre hverandre, slik at det oppnås en elektrisk konduktivitet for det blandede materialet som er av samme størrelsesorden som konduktiviteten for det ioneledende elektrolytt-

20 materialet.

Herved oppnås det at materialet som er uoppløselig i fluid, kan samles og omdannes over alt i den indre krets hvorved særlig kompakte, kjemiske reaktorer med høy omdannings-kapasitet pr. reaktorvolum kan oppnås.

25 Generelt inneholder det blandede elektrolytt- og elektrodematerialet så mye elektrodemateriale at det oppnås et tilstrekkelig antall kontaktpunkter ved hvilke den elektrokjemiske reaksjon kan skje. Generelt inneholder materialet mindre enn 25 volum-% fordi høyere mengder ville forårsake direkte elektrisk kontakt mellom elektrodemateriale-

30 pariklene og derved forårsake elektronisk kortslutning i materialet.

Det er foretrukket at materialet inneholder 3 - 15 volum-% av elektrodematerialet hvorved det oppnås at elektrodematerialet posisjoneres som diskrete partikler på overflaten av elektrolyttmaterialpartiklene og at det ikke er noen elektrisk kontakt mellom elektrodematerialpartiklene. Slik direkte elektrisk kontakt vil føre til en elektrisk kortslutning

35 mellom elektrodepartiklene og vil forhindre at den elektrokjemiske reaksjon skjer.

Eksempler på blandede elektrolyttelektrodematerialer er slike som har åpne kaviteter med en størrelse som tillater at uoppløselig materiale penetrerer i dem.

Det er foretrukket at kavitetene har en størrelse på 10 - 100 μm .

5

Materialer med synkende porestørrelse

I en spesielt foretrukket utførelsesform har det blandede elektrolytt- og elektrodematerialet i en av sine utstrekningsretninger en synkende porestørrelse på 100 μm - 10 μm
 10 hvorved det oppnås at både store, faste og også flytende partikler av det uoppløselige materialet og middelstørrelses- og små partikler kan omdannes effektivt og samtidig i den samme strømningsretning av fluidet.

Ved for eksempel å orientere materialet med synkende porestørrelse i strømningsretningen av fluidet, vil de store partikler først omdannes i de store porer hvorefter partikler med middels og liten størrelse vil omdannes i de etterfølgende, mindre porer.
 15

Materialer med synkende porestørrelse kan fremstilles på i og for seg kjent måte, for eksempel ved konstruksjon av sjiktstrukturer med trinnvise sprang eller glatte overganger når det gjelder porestørrelsen.
 20

Ion-selektiv elektrolytt absorbert i inert materiale eller bundet i en gel

Et eksempel på en ion-selektiv elektrolytt er også en flytende elektrolytt som absorberes i et porøst, inert materiale, hvilken flytende elektrolytt er i stand til selektivt å lede de foretrukne ioner, eller en elektrolytt i form av en gel med den foretrukne fysiske form og porestruktur.
 25

Den elektrokjemiske reaksjonsavstand

30

I henhold til oppfinnelsen blir det innførte, uoppløselige materialet bragt innen en elektrokjemisk reaksjonsavstand fra arbeidselektroden på en slik måte at den elektrokjemiske reaksjon kan skje. Herved sikres at det uoppløselige materialet kan konverteres i henhold til de foretrukne, elektrokjemiske prosesser hvis tilstrekkelig energi i form av et tilstrekkelig elektrisk potensiale på arbeidselektroden, mates til prosessen.
 35

I henhold til oppfinnelsen betyr «elektrokjemisk reaksjonsavstand» den avstand innen hvilken overføring av elektroner og ioner mellom arbeidselektroden og det uoppløselige materialet og mellom den ion-selektive elektrolytt og det uoppløselige materialet, respektivt, gir en egnet reaksjonshastighet for den eller de foretrukne elektrokjemiske reaksjoner.

En typisk elektrokjemisk reaksjonsavstand som gir en egnet reaksjonshastighet, er en avstand mindre enn 10 μm , fortrinnsvis 1 - 10 μm , ved hvilken omdanningshastigheter på 1 - 10 mg karbon pr. sekund pr. m^2 reaktorareale oppnås, det vil si det makroskopisk eksponerte arbeidselektrodeareal. Reaktorarealet er karakteristisk mindre enn det totale, porøse arbeidselektrode-areal.

Åpne kaviteter

Det er foretrukket at reaksjonssonen omfatter en eller flere åpne kaviteter omfattende en eller flere lukkede avgrensninger og en eller flere åpninger, hvilke åpninger står i kommunikasjon med fluidet, hvorved det oppnås at materialer som er uoppløselige i fluidet kan penetrere inn i kaviteten innen hvilke det fanges og omdannes.

Det er foretrukket at de lukkede avgrensninger av kaviteten består av ett eller flere elektrodematerialer, en eller flere ion-selektive elektrolyttmaterialer eller blandinger derav, idet eksempler på elektrodematerialer er både arbeidselektrode- og mot-elektrodematerialer, hvorved en spesielt effektiv ioneoverføring fra den ion-selektive elektrolytt til kaviteten hvori den elektrokjemiske omdanning skjer, kan oppnås.

I en spesielt foretrukket utførelsesform består de lukkede avgrensninger av kaviteten av et blandet ion-selektivt elektrolytt- og elektrodemateriale.

Åpne kaviteter kan generelt tilveiebringes på for fagmannen i og for seg kjent måte. Eksempler er mekanisk, kjemisk eller optisk fremstilling av nettverk, borer, porer eller andre åpninger med glatt eller irregulær overflate. Enhver annen egnet fremstillingsmetode kan være mulig.

Hva angår kjemiske fremstillingsmetoder, skal særlig nevnes kontrollert sintring som beskrevet av R.J. Brook (utgiver): «Concise Encyclopaedia of Advanced Ceramic Materials», Pergamon Press, Serier over: "Advances in Material Science and Engineering", 1991.

Kontrollert sintring kan benyttes ved fremstilling av både metalliske (pulver-metallurgi) og keramiske strukturer. Den viktigste parameter er partikkelstørrelsen for råpulvere. Jo større partikkelstørrelsen er, jo større vil porestørrelsen være i sluttstrukturen. I tillegg benyttes sintringstemperaturen som kontrollparameter. Vanligvis tar man ved sint-
 5 ring sikte på å nå en tett, porefri struktur, men ved å benytte råpulver med sammenligningsvis stor partikkelstørrelse, for eksempel oppnådd ved for-varming av pulveret til en temperatur nær den normale sintringstemperatur (kalsinering), kan det oppnås at pulveret ikke sintrer til tett struktur, men etterlater porer i strukturen. Pore-størrelsen kan,
 10 ved siden av partikkelstørrelsen, også innen vide grenser, kontrolleres ved hjelp av sint-ringsbetingelsene fordi reduksjonen av sintrings-temperaturen og sintringstiden generelt vil øke porøsiteten. Til slutt kan porøsiteten påvirkes ved tilsetning av en poredanner, det vil si et additiv som tilsettes under formingen av den keramiske struktur, men som fordampes eller brenner under sintringen og derved etterlater porer i strukturen. Som
 15 egnet poredanner, kan man benytte organiske materialer som voks, polymerer, fiberma-terialer eller andre materialer.

Størrelse og antall kaviteter

20 Størrelsen og antallet av kaviteter kan velges på i og for seg kjent måte idet størrelsen av kaviteten velges på en slik måte at partikler med foretrukket størrelse vil fanges i kavite-tene og antallet kaviteter velges på en slik måte at det foretrukne overflateareal av elekt-
 roden og som en konsekvens en foretrukket omdanningskapasitet for reaksjonssonen, oppnås.

25 Generelt vil åpne kaviteter ha en størrelse som tillater at materialet er uoppløselig i flui-det og penetrerer inn i dem. Fra et gjennomsnitts-synspunkt ligger det i dette at den gjennomsnittlige kavitetsstørrelse må være noe større eller av samme størrelsesorden som den midlere partikkeldiameter for det uoppløselige materialet.

30 Størrelsen av kavitetene ligger karakteristisk innen området 10 - 100 μm hvorved man oppnår at fluidet kan passere inn i og eventuelt gjennom kavitetene, mens materialet som er uoppløselig i fluidet fanges slik at det kan omdannes.

35 Innfangingen av materialet som er uoppløselig i fluidet skjer for eksempel ved adsorp-sjon av det uoppløselige materialet på veggene av kaviteten hvorved særlig partikler med signifikant mindre størrelse enn størrelsen på åpningene, kan fanges og omdannes.

Innfangingen kan også gjennomføres ved at størrelsen av åpningene synker enten kontinuerlig eller diskontinuerlig, for eksempel ved å stable flere elektrode-materialer i kontinuitet på hverandre på en slik måte at det uoppløselige materialet fanges i åpningene mens fluidet strømmer videre.

For elektrokjemisk omdanning av sotpartikler fra dieseleksosgass er det foretrukket at kavitetsstørrelsen ligger innen området 1 - 50 μm og fortrinnsvis 1 - 10 μm .

10 Den ytre krets

Ifølge oppfinnelsen er den indre krets via arbeidselektroden og mot-elektroden, koblet til den ytre strømkilde og tillater derved utbytting av elektroner mellom strømkilden og den indre krets.

15 Eksempler på strømkilder er strømkilder som er kjente for fagmannen, for eksempel standard strømkilder som kontrolleres og reguleres på en slik måte at de er i stand til å avlevere en på forhånd bestemt spenning og i stand til å holde denne spenning konstant, selv om strømnivået endres innen vide grenser.

20 Det er foretrukket at den ytre krets er i stand til å tilveiebringe utbytting av elektroner mellom strømkilden og den indre krets via ledninger, men induktiv utbytting er også mulig.

25 Strømkilden kan være en likestrømskilde eller en vekselstrømskilde.

I en utførelsesform skjer utbyttingen av elektroner mellom strømkilden og den indre krets i en strømrøtning hvorved hvilken man oppnår at arbeidselektroden og mot-elektroden har konstant polaritet og at de hele tiden virker som enten anode eller katode.
30 Som en konsekvens kan forskjellige elektrokjemiske reaksjoner skje ved de to elektrodene hvis betingelser det er mulig å optimalisere.

I en annen utførelsesform skjer byttingen av elektroner mellom strømkilde og den indre krets i alternerende strømrøtninger der det oppnås at arbeidselektroden og mot-elektroden endrer polaritet med samme frekvens som strømkilden og derved alternativt virker
35 som anode og katode. Den elektrokjemiske omdanning vil derfor være i stand til å kunne skje ved begge elektroder og det effektive arbeidselektrodeareal for den elektrokje-

miske omdanning av materialet som er uoppløselig i fluidet kan økes. Ved denne utførelsesform er det foretrukket at arbeidselektroden og mot-elektroden er identiske.

5 Når man benytter en vekselstrømkilde, ligger frekvensen karakteristisk innen området 1 - 1000 Hz, fortrinnsvis 10 - 100 Hz, hvorved det oppnås at ingen permanent endring eller polarisering inntreffer som ellers ville redusere effektiviteten for elektrodene med tiden.

10 I henhold til oppfinnelsen blir den indre strømkrets via den ytre strømkilde matet med en spenningsforskjell som er tilstrekkelig til at den elektrokjemiske prosess omdanner materialet som er uoppløselig i fluidet til materialet som er oppløselig i fluidet.

15 I henhold til oppfinnelsen betyr en «tilstrekkelig spenningsforskjell» eller tilsvarende en spenning som overskrider summen av det elektrokjemiske potensialet for den foretrukne, elektrokjemiske reaksjon pluss en eventuell overspenning som er nødvendig for å overvinne en polariseringsmotstand tilsvarende reaksjonens aktiveringsenergi.

20 For en indre krets omfattende en sjiktstruktur av en arbeidende elektrode, en ion-selektiv elektrolytt og en mot-elektrode, er det foretrukket at spenningen ligger innen området 1 - 25 volt og fortrinnsvis 1 - 5 volt.

25 For en indre krets omfattende et blandet ion-selektivt elektrolytt- og elektrodemateriale er det foretrukket at spenningen ligger innen området 5 - 500 volt og fortrinnsvis 10 til 100 volt.

Strømmen avhenger av størrelsen på reaksjonssonen. Den ligger karakteristisk i området 1 - 1000 mA/cm² reaksjonssoneareal, fortrinnsvis fra 10 - 100 mA/cm².

Materialet som er uoppløselig i det strømmende fluid

30 Eksempler på materialer som er uoppløselige i det strømmende fluid og på det strømmende fluid er en eller flere tofase-systemer der en fase utgjør det strømmende fluid i form av en gass eller en væske og der den andre fase utgjør et materiale, i form av et faststoff eller en væske, som er uoppløselig i det strømmende fluid.

35 Det er foretrukket at tofase-systemet velges blant væske-i-gass som aerosoler og skyer av olje-i-luft, faststoff-i-gass som røk bestående av karbon inneholdende støv-i-luft,

eller blandinger av disse; faststoff-i-væske som suspensjoner av karbonholdig materiale-i-vann og væske-i-væske som emulsjoner av olje-i-vann, eller blandinger derav.

I en spesiell utførelsesform består materialet som er uoppløselig i fluidet, av sot, og fluidet bestående av eksosgassen fra en forbrenningsmotor.

I en annen spesiell utførelsesform består materialet som er uoppløselig i fluidet av olje og fluidet består av avvann.

10 Fluidet

Eksempler på fluid er fluider som virker som inerte bærere av det uoppløselige materialet, eller som ytterligere fullstendig eller partielt inneholder stoffer som kan omdannes elektrokjemisk som gassformige hydrokarboner, for eksempel ikke forbrente hydrokarboner av forbrenningsmotorer.

Temperatur

Den elektrokjemiske omdanning kan gjennomføres innen et vidt temperaturområde. Generelt øker reaksjonshastigheten med økende temperatur for hvilken reaksjon den høyere temperatur vil være fordelaktig. Mange elektrokjemiske reaksjoner vil imidlertid kunne skje ved tilstrekkelig hastighet allerede ved romtemperatur.

Når man som ion-selektive elektrolytter benytter en oksygenioneleder av et keramisk materiale, vil det brukbare temperaturområdet begrenses av ione-konduktiviteten for elektrolyttmaterialet. Av denne grunn øker ionekonduktiviteten sterkt med temperaturen. Dette betyr at den nedre grense for reaktorene basert for eksempel på dopet serium-oksyd karakteristisk vil være ca. 200°C idet konduktiviteten ligger mellom 10^{-4} og 10^{-5} s/cm. Ved temperaturer over rundt 800°C induseres det en signifikant elektronisk konduktivitet som vil virke som en kortslutning av reaktoren og derved sterkt redusere effektiviteten for den elektrokjemiske omdanning.

Ved å velge andre typer av ion-selektive elektrolytter er både høyere og lavere temperaturer mulige.

Trykkområde

Trykket som benyttes i reaktoren kan ligge innen vide grenser. Omdanningene vises i eksemplene som er gjennomført ved gass- og væsketrykk nær atmosfærisk trykk. Imidlertid forhindrer intet bruken av både høyere og lavere trykk.

Ved å fjerne sotpartikler fra eksosgassen fra en dieselmotor, bør mottrykket over den indre krets ikke overskride rundt 30 mbar da høyere mottrykk ha negativ innvirkning på motorytelsen.

10

Oppstart

Den elektrokjemiske omdanning kan starte umiddelbart ved å legge på spenningen samtidig med et innføringen av fluidet påbegynnes. Således er det ikke spørsmål om en reell oppstartingsprosedyre. I enkelte tilfeller vil imidlertid aktiviteten ikke nå fullt nivå før reaktortemperaturen har nådd den samme temperatur som det strømmende fluid.

15

Elektrokjemisk reaktor for omdanning av et materiale som er uoppløselig i et fluid

Et annet trekk ved oppfinnelsen er rettet mot å tilveiebringe en elektrokjemisk reaktor for omdanning av et materiale som er uoppløselig i et fluid til et materiale som er oppløselig i fluidet og der reaktoren karakteriseres ved at den omfatter:

20

et reaksjonskammer med et innløp for innføring av et fluid og et utløp for utslipp av det innførte fluid,

25

i hvilket reaksjonskammer en reaksjonsseksjon er anordnet omfattende en indre krets som i sin tur omfatter eller i en foretrukket utførelsesform består av:

(a) en eller flere arbeidselektroder i stand til å overføre elektroner til og/eller fra en eller flere elektrokjemiske prosesser, som omdanner det oppløselige materialet til et materiale som er oppløselig i fluidet,

30

(b) en eller flere mot-elektroder i stand til å overføre elektroner til eller fra en eller flere elektrokjemiske prosesser, som motbalanserer de elektrokjemiske prosesser ved arbeidselektroden, og

35

(c) en eller flere ion-selektive elektrolytter som selektivt leder en eller flere typer ioner mellom de elektrokjemiske prosesser ved arbeidselektroden og mot-elektroden,

5 i hvilken reaksjonsseksjon det uoppløselige materialet innføres i en eller flere åpne og gjennomgående kaviteter av elektrodene og elektrolyttene og bringes til innen en elektrokjemisk reaksjonsavstand fra arbeidselektroden slik at de elektrokjemiske prosesser kan forløpe, og

10 hvilken indre krets via arbeidselektroden og mot-elektroden er koblet til den ytre strømkilde.

Foretrukne utførelsesformer ved konstruksjon av reaktoren er angitt i kravene.

15 Ytterligere fordeler

Ved metoden og reaktoren ifølge oppfinnelsen oppnås et antall ytterligere fordeler i forhold til den kjente teknikk.

20 For eksempel er reaktoren for fjerning av sotpartikler fra røkgasser selvrensende ved temperaturer over rundt 250°C; det er intet krav til tilsetning av potensielt skadelige og omkostningsøkende additiver til brennels- eller smøreoljer, og reaktoren virker uavhengig av innholdet av nitrogenoksyder i røkgassen. På samme måte vil reaktoren være i stand til å virke innen meget vide grenser av sotinnhold og størrelse av sotpartikler.

25 Videre må reaktoren ikke tas ut av drift periodisk for regenerering. Temperaturen i filteret er sammenligningsvis konstant. Den vil kun variere lett med temperaturen i den innførte røkgass, men ikke nå høye og potensielt risikofylte nivåer forårsaket av en regenereringscyklus. Trykkfall over reaktoren er også konstant lavt og vil ikke øke på grunn av akkumulering av sotpartikler.

30 Det er en ytterligere fordel at den elektrokjemiske omdanning startes ved at røkgassen innføres samtidig med at strømmen slås på. Derfor er det ikke noe behov for først å forvarme reaktoren for at den skal virke.

35 Reaktoren er fri for vedlikehold dithen at mulig tilstopningsmateriale i hulrommene med tiden vil omdannes og føres bort med fluidet.

Det er også en fordel at reaktoren kan konstrueres som en sammenligningsvis liten, kompakt reaktor da intet rom og ingen filterkapasitet er nødvendig for akkumulert sot. Dette resulterer i et lavere materialforbruk og som en konsekvens i en billigere reaktor. Den lavere fysikalske størrelse gjør det videre lettere å tilpasse reaktoren i eksossystemet for røkgass i et eksisterende system, for eksempel eksossystemet for et dieseldrevet kjøretøy.

Det er også en fordel at andre elektrokjemiske konvertible stoffer som er oppløst i fluidet, kan omdannes.

10

3. KORT BESKRIVELSE AV TEGNINGENE

Oppfinnelsen skal forklares i større detalj nedenfor under henvisning til de ledsagende tegninger der:

15

Figur 1 viser et skjematisk tverrsnitt av en utførelsesform av en elektrokjemisk reaktor ifølge oppfinnelsen.

Figur 2 viser et forstørret riss av den rektangulære del II som vist i figur 1.

20

Figur 3 viser et forstørret riss av den sirkulære del III som vist i figur 2.

Figurene 4, 5 og 6 viser skjematisk alternative utførelsesformer av arbeids elektroden og den ion-selektive elektrolytt.

25

Figur 7 viser skjematisk en utførelsesform av den indre krets omfattende et porøst, blandet ion-selektivt elektrolytt- og elektrodemateriale.

Figur 8 viser skjematisk en utførelsesform av den indre krets vist i figur 7 der det porøse, blandede ion-selektive elektrolytt- og elektrodemateriale bæres av en porøs, inert bærer.

30

Figur 9 viser et mikrofotografi tatt med et skanderende elektronmikroskop av en elektrokjemisk reaktor konstruert i henhold til prinsippet som vist i figur 7.

35

Figur 10 viser skjematisk en utførelsesform av den indre krets nær reaksjonsseksjonen og er konstruert av en sjiktet struktur bestående av 3 sjikt, hver med en struktur som vist i figur 7.

- 5 Figur 11 viser den målte dannelse av karbondioksyd som funksjon av den pålagte likespenning over en indre krets tilsvarende den som vist i figur 4.

Figur 12 viser den målte dannelse av karbondioksyd som funksjon av den pålagte likespenning over en indre krets tilsvarende den som vist i figur 7.

10

Figur 13 viser mønsteret for sølvledninger for kontakt med de to indre kretser ekvivalent med det som er vist i figur 7.

15

Figur 14 viser den målte dannelse av karbondioksyd som funksjon av den pålagte vekselspanning over en av de indre kretser som vist i figur 13, og

Figur 15 viser den målte dannelse av karbondioksyd som funksjon av den pålagte vekselspanning over den andre av de indre kretser som vist i figur 13.

20

4. DETALJERT BESKRIVELSE AV OPPFINNELSEN

Figur 1 viser et skjematisk tverrsnitt av en utførelsesform av en elektrokjemisk reaktor ifølge oppfinnelsen.

25

Den elektrokjemiske reaktor omfatter et reaksjonskammer 50 som kan bestå av en metallplate eller lignende. Kammeret er utstyrt med innløp 20 for innføring av et fluid inneholdende et materiale 31 som er uoppløselig i fluidet. Kammeret er videre utstyrt med et utløp 40 for utslipp av fluidet som inneholder omdannet materiale.

30

En indre krets befinner seg i reaksjonskammeret, hvilken krets er festet elektrisk isolert fra kammeret med isolerende opphengsinnretninger 53, som samtidig kutter av fluidstrømmen. Den indre krets består av en arbeidselektrode 12, en mot-elektrode 13 og en ion-selektiv fasttilstands elektrolytt 11 som selektivt er i stand til å lede ioner mellom arbeidselektroden og mot-elektroden.

35

En eksosgass fra en forbrenningsmotor samt ikke-brent karbonholdig materiale, primært i form av sotpartikler 21 i eksosgassen, føres inn i reaktoren gjennom innløpet 20 (vist

ved den øvre pil) hvorefter eksosgass og omdannet materiale føres ut gjennom utløpet 40.

Arbeidselektroden og mot-elektroden

5

I den viste utførelsesform er arbeidselektroden 12 og mot-elektroden 13 forskjellige, men de kan være identiske.

10

Arbeidselektroden består av et 0,05 - 1 mm tykt porøst metallsjikt med et antall porer og porestørrelser som sikrer et tilstrekkelig stort overflateareal og tillater passasje av partikler med foretrukket størrelse. Ved skanderende elektron-mikroskopi har arbeidselektroden karakteristisk en porestørrelse på 20 - 40 μm og en poredensitet på 1000 porer pr. cm^2 arbeidende elektrodeareal.

15

Den ion-selektive elektrolytt

20

Den ion-selektive elektrolytt er en porøs fast-tilstands oksygen ioneleder av ceriumoksyd som er dopet med 20% gadolinumoksyd, levert fra «Seattle Speciality Ceramics, Seattle, USA (nu: Praxair Specialty Ceramics). Materialet ble kalsinert ved 1550°C i 3 timer, noe som resulterte i en partikkelstørrelse på 5 - 10 μm , som etter pressing og sint-ring ved 1500°C resulterte i en porestørrelse på 1 - 10 μm .

25

I en alternativ utførelsesform som ikke skal forklares i større detalj her, var den ion-selektive elektrolytt en fast-tilstands hydrogen ioneleder av sulfonert perfluoropolymer, kommersielt tilgjengelig under betegnelsen Nafion® fra firmaet DuPont og en porestørrelse på 1 - 10 μm .

Ytre strømkilde

30

I den viste utførelsesform er den indre krets forbundet med en strømkilde 30 via ledninger 301 og 302 og der strømkilden enten kan være en likestrømskilde eller en vekselstrømkilde. Ledningen 301 og 302 er ført gjennom kammerveggen via isolerte gjennomganger 51 og 52.

35

I den her beskrevne utførelsesformen er strømkilden en likestrømskilde der arbeidselektroden virker som en positiv anode og mot-elektroden er en negativ katode.

Hvis strømkilden er en vekselstrømkilde, vil arbeidselektroden og mot-elektroden i prinsippet være identiske og alternerende virke som anode og katode med en frekvens tilsvarende frekvensen av vekselstrømmen. De elektrokjemiske reaksjoner vil være de samme som når strømkilden er en likestrømskilde.

5

Spenningsforskjellene over arbeidselektroden og mot-elektroden velges slik at det er tilstrekkelig aktiveringsenergi til stede for at den foretrukne elektrokjemiske prosess skal skje. For en elektrokjemisk reaktor, her beskrevet ved omdanning av sotpartikler i en røkgass med den viste sjiktstruktur, vil spenningsforskjellen generelt være høyere enn 1 volt, karakteristisk 5 volt, for å oppnå en tilfredsstillende omdanningshastighet.

10

Oppstart og drift

15

Reaktoren startes ved å innføre røkgassen i innløpet 20 og samtidig å legge på en spenning på 5 volt over arbeidselektroden 12 og motelektroden 13. Det er ikke nødvendig at temperaturen i reaktoren på forhånd bringes til for eksempel 250 - 300°C selv om dette naturligvis vil være en fordel for å nå så høye omdanningshastigheter som mulig allerede fra start.

20

I drift blir røkgassen kontinuerlig ført til innløpet 20. Røkgassene som føres gjennom åpninger 14 i den porøse arbeidselektrode, hvorved sotpartiklene 21 er oppløselige i gassen, i det området der arbeidselektroden og den ion-selektive elektrolytten berører hverandre, bringes til innen elektrokjemisk reaksjonsavstand fra arbeidselektroden. Innen denne avstand reagerer sotpartiklene med oksygenioner som avleveres av den ion-selektive elektrolytt og overskytende elektroner overføres til arbeidselektroden. Ved deltagelse i en eller flere elektrokjemiske prosesser i ett eller flere prosessstrinn, blir sotpartiklene omdannet til karbondioksyd.

25

Oppholdstid og kavitetsstørrelse

30

For å oppnå en egnet oppholdstid for sotpartiklene i reaksjonssonen, blir størrelsen for kaviteten i den ion-selektive elektrolytt valgt slik at det oppnås en egnet oppholdstid for sotpartiklene som går gjennom åpningene i arbeidselektroden til elektrolytten.

35

En foretrukket omdanningshastighet for en gitt partikkelstørrelsesfordeling oppnås ved å velge antall og størrelse av kavitete i arbeidselektroden på en slik måte at det oppnås et egnet, stort overflateareal i reaksjonssonen og hvori sotpartiklene kan bytte ut elekt-

roner med arbeidselektroden og der de kan reagere med de foretrukne ioner som er levert fra den ion-selektive elektrolytt.

For å være i stand til å nå en tilstrekkelig omdanningshastighet kan det være en fordel å
5 sette opp flere indre kretser i serie eller i parallell.

Efter gjennomgang gjennom den indre kretsen, blir de uopløselige sotpartikler omdannet til karbondioksyd som så forlater reaktoren med røkgassen 40.

10 Detaljer av arbeidselektroden

Figur 2 viser et forstørret riss av den rektangulære del 2 som vist i figur 1. Sotpartikler 21 av egnet størrelse trenger inn i porene 14 i arbeidselektroden 12 der de stanses av de mindre porer 15 i elektrolytten 11. Røkgassen passerer uhindret gjennom porene i den
15 retning som er antydnet av pilen i både arbeidselektroden og den ion-selektive elektrolytt. Sotpartikler 21 som er innenfor reaksjonsavstanden fra arbeidselektroden, omdannes med oksygenioner, levert fra den ion-selektive elektrolytt 11, under omdanning til karbondioksyd som så føres bort med strømmende fluid.

20 Sotpartikler med større størrelse enn porestørrelsen i arbeidselektroden kan ikke penetrere inn i arbeidselektroden og vil derfor ikke omdannes elektrokjemisk.

Figur 3 viser et forstørret riss av den sirkulære del 3 som vist i figur 2. En sotpartikkel 21 befinner seg i en pore 14 i arbeidselektroden 12 som berører den ion-selektive elektrolytt 13. Sotpartiklene 21 «fanges» i en åpen kavitet hvis åpne avgrensninger kommuniserer med fluidgassen. Sotpartikler kan herved omdannes elektrokjemisk ved utbytting av elektroner med arbeidselektroden 12, oksygenioner med elektrolytt 11 og karbondioksyd med røkgassen inne i og utenfor kaviteten.

30 Hvis oksygeninnholdet i røkgassen er meget lavt, kan det være nødvendig å tilsette ekstra luft, for eksempel gjennom en ikke vist sidekanal i kammeret. Analogt kan ekstra vann eller andre reaktanter tilsettes som vanligvis ikke er til stede i tilstrekkelige mengder i fluidet.

Alternative utførelsesformer av den indre krets

Figurene 4, 5 og 6 viser skjematisk alternative utførelsesformer av arbeidselektroden og den ikke selektive elektrolytt.

5

Figur 4 viser en utførelsesform der arbeidselektroden 12 så vel som den ion-selektive elektrolytt 11 har åpninger for å lede fluidet i formen av porer 14 og 15 som har ujevne avgrensninger i stedet for de sammenligningsvis rette kanaler som vist i figur 2.

10

Figurene 5 og 6 viser to alternative utførelsesformer av arbeidselektroden og den ion-selektive elektrolytt der avgrensningen av kavitettene er ujevne henholdsvis rette.

Således ligger det innenfor oppfinnelsens ramme at man velger de mest hensiktsmessige konfigurasjoner for kavitettene.

15

Blandet ion-selektivt elektrolytt- og elektrodemateriale.

Figur 7 viser et skjematisk riss av en utførelsesform av den indre krets som omfatter et porøst, blandet ion-selektivt elektrolytt- og elektrodemateriale.

20

Den indre krets er konstruert av sammenligningsvis store partikler av den ione-ledende elektrolytt 11 blandet med sammenligningsvis små partikler av arbeidselektrodemateriale 12 og mot-elektrodemateriale 13 som her er vist identiske. I prinsippet virker det blandede, ion-selektive elektrolytt- og elektrodemateriale som en stabel av små elektro-

25 kjemiske reaktorer som er elektrisk forbundet i serie og i parallell og der arbeidselektrodepartiklene 12 for en liten reaktor samtidig virker som en mot-elektrodepartikler for en annen liten reaktor.

30

Sotpartiklene 21 er fanget i kavitettene 14 i den porøse struktur der de omdannes elektrokjemisk som beskrevet i forbindelse med diskusjonen av figur 3.

Røkgassen og de omdannede sotpartikler som er produkt av den elektrokjemiske om-danning, kan føres gjennom porene i den blandede struktur.

35

Figur 8 viser et skjematisk riss av en utførelsesform av den indre krets som vist i figur 7 der det porøse, blandede ion-selektive elektrolytt- og elektrodemateriale bæres på en porøs, inert bærer 16 med åpninger eller kanaler 161 gjennom hvilke fluidet kan føres

bort. Det porøse bærer materialet tillater fluidet å passere mens det holder tilbake uoppløselig materiale 21 som på denne måte kan omdannes elektrokjemisk til oppløselig materiale i den reaktive del av reaktoren.

5 Figur 9 viser et mikrofotografi, tatt med et skanderende elektronmikroskop, av en elektrokjemisk reaktor, konstruert i henhold til prinsippene ifølge figur 7. Som ion-selektivt elektrolyttmateriale har man anvendt ceriumoksyd som er dopet med 20 atom-% gadoliniumoksyd (CGO), som er en oksygenioneleder, og som elektrodemateriale ble det benyttet lantanmanganitt som var dopet med 20 atom-% strontiumoksyd (LSM).

10

Figur 10 viser et skjematisk riss av en utførelsesform av den indre krets der reaksjonsdelen er konstruert med en sjiktstruktur på tre sjikt, hver med den struktur som er beskrevet i figur 7. I det nederste sjiktet 17 er den midlere porestørrelse så liten at de minste partikler av det uoppløselige materialet fanges og omdannes elektrokjemisk. Det mellomliggende sjiktet 18 har en noe større porestørrelse som tillater at de minste partikler
15 21 trenger frem til strukturen mens de større partikler fanges. De største partikler omdannes ved de øverste sjikt 19 som har en større porestørrelse.

En slik sjiktstruktur kan konstrueres ved bruk av råpulvere med forskjellig partikkelstørrelse i de forskjellige sjikt. Når en større partikkelstørrelse velges i råmaterialet, blir porestørrelsen i sluttstrukturen større.

Sjiktstrukturen i den indre krets kan bestå av færre eller flere enn tre sjikt.

25 Oppfinnelsen skal beskrives nærmere ved hjelp av de følgende eksempler.

5. EKSEMPLER

Eksempel 1

30

Elektrokjemisk reaktor med indre krets konstruert som en sandwich-struktur av arbeids-elektrode, ion-selektiv elektrolytt og mot-elektrode

For å illustrere oppfinnelsen ble det fremstilt en ion-selektiv elektrolytt fra ceriumoksyd, dopet med 20 atom-% gadoliniumoksyd (herefter kalt CGO) fra Seattle Specialty Ceramics, Seattle, USA (nu: Praxair Specialty Ceramics). Partikkelstørrelsen for pulverproduktet var justert ved varmebehandling ved 1550°C i 3 timer hvorved det ble oppnådd
35

en midlere partikkelstørrelse for pulveret på 5 - 10 μm . Målingen av partikkelstørrelsen ble gjennomført ved elektronskanderende mikroskopi. Pulveret ble presset til en plate med tykkelse på 1,5 mm ved 100 MPa og sintret ved 1500°C i en time. Den derved oppnådde porøse, ion-selektive elektrolytt ble utstyrt med porøse platinaelektroder ved maling med en børste av en platinapasta, kommersielt tilgjengelig under betegnelsen Demetron® M8005, Degussa, Tyskland, hvorefter den ion-selektive elektrolytt med elektroder ble sintret ved 800°C i en time. Porestørrelsen for begge elektroder og den ion-selektive elektrolytt var 0,5 - 5 μm .

Den indre krets som ble konstruert med dette, ble utstyrt med tråder på elektroden, forbundet til laboratoriestrømkilde av Danica TPS 23A, +/- 30 V 2 A, regulert spenning.

Det totale oppsett ble så plassert i en ovn og oppvarmet til ca. 300°C i en gasstrøm med 20% oksygen i nitrogen hvortil det var tilsatt karbon av typen Printex® L fra Degussa, Tyskland.

Figur 11 viser den målte dannelsen av karbondioksyd som funksjon av den pålagte likestrøm over en indre krets. Den porøse, sjiktede struktur tilsvarer strukturen som vist i figur 4.

De viste data er målt med et massespektrometer i utløpsstrømmen tilsvarende utløpet 40 i figur 1, ved en ovnstemperatur på 300°C.

Ved å redusere temperaturen i ovnen til 250°C, ble omdanningshastigheten for karbon redusert med rundt 15%.

Ved bruk av vekselstrøm i frekvensområdet fra 0 til 400 Hz, ble det detektert en rett, men ikke markert, økning i omdanningshastigheten når frekvensen ble øket. Økningen er høyest i frekvensområdet fra 0 Hz (likestrøm) til ca. 20 Hz hvorefter omdanningshastigheten er så å si konstant.

Eksempel 2

Elektrokjemisk reaktor med indre krets bestående av et blandet, ion-selektivt elektrolytt- og elektrodemateriale

5

Varmebehandlet CGO-pulver, produsert som beskrevet i Eksempel 1, ble blandet med tilsvarende varmebehandlede pulver av lantanmanganitt som var dopet med 20 atom-% strontium fra Seattle Specialty Ceramics, Seattle, USA (nu: Praxair Specialty Ceramics) (herefter kalt LSM), som var varmebehandlet ved 1200°C i 3 timer. Pulverblanding

10 som inneholdt 6,5 vekt-% LSM tilsvarende rundt 6 volum-%, ble presset til en plate ved 100 MPa og sintret ved 800°C i 1 time. Etter sintring var porestørrelsen i det sintrede materialet 0,4 - 4 µm.

15

Platen ble montert i den samme ovn som beskrevet i Eksempel 1, men uten å bli utstyrt med platinaelektroder, tilsvarende den indre krets som vist i figur 7.

20

En strømkilde ble satt opp ved bruk av en modifisert frekvenskonverter av typen Lenze fra firma Leomotor, Danmark, ved hjelp av hvilken den indre krets kunne mates med en spenning på 1 - 400 volt ved en variabel frekvens på 0,1 - 400 Hz og en energiutgang på 750 watt.

25

Figur 12 viser den målte dannelse av karbondioksyd som funksjon av den pålagte spenning over den indre krets.

30

Som ventet kreves et signifikant høyere spenningsnivå over den indre krets bestående av et porøst, blandet ion-selektivt elektrolytt- og elektrodemateriale enn over en indre krets bestående av ion-selektivt elektrolyttmateriale som er lagt i sandwich mellom en arbeidselektrode og en motelektrode som i Eksempel 1.

35

Videre er reaksjonshastigheten høyere på grunn av det signifikant høyere, effektive overflateareal der reaksjonen kan skride frem. I det benyttede frekvensareal, fra 0 - 400 Hz, ble det detektert en lett, men ikke markert økning i omdanningshastighetene når frekvensen økes. Økningen er høyest i frekvensarealer fra 0 - 20 Hz, hvorefter omdanningshastigheten er så å si konstant.

Både i Eksempel 1 og i Eksempel 2 kunne det bemerkes at en økning av omdannings-hastigheten resulterte i en økning i strømbehovet i den indre krets. Strømmen synker sterkt når det tilsatte karbon er fullt brent.

5 Eksempel 3

Porøs blanding av CGO- og LSM-pulver på en inert bærer

En blanding av CGO-pulver og LSM-pulver ble fremstilt som beskrevet i Eksempel 2.
 10 Blandingen ble dispergert i etanol ved bruk av et dispergeringsmiddel, KD-4, fra firma ICI, hvorefter det ble avsatt på en inert bærer av ikke-vevede kvartsfibre. Den avsatte pulverblanding og bæreren ble så sintret ved 800°C i 2 timer, hvorefter begge ble an-bragt i en ovn som beskrevet i Eksempel 1.

,15 Tilsvarende resultater ble oppnådd for omdanningen av karbon som man oppnådde ved den indre krets og fremstilt som beskrevet i Eksempel 2.

Eksempel 4

20 Elektrokjemisk reaktor med indre krets konstruert av et blandet ion-selektivt elektrolytt-og elektrodemateriale

I dette eksempel ble ceriumoksyd dopet med 10 atom-% gadoliniumoksyd (heretter kalt CGO-10) fra Praxair Specialty Ceramics, Seattle, USA (former: Seattle Specialty Cera-
 25 mics) ble benyttet som oksydioneledende elektrolytt-materiale. CGO-10-pulveret ble varmebehandlet ved 1500°C i 3 timer for å justere partikkelstørrelsen. CGO-10-pulveret ble blandet med 5 vekt-% av et LSM-pulver tilsvarende ca. 4,5 volum-% som beskrevet i Eksempel 2.

30 To plater med tykkelse 3 mm ble presset fra blandingen ved et trykk på 65 MPa og sint-ret ved 950°C i 3 timer.

De sintrede platene ble utstyrt med kontakter for strømledninger ved maling med sølv-pasta (Demetron Leitsilber 200, Prod. No. 6200 0007) på overflaten som vist i figur 13.

35

På en første plate 201 ble det anordnet sølvtråder 203 langs motsatte kanter.

På en andre plate 202 ble sølvtrådene 204 anbragt med et intermittert mønster for å tilveiebringe en vesentlig kortere strømvei enn den for den første plate 201.

Sølvtrådene ble bragt i kontakt med tråder forbundet med en vekselstrømkilde, satt til
5 50 Hz, og varierbar fra 2 til 250 V (RKT-2, IMPO electronic A/S, Odense, Danmark).

Platene ble testet en efter en i en ovn som beskrevet i Eksempel 2.

Sot fra eksossystemet av en dieselmotor ble satt til gasstrømmen gjennom reaktoren.
10 CO₂-utviklingen ble overvåket ved å føre eksosgassen fra reaktoren (ekvivalent til utløpet 40 i figur 1) gjennom en gasstrømcelle i et Fourier transformerings IR-spektrometer.

Figur 14 viser dannelsen av karbondioksyd som funksjon av pålagt 50 Hz vekselspenning over den første plate 201. Man ser at dannelsen av karbondioksyd øker skarpt ved
15 terskelverdien på rundt 150 V.

Figur 15 viser dannelsen av karbondioksyd som en funksjon av pålagte 50 Hz vekselspenning over den andre plate 202. Man ser at dannelsen av karbondioksyd øker
20 sterkt ved en terskelspenning på rundt 35 V, det vil si ved en lavere spenning enn den for platen 201, noe som tilsvarer den lavere strømvei det intermitterte sølvtrådmønster gir.

Eksempel 5

25 Elektrokjemisk reaktor for rensing av olje fra avvann

Det ble konstruert en elektrokjemisk reaktor med en indre krets omfattende en hydrogen-ioneledende selektiv elektrolytt av et perfluorert sulfonatmembran av typen Nafion® fra firma DuPont. Elektrolytten ble utstyrt med porøse elektroder ved maling
30 med platinapasta som beskrevet i Eksempel 1.

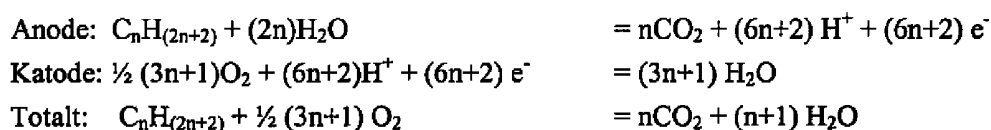
Spenning ble lagt på reaktoren som angitt i Eksempel 1.

35 En dispersjon av 1% olje-i-vann ble ført gjennom reaktoren der det strømmende vann og reaktoren var oppvarmet til rundt 90°C i en ovn for derved å øke reaksjonshastigheten.

Vannet kunne passere reaktoren mens oljedråpene ble fanget og omdannet elektrokjemisk til karbondioksyd.

Det antas at omdanningen følger de følgende reaksjonsligninger:

5



10 Eksempel 6

Energiforbruk ved drift

For å eksemplifisere energiforbruket for en reaktor ifølge oppfinnelsen ved drift, kan basis være en dieselmotor som kontinuerlig avgir 180 kW og karakteristisk produserer 0,3 g sot pr. kWh tilsvarende en sotproduksjon på 0,015 g/s. Antar man en total elektrokjemisk omdanning av denne mengde sot som rent karbon, vil mengden sot ved bruk av Faradays konstant F og antallet elektroner n i omdanningen, tilsvare den følgende beregnede strøm gjennom reaktoren:

20

$$I = n * m * F/M_c = 4 * 0,015 * 96500/12 = 483 \text{ A}$$

der M_c er atomvekten for karbon.

25 Ved en spenning på 3 V, tilsvarende dette rundt 1,5 kW som er mindre enn 1% av energitilgangen.

P a t e n t k r a v

1.

5 Fremgangsmåte for elektrokjemisk omdanning av et materiale (21) som er uoppløselig i et fluid til et materiale som er oppløselig i fluidet, k a r a k t e r i - s e r t v e d at den omfatter:

(a) at en strøm av fluidet føres til en reaksjonssone omfattende en indre krets, som omfatter:

10

(i) en eller flere arbeidselektroder (12) som er i stand til overføring av elektroner til eller fra en eller flere elektrokjemiske prosesser, som omdanner det uoppløselige materialet til materialet som er oppløselig i fluidet,

15

(ii) en eller flere mot-elektroder (13) i stand til å overføre elektroner til og fra en eller flere elektrokjemiske prosesser, som motveier de elektrokjemiske prosesser ved arbeidselektroden, og

20

(iii) en eller flere ion-selektive elektrolytter (11) som selektivt fører til en eller flere typer av ioner mellom de elektrokjemiske prosesser ved arbeids-elektroden og mot-elektroden,

25

i hvilken reaksjonssone det uoppløselige materialet innføres i en eller flere åpne og gjennomgående kaviteter i nevnte elektroder og elektrolytter og bringes innenfor elektrokjemisk reaksjonsavstand fra arbeidselektroden slik at de elektrokjemiske prosesser kan skje, og

den indre krets via arbeidselektrodene og mot-elektroden er forbundet med en ekstern strømkilde (30),

30

(b) at den indre krets via den eksterne strømkilde mates med en elektrisk spenningsforskjell som er tilstrekkelig til at den elektrokjemiske prosess omdanner materialet som er uoppløselig i fluidet til materialet som er oppløselig i fluidet, og

35

(c) at materialet som er oppløselig i fluidet føres bort fra reaksjonssonen med det strømmende fluid (40).

2.

Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at reaksjonssonen omfatter en eller flere åpne kaviteter omfattende en eller flere lukkede avgrensninger (11, 12, 13) og en eller flere åpninger (14, 15), hvilke åpninger kommuni-
5 serer med fluidet.

3.

Fremgangsmåte ifølge krav 2, k a r a k t e r i s e r t v e d at de lukkede avgrensninger av kaviteten består av ett eller flere elektrodematerialer (12, 13),
10 ett eller flere ion-selektive elektrolyttmaterialer (11) eller blandinger derav.

4.

Fremgangsmåte ifølge krav 2, k a r a k t e r i s e r t v e d at de lukkede avgrensninger av kaviteten består av et blandet ion-selektivt elektrolytt- og
15 elektrodemateriale.

5.

Fremgangsmåte ifølge kravene 2 - 4, k a r a k t e r i s e r t v e d at kaviteten har en størrelse på 10 - 100 μm .

6.

Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at de elektrokjemiske prosesser er valgt blant elektrokjemiske prosesser som er oksyderende, reduserende eller en kombinasjon derav.

7.

Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at koblingen av den indre krets via arbeidselektroden og mot-elektroden til den ytre strømkilde gir en strøm av elektroner i en retning.

8.

Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at koblingen av den indre krets via arbeidselektroden og mot-elektroden til den ytre strømkilde gir en strøm av elektroner i alternerende strømretninger.

9.

Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d a t fluidet omfatter oksygen.

5 10.

Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d a t fluidet omfatter vann.

11.

10 Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d a t materialet er oppløselig i fluidet og fluidet består av ett eller flere tofase-systemer i hvilket en fase utgjør fluidet i form av en gass eller en væske og der den andre fase tildannes av et materiale i form av et fast stoff eller en væske som er uoppløselig i fluidet.

15 12.

Fremgangsmåte ifølge krav 11, k a r a k t e r i s e r t v e d a t tofase-systemene er valgt blant væske-i-gass som aerosoler og skyer av olje-i-luft, faststoff-i-gass som røk bestående av karbonholdig støvmaterialer-i- luft, eller blandinger derav; faststoff-i-væske som suspensjoner av karbonholdig materiale-i-vann, og væske-i-væske slik som emulsjoner av olje-i-vann eller blandinger derav.

13.

25 Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d a t materialet som er uoppløselig i fluidet består av sot og at fluidet består av eksosgass fra en forbrenningsmotor.

14.

30 Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d a t materialet som er uoppløselig i fluidet består av olje og at fluidet består av avvann.

15.

Elektrokjemisk reaktor for omdanning av et materiale (21) som er uoppløselig i et fluid til et materiale som er oppløselig i fluid, k a r a k t e r i s e r t v e d a t den omfatter:

35

et reaksjonskammer (50) med et innløp (20) for innføring av et fluid og et utløp (40) for utslipp av det innførte fluid,

i hvilket reaksjonskammer det befinner seg en reaksjonsseksjon som omfatter en indre krets omfattende:

- 5 (a) en eller flere arbeidselektroder (12) som er i stand til å overføre elektroner til eller fra en eller flere elektrokjemiske prosesser, som omdanner det uoppløselige materialet til et materiale som er oppløselig i fluidet,
- 10 (b) en eller flere mot-elektroder (13) som er i stand til å overføre elektroner til og/eller fra en eller flere elektrokjemiske prosesser ved elektrodene, som avbalanserer de elektrokjemiske prosesser ved arbeidselektroden, og
- (c) en eller flere ion-selektive elektrolytter (11) som selektivt fører til en eller flere typer av ioner mellom de elektrokjemiske prosesser ved arbeidselektroden og
15 mot-elektroden,

i hvilken reaksjonssone det uoppløselige materialet innføres i en eller flere åpne og gjennomløpende kaviteter i nevnte elektroder og elektrolytter og bringes innenfor elektrokjemisk reaksjonsavstand fra arbeidselektroden, slik at de elektrokjemiske prosesser
20 kan forløpe, og

hvilken indre krets via arbeidselektroden og mot-elektroden er koblet til en ytre strømkilde (30).

25 16.
Reaktor ifølge krav 15, k a r a k t e r i s e r t v e d at reaksjonsseksjonen omfatter en eller flere åpne kaviteter omfattende en eller flere lukkede avgrensninger (11, 12, 13) og en eller flere åpninger (14, 15), hvilke åpninger står i kommunikasjon med fluidet.

30 17.
Reaktor ifølge krav 16, k a r a k t e r i s e r t v e d at de lukkede avgrensninger av kaviteten består av ett eller flere elektrodematerialer (12, 13), ett eller flere ion-selektive elektrolyttmaterialer (11) eller blandinger derav.

18.

Reaktor ifølge krav 16, k a r a k t e r i s e r t v e d at de lukkede avgrensninger av kaviteten består av en blandet, ion-selektiv elektrolytt og elektrodemateriale.

5

19.

Reaktor ifølge kravene 16 - 18, k a r a k t e r i s e r t v e d at kaviteten har en størrelse på 10 - 100 μm .

10 20.

Reaktor ifølge kravene 15 - 19, k a r a k t e r i s e r t v e d at strømkilden er en likestrømskilde.

21.

15 Reaktor ifølge kravene 15 - 19, k a r a k t e r i s e r t v e d at strømkilden er en vekselstrømskilde.

22.

20 Ion-selektiv elektrolytt for anvendelse ved gjennomføring av fremgangsmåten ifølge kravene 1 - 14 eller i den elektrokjemiske reaktor ifølge kravene 15 - 21, k a r a k t e r i s e r t v e d at den omfatter en fasttilstands- ioneleder med en eller flere åpne og gjennomgående kaviteter.

23.

25 Elektrolytt ifølge krav 22, k a r a k t e r i s e r t v e d at fasttilstands-ionelederen er oksygen ioneleder.

24.

30 Elektrolytt ifølge krav 22, k a r a k t e r i s e r t v e d at fasttilstands-ionelederen består av ceriumdioksyd (CeO_2) som er dopet med gadoliniumoksyd (Gd_2O_3), zirkoniumdioksyd (ZrO_2) som er dopet med yttriumoksyd (Y_2O_3) eller kombinasjoner derav.

25.

35 Elektrolytt ifølge krav 22, k a r a k t e r i s e r t v e d at fasttilstands-ionelederen er hydrogen ioneleder.

26.

Elektrolytt ifølge krav 22, k a r a k t e r i s e r t v e d at fast-tilstands-ionelederen består av β'' -aluminiumoksyd.

5 27.

Elektrolytt ifølge krav 22, k a r a k t e r i s e r t v e d at fast-tilstands-ionelederen består av sulfonert perfluorpolymer.

28.

10 Elektrolytt ifølge kravene 22 - 27, k a r a k t e r i s e r t v e d at fasttilstands-ionelederen har åpne kaviteter med størrelse på 10 - 100 μm .

29.

15 Elektrode for anvendelse som arbeidselektrode eller mot-elektrode ved fremgangsmåten ifølge kravene 1 - 14 eller i den elektrokjemiske reaktor ifølge kravene 15 - 21, k a r a k t e r i s e r t v e d at den omfatter et elektrisk ledende materiale valgt blant metaller eller keramiske materialer med en eller flere åpne og gjennomgående kaviteter.

20 30.

Elektrode ifølge krav 29, k a r a k t e r i s e r t v e d at den har kaviteter med en dimensjon på 10 - 100 μm .

31.

25 Elektrode ifølge krav 29 og 30, k a r a k t e r i s e r t v e d at det elektrisk ledende materialet er lantanmanganitt som er dopet med strontium.

32.

30 Blandet, ion-selektivt elektrolytt- og elektrodemateriale for anvendelse som den indre krets ved gjennomføring av fremgangsmåten ifølge kravene 1 - 14 eller i den elektrokjemiske reaktor ifølge kravene 15 - 21, k a r a k t e r i s e r t v e d at det er fremstilt ved en metode omfattende at et ion-selektivt elektrolyttmateriale med en kornstørrelse fra 10 - 100 μm blandes med et elektrodemateriale med en kornstørrelse fra 1 - 10 μm og i andeler som tillater at elektrodematerialkornene posisjonerer i det vesentlige på overflaten av de ion-selektive elektrolyttmaterial-korn uten å
35 berøre hverandre, slik at det oppnås en elektrisk konduktivitet for det blandede materia-

let som er av samme størrelsesorden som konduktiviteten for det ion-selektive elektrolyttmaterialet.

33.

5 Materiale ifølge krav 32, k a r a k t e r i s e r t v e d at det inneholder mindre enn 20 volum-% og fortrinnsvis 3 - 15 volum-% elektrodemateriale.

34.

10 Materiale ifølge kravene 32 eller 33, k a r a k t e r i s e r t v e d at det blandede materialet har åpne kaviteter med en størrelse på 10 - 100 µm.

35.

15 Materiale ifølge krav 32, k a r a k t e r i s e r t v e d at det i en av sine dimensjonsretninger har en synkende porestørrelse fra 100 - 10 µm.

36.

20 Anvendelse av en elektrokjemisk reaktor ifølge kravene 15 - 21, en ion-selektiv elektrolytt ifølge kravene 22 - 28, en elektrode ifølge kravene 29 - 31 og et blandet ion-selektivt elektrolytt- og elektrodemateriale ifølge kravene 32 - 35 for fjerning av sotpartikler fra røkgasser.

37.

25 Anvendelse av en elektrokjemisk reaktor ifølge kravene 15 - 21, en ion-selektiv elektrolytt ifølge kravene 22 - 28, en elektrode ifølge kravene 29 - 31 og et blandet ion-selektivt elektrolytt- og elektrodemateriale ifølge kravene 32 - 35 for fjerning av olje fra avvann.

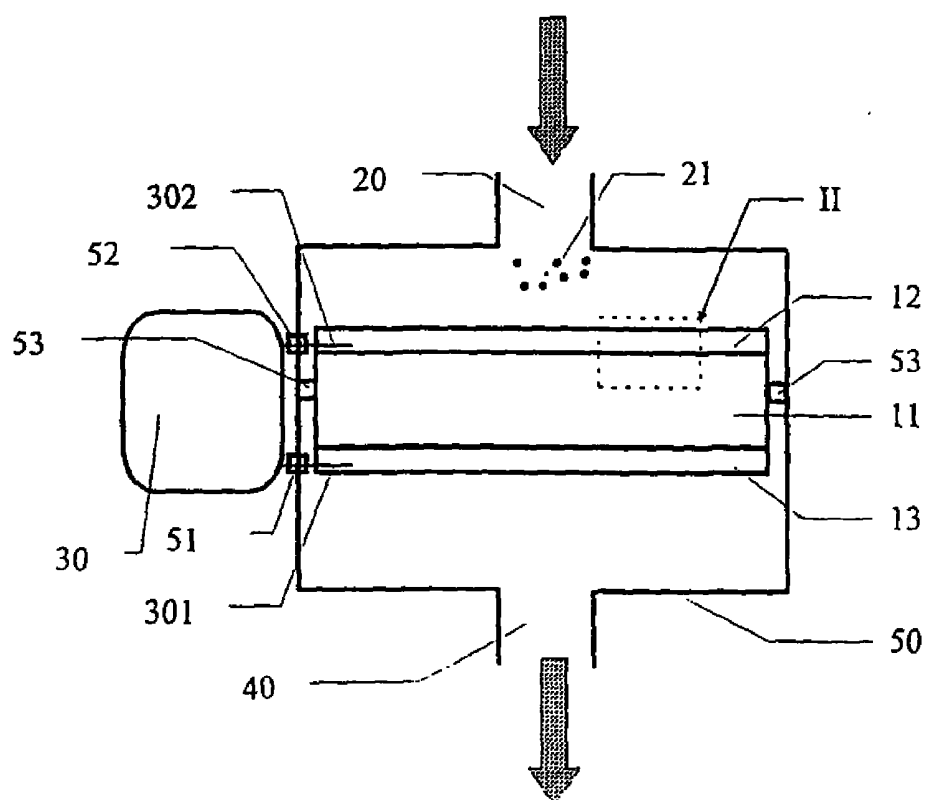


Fig. 1

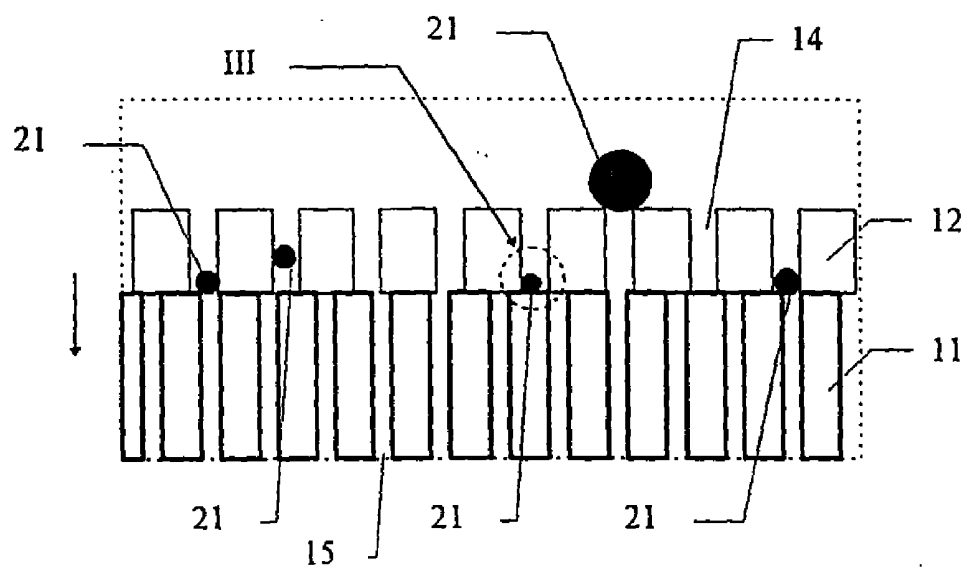


Fig. 2

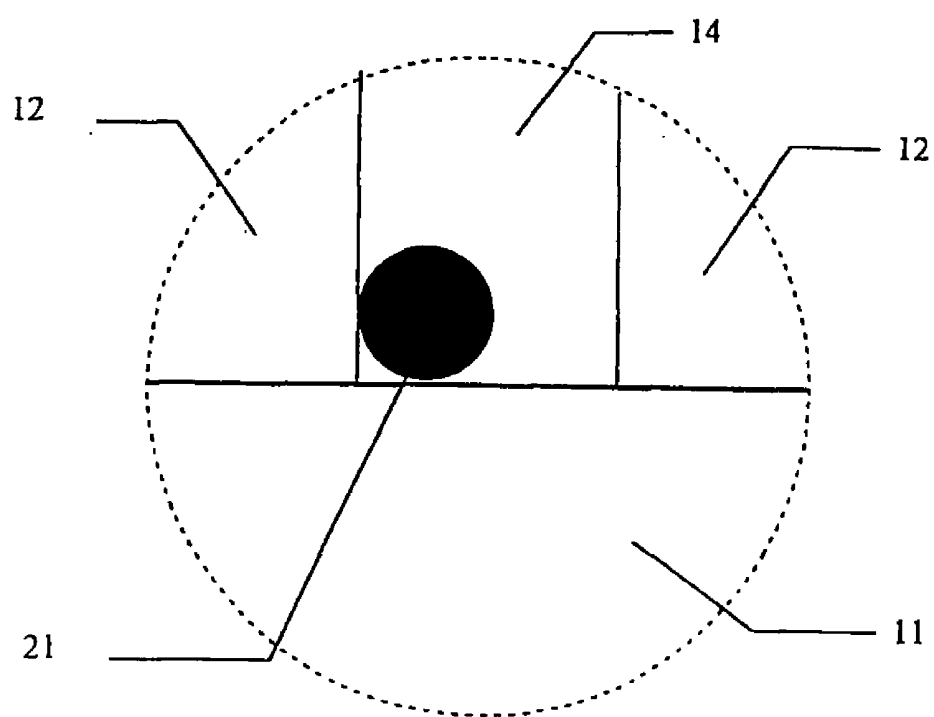


Fig. 3

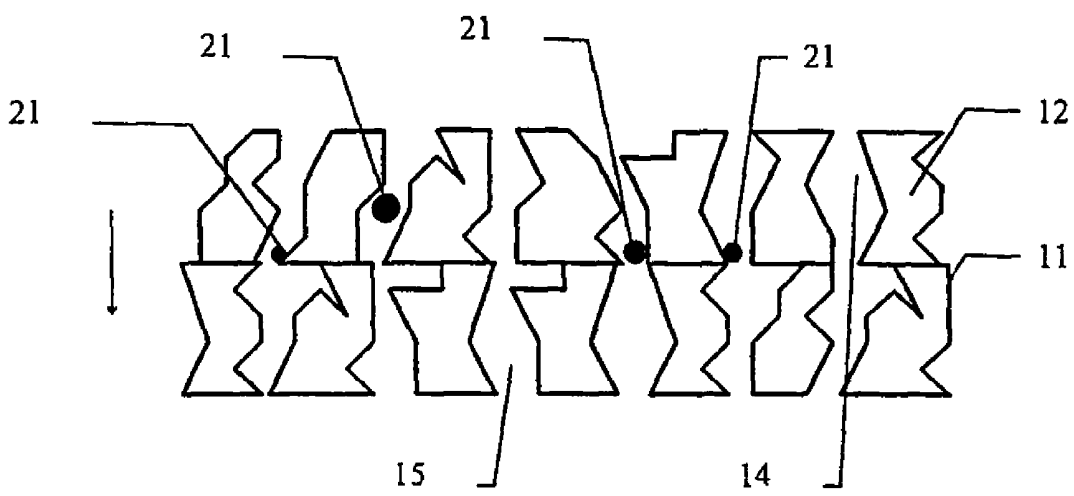


Fig. 4

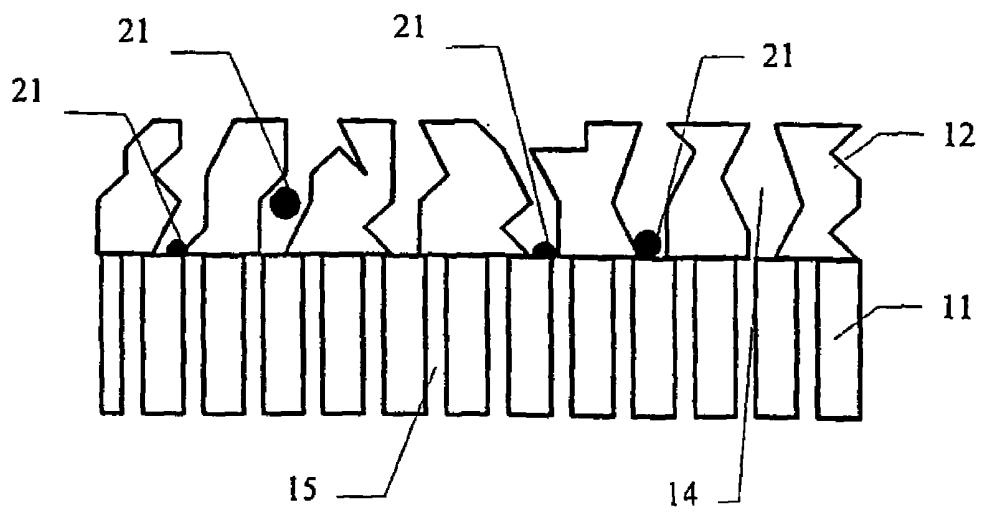


Fig. 5

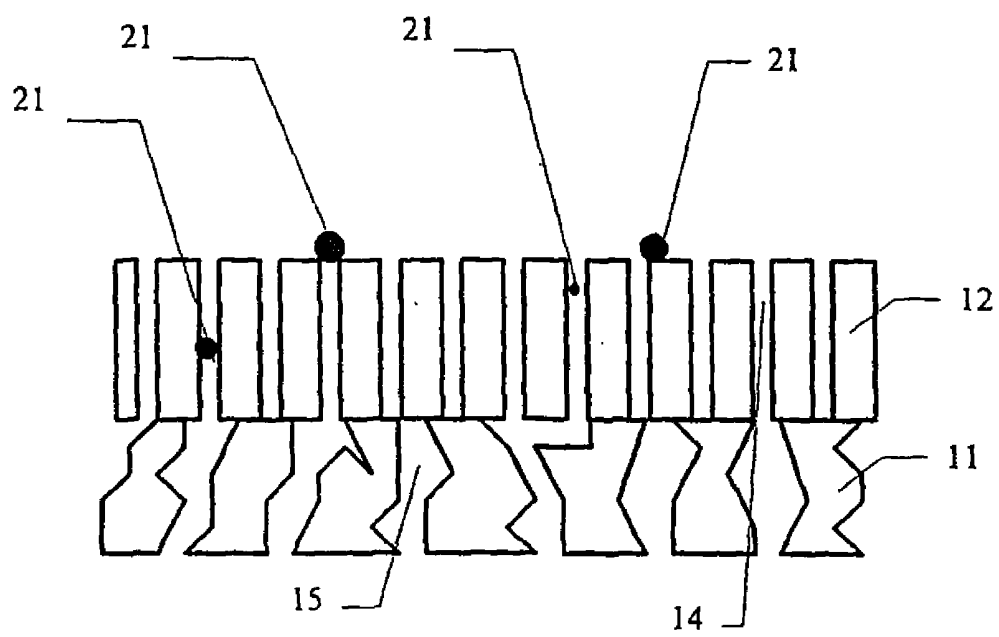


Fig. 6

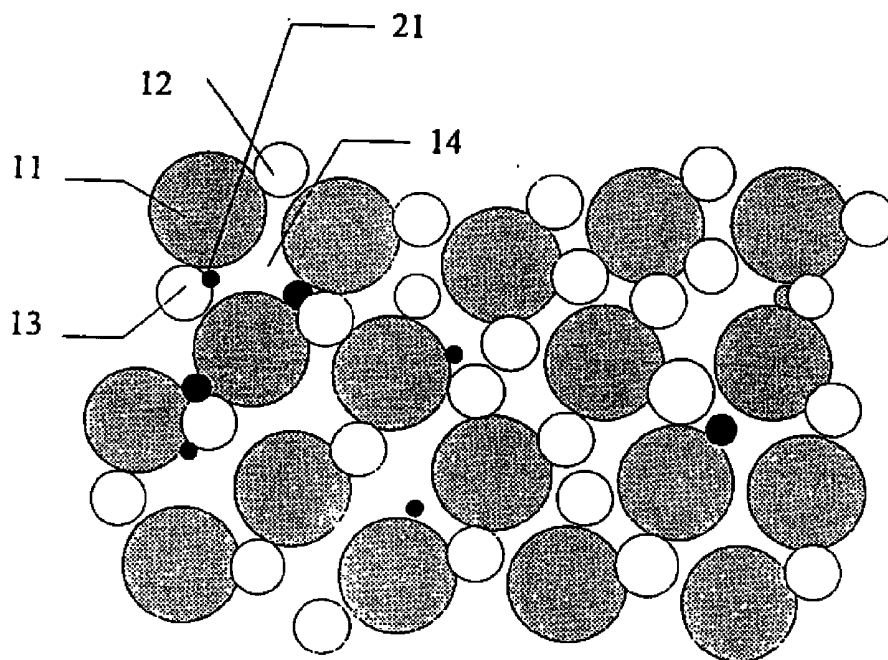


Fig. 7

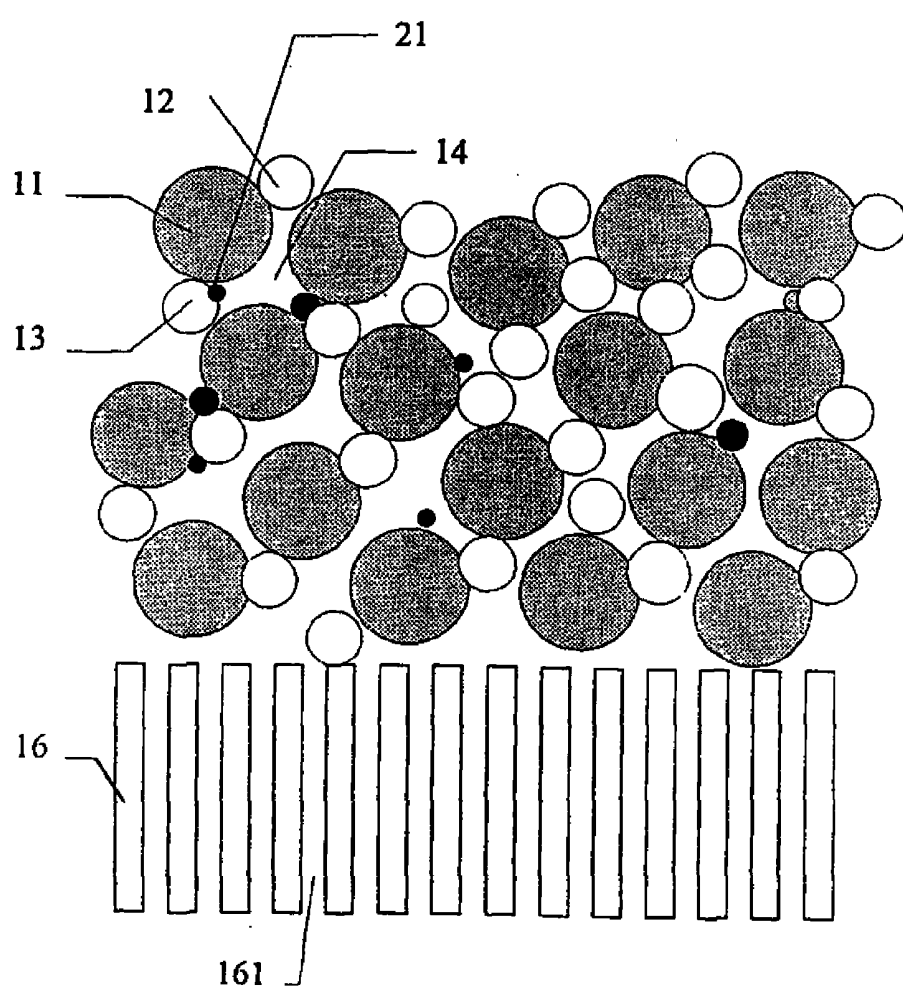


Fig. 8

9/15



Fig. 9

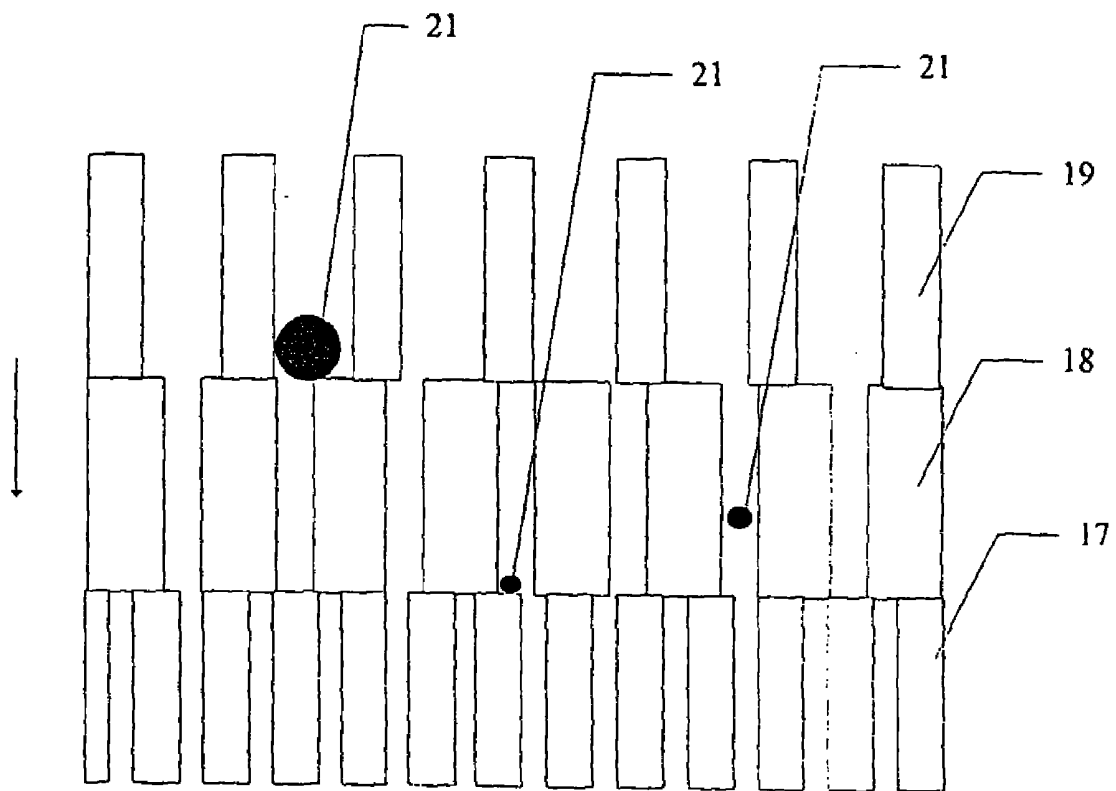


Fig. 10

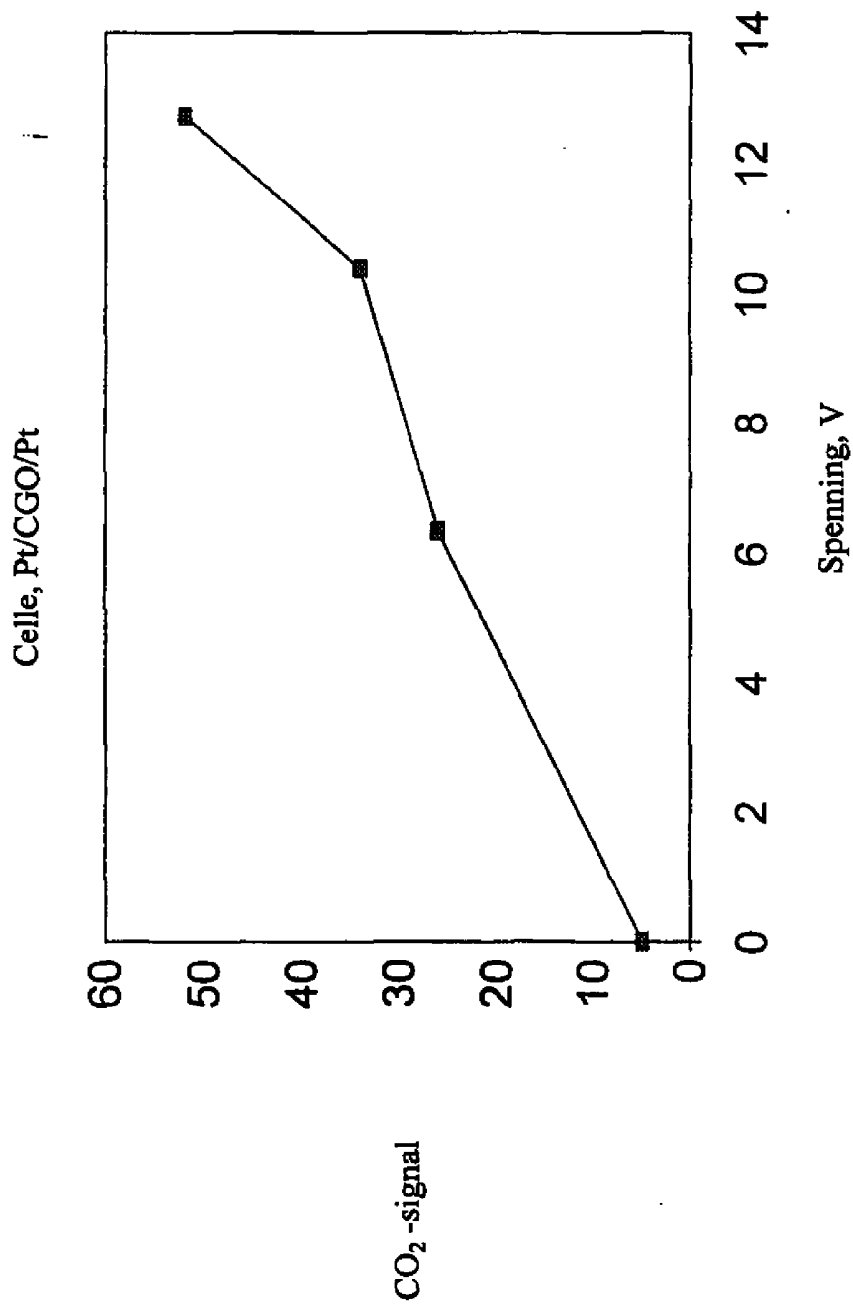


Fig. 11

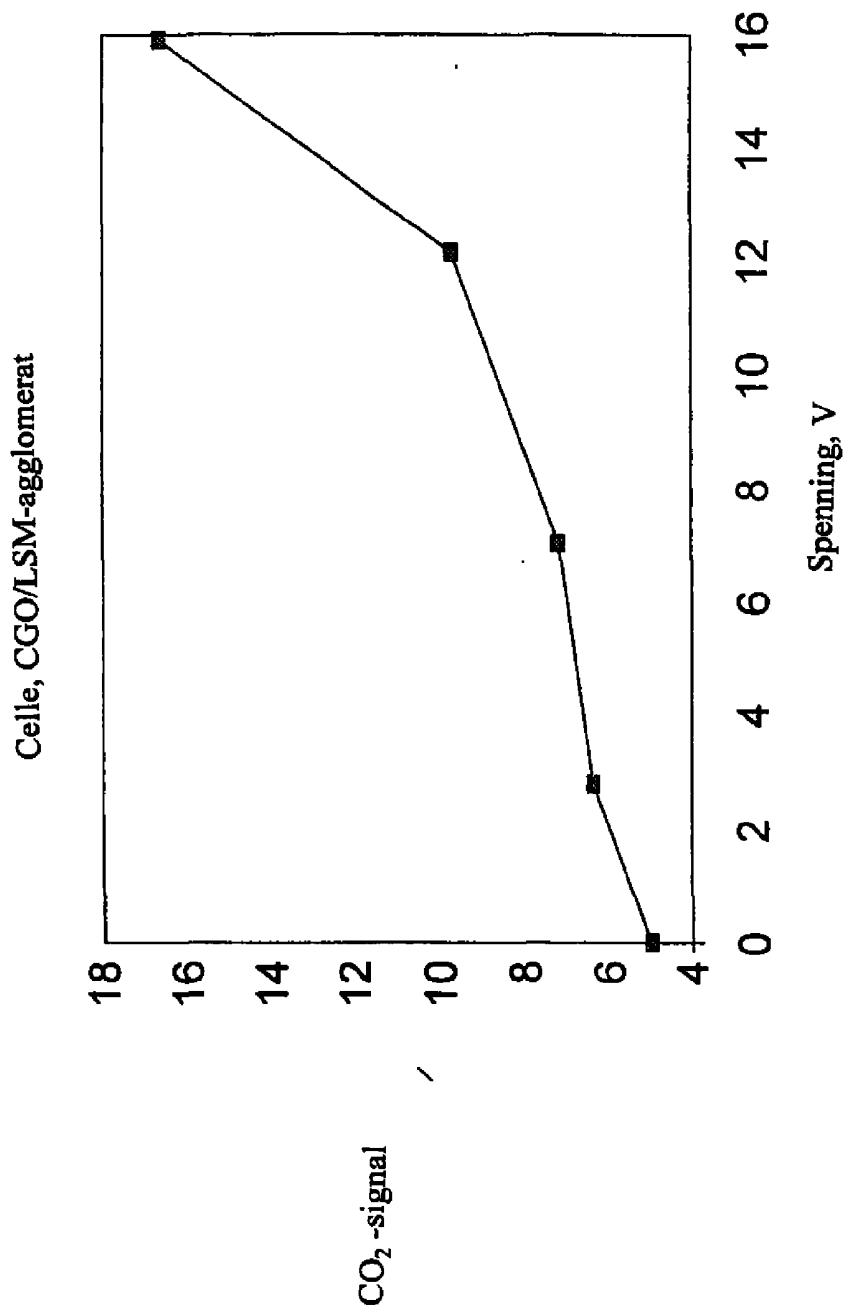


Fig. 12

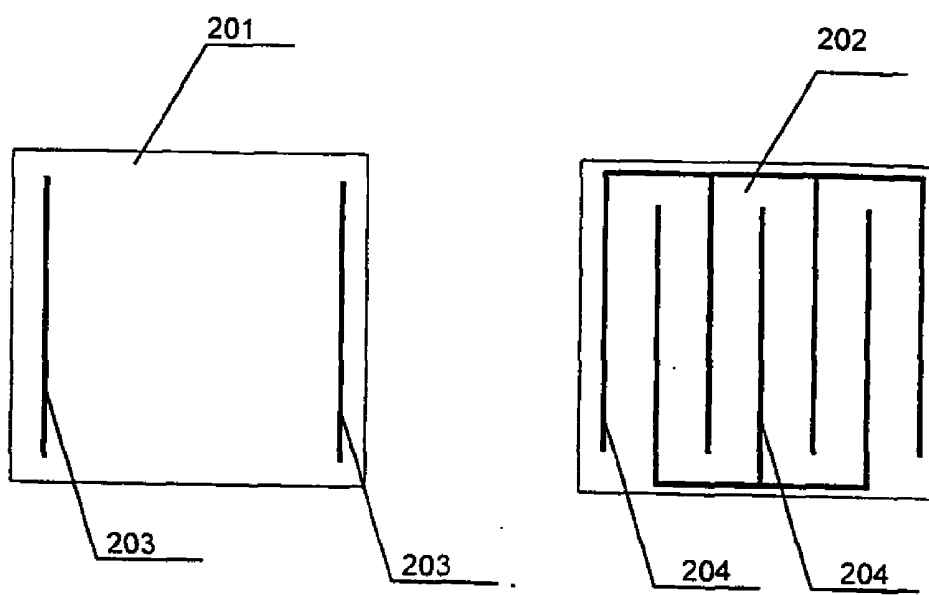


Fig. 13

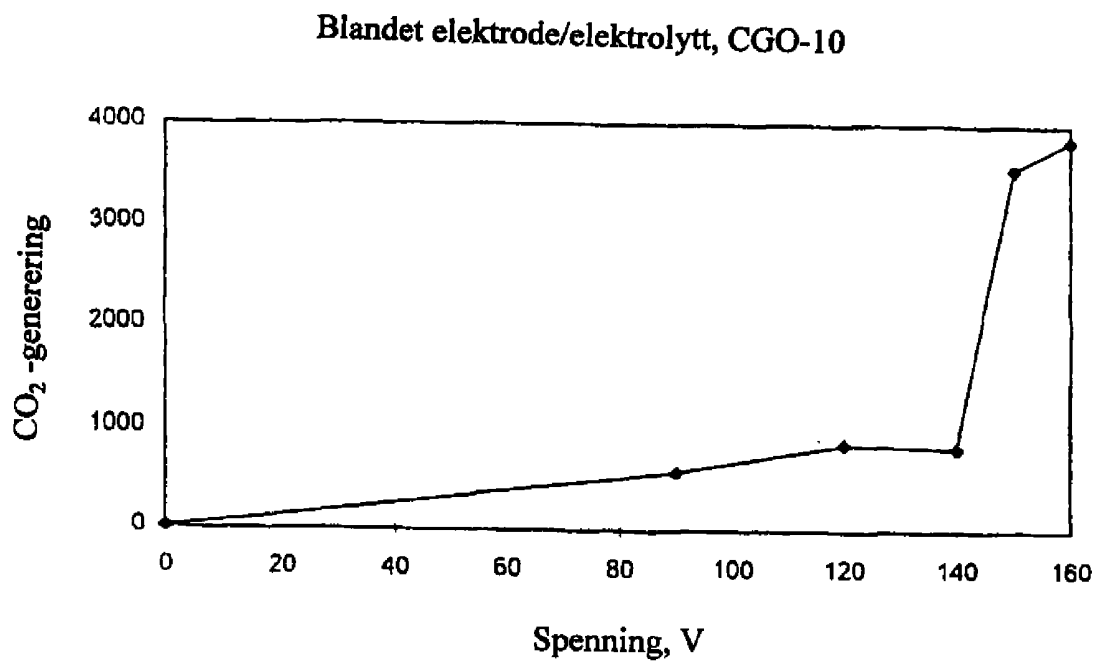


Fig. 14

15/15

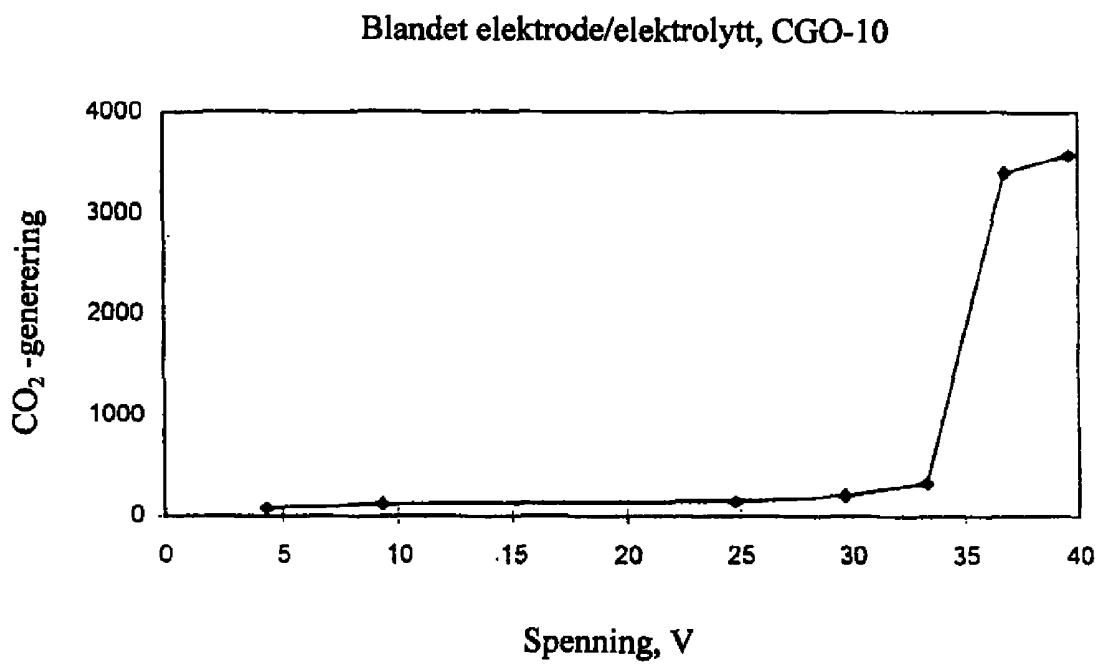


Fig. 15