

(19) DANMARK



(12) FREMLÆGGELSESSKRIFT (11) 147110 B



DIREKTORATET FOR
PATENT- OG VAREMÆRKEVÆSENEN

(21) Patentansøgning nr.: 3425/75

(22) Indleveringsdag: 29 jul 1975

(41) Alm. tilgængelig: 08 feb 1976

(44) Fremlagt: 09 apr 1984

(86) International ansøgning nr.: -

(30) Prioritet: 07 aug 1974 GB 34770/74 15 nov 1974 GB 49533/74

(51) Int.Cl.³: C 25 C 7/00
C 02 F 1/46

(71) Ansøger: *HSA REACTORS LIMITED; Rexdale, CA.

(72) Opfinder: Bernard *Fleet; GB, Sankar Das *Gupta; GB.

(74) Fuldmægtig: Larsen & Birkeholm A/S Skandinavisk Patentbureau

(54) Fremgangsmåde til behandling af en elektrolyt på
væskeform samt elektrokemisk reaktor hertil

DK 147110 B

1 Opfindelsen angår en fremgangsmåde til behandling af
en elektrolyt på væskeform og som angivet i krav 1's
indledning, samt en elektrokemisk reaktor til brug
ved udøvelse af fremgangsmåden og som angivet i
5 krav 3's indledning.

Elektrokemiske reaktorer anvendes i et stort antal
forskellige processer, og følgelig anvendes et stort
antal forskelligt opbyggede reaktorer. Blandt disse
10 processer kan nævnes elektrokemisk syntese, elektro-
lyse, elektrisk raffinering, elektrisk udvinding,
elektrometallurgi, elektrisk frembringelse af kemiske
stoffer, samt elektrokemisk behandling af affald.

15 Virkningsgraden af en hvilken som helst elektroke-
misk reaktor er i høj grad afhængig af arbejdslektro-
dendens egenskaber, nærmere betegnet dennes overflade-
areal og den elektriske potentialefordeling på
elektrodens overflade. Dersom arealet af den i berø-
20 ring med elektrolytten stående overflade gøres så
stort som muligt, vil elektroden være i stand til
at frembringe en stor masseoverføringsflux, og der-
som potentialet er konstant over denne overflade,
vil det være muligt at styre elektroden præcist, så
25 den bliver meget selektiv, og kan sikre opnåelsen
af ønskede resultater. Da den økonomiske og kommer-
cielle lønsomhed af en hvilken som helst elektroke-
misk proces i stor udstrækning afhænger af reaktorens
virkningsgrad, vil enhver forbedring af reaktorens
30 ydelse derfor have en væsentlig indflydelse
på omkostningerne ved at udføre processen.

Fra tysk offentliggørelsesskrift nr. 2.333.018 ken-
des en reaktor med en elektrode til simpel og hur-

1 tig udtrækning af indvundet metal fra en opløsning
indeholdende metalioner. Elektroden svarer i brug
til enhver konventionel pladeelektrode, som neddyp-
pes i en elektrolyt. Elektroden adskiller sig imid-
5 lertid fra pladeelektroder ved, at den efter at være
påført sølv kan brændes og derved efterlade sølvet.
Det skal bemærkes, at offentliggørelsesskriftet
ikke angiver anden grund til anvendelse af karbon-
fibre, end at elektroden kan brændes væk og efter-
10 lade sølvet.

Nærværende opfindelse er især beregnet til rensning
af spildevand med lave koncentrationer af opløst me-
tal, f.eks. spildevand fra kemisk industri, såsom
15 galvaniseringsindustri og anden metaludfældnings-
industri, hvor man idag har meget store problemer
med at få restindholdet af opløst metal ned under
miljømyndighedernes krav til spildevand, der må ud-
ledes til det offentlige afløbsnet.

20 Formålet med opfindelsen er at angive en fremgangs-
måde og et apparat til at rense sådanne affaldsvæs-
ker for opløst metal, således at så godt som alt me-
tallet tilbageholdes.

25 Dette opnås ved at gå frem som angivet i krav 1's
kendetegnende del, f.eks. under anvendelse af et ap-
parat som angivet i krav 3's kendetegnende del. Ved
at lade den væske, der skal renses, løbe gennem en
30 arbejdselektrode, der består af elektrisk ledende
fibre, på en ganske bestemt måde, nemlig således,
at fibrene omskylles af væsken, så al væske kommer
i intim kontakt med fibrene, får man tilbageholdt
så godt som alt metallet ved hjælp af den påtrykte

35

1 potentialforskel. Det er vigtigt, at apparatet er udformet således, at væsken ikke kan gennemløbe dette, uden at det passerer igennem arbejds elektroden.

5 Hvis man går frem som angivet i krav 2, f.eks. under anvendelse af et apparat udformet som angivet i krav 4, fås en optimal rensning af spildevandet.

10 Carbonfibrene får den største virkning og giver dermed en næsten fuldstændig tilbageholdelse af opløst metal, når de er udformet som angivet i krav 5 og 6.

Opfindelsen skal i det følgende forklares nærmere under henvisning til tegningen, hvorpå

15

fig. 1 skematisk viser et snit gennem en elektrokemisk reaktor, der omfatter en udførelsesform for en elektrode ifølge opfindelsen,

20

fig. 2 skematisk viser et snit gennem en anden udførelsesform for en reaktor med en elektrode ifølge opfindelsen,

25

fig. 3 skematisk viser en anden udførelsesform for en elektrode,

fig. 4 i perspektiv viser en yderligere elektrode ifølge opfindelsen,

30

fig. 4a set fra siden viser endnu en elektrode ifølge opfindelsen,

35

fig. 5 noget skematisk viser et snit gennem en

1 reaktor med den i fig. 4. viste elek-
trode,

5 fig. 6 set fra siden viser endnu en udførelses-
form for en elektrode, og

fig. 7 er et snit gennem en reaktor med den i
fig. 6 viste elektrode.

10 Der henvises først til fig. 1, som viser en enkel ud-
formning af en reaktor 20, med en opadtil åben elek-
trolytbeholder 22 og et nær ved dennes øverste åbne
ende beliggende elektrolyt-udløb 24. Dette udløb
15 bestemmer også elektrolyt-niveauet i elektrolytbe-
holderen 22.

Reaktoren 20 omfatter tillige en arbejds elektrode
26, som er fyldt med carbonfibre 27 og er anbragt
midt i elektrolytbeholderen 22. Arbejds elektroden 26
20 er anbragt inden i en rørformet mod-elektrode 28, og
den omfatter et hus 29, der i sin tur omfatter en
stort set cylindrisk hoveddel 30 af asbest eller lig-
nende med en bund 32, samt et topaggregat 34. Ho-
veddelen 30 har nær ved bunden 32 et antal små åb-
25 ninger 35 for at gøre det muligt for elektrolytten
at forlade huset 29. Åbningerne 35 er små i forhold
til længden af en carbonfiber 27, så at der er rin-
ge sandsynlighed for, at en fiber skal kunne komme
ud af huset 29.

30 Topaggregatet 34 består af en ringfatning 36, som
passer tæt i hoveddelen 30's øverste ende og er
fastgjort hertil ved hjælp af et egnet klæbemiddel.

1 Ringfatningen 36 i topaggregatet 34 har et indven-
digt gevind til optagelse af et udvendigt gevindskå-
ret sammenpresningsorgan 38 med en øverste firkant-
del 40, som gør det muligt at dreje organet 38 i
5 forhold til ringfatningen 36 ved hjælp af en nøgle.
En låsemøtrik 42 tjener både til at fastholde en
kabelsko 44 i stilling og til at låse sammenpres-
ningsorganet 38 i en foretrukken stilling i ring-
fatningen 36. Kabelskoen 44 er forbundet med den ene
10 ende af en isoleret ledning 46.

Modelelektroden 28 omfatter en opdragende del 48,
som ved hjælp af et fastgørelsesorgan 50 er forbun-
det med en yderligere kabelsko 52. Denne kabelsko
15 optager en yderligere isoleret ledning 54, der -
som vist skematisk - indgår i en strømforsynings-
kreds med en strømkilde 55, som tillige er forbun-
det med ledningen 46.

20 Et elektrolytindløb 56 er indrettet til at føre
elektrolyt direkte fra reaktoren 20's yderside og
ind i arbejdslektrodens 26 indre. På dette sted
kommer elektrolytten i berøring med carbonfibrene,
inden den strømmer ud gennem åbningerne 35 i hoved-
25 delen 30 og derpå forbi modelelektroden 28 og der-
fra ud gennem udløbet 24.

I den viste udformning er elektroden 26 indrettet
til at samles på følgende måde. Først anbringes car-
30 bonfibrene i hoveddelen 30, hvorpå topaggregatet 34
bringes til indgreb med hoveddelens 30 øverste ende.
For nemheds skyld er carbonfibrene bundtet ganske
tæt sammen, og deres længde svarer nogenlunde til
hoveddelens 30 længde. Så snart ringfatningen 36 er

1 på plads på hoveddelen 30, skrues sammenpresningsde-
len 38 ind i ringfatningen 36 ved hjælp af en nøgle
på organets 38 firkantdel 40. Herved sammenpresses
carbonfibrene tilstrækkeligt til, at de holdes i
5 trykindgreb med hinanden, idet - selv om fibrene er
ganske små i diameter - de er ret stive i forhold
til deres størrelse. Som følge heraf vil fibrene,
forudsat en tilstrækkelig sammenpakning i huset 29,
bringes til indgreb med hinanden, når der udøves
10 en sammenpresning ved husets ene ende, så at der
sikres elektrisk kontakt mellem fibrene. Tillige
vil der, på grund af fibrenes forsvindende elektris-
ke modstand og det store antal kontaktpunkter mel-
lem hver fiber og nabofibrene, være en i hovedsagen
15 konstant elektrisk spænding overalt på samtlige
fibre. Så snart der er opnået en sammenpresning,
bringes kabelskoen 44 til indgreb med sammenpres-
ningsorganet 38, og låsemøtrikken spændes for at
holde både kabelskoen 44 og sammenpresningsorganet
20 38 i stilling.

Under driften anvendes en strømforsyningsenhed 55,
der svarer til den anvendte metode. Dersom man ønsker
at opsamle kationer, så skal arbejdselektroden 26
25 udgøre katoden. Dersom man derimod ønsker at opsam-
le anioner, så skal arbejdselektroden være anode.

Arbejdselektrodens udformning kan ændres på forskel-
lig måde, og den ønskede virkning opnås stadig.
30 Fibrenes længde svarer fortrinsvis til længden af
hoveddelen 30. Længden kan imidlertid ændres, for-
udsat at der er tilvejebragt tilstrækkelig elektrisk
kontakt mellem fibrene, uden at der opstår nogen væ-
sentlig hindring for elektrolyttens strømning mel-
35

1 lem fibrene. Det vil kunne indses, at dersom fibrene
gøres kortere, vil de nærme sig en størrelse, hvor
sammenpakningen af fibrene vil få en uheldig ind-
virkning på elektrolyttens strømning.

5

Det har vist sig, at carbonfiber-elektroder af den
beskrevne type er særdeles effektive, hvad der først
og fremmest skyldes den forsvindende lille elektriske
modstand i de enkelte fibre, så at der kan oprethol-
des et i hovedsagen konstant potentiale i fibrene,
10 og tillige på grund af det ekstremt store overflade-
areal, som kan opnås ved at anvende disse fibre i
en elektrode af given størrelse. Typiske egnede carbon-
fibre fremstilles af Courtaulds Limited, Carbon
15 Fibers Unit, Coventry, England, og forhandles under
varemærket GRAFIL. Hver af disse fibre har i de ty-
piske tilfælde en diameter på mellem 5 og 15 μ , men
andre størrelser leveres også. Fibrene forhandles i
form af bundter, som hvert indeholder mellem fem og
20 ti tusind fibre. Derfor er det praktisk at udforme
en elektrode af den viste art på en sådan måde, at
man tager en del af bundtet og anbringer i en be-
holder, som f.eks. huset 29, hvorpå der udøves en
fra enden virkende kraft imod fibrene, så at disse
25 bringes i intim elektrisk kontakt med hinanden. For
et hus af en given størrelse vil masseoverføringen
imidlertid falde med stigende fibertværsnit, da
fibrene overfladeareal formindskes.

30 Det har også vist sig, at carbonfibre besidder egen-
skaber, som på uventet måde er fordelagtige for
virkningsgraden af elektrokemiske processer i al-
mindelighed. Fibrene har en ringe absorption, og er
inden for et forholdsvis stort arbejds-spændingsom-

35

1 råde ikke tilbøjelige til at blive belagt med en ska-
delig hinde på overfladen.

5 Som følge af disse egenskaber kombineret med fibre-
nes store overfladeareal pr. elektrodevolumenenhed
er det muligt at opnå forholdsvis store masseover-
føringshastigheder.

10 En yderligere egenskab, der er af betydning, er de
fordelagtige overspændingsforhold. Overspændingerne
for hydrogen og oxygen er høje (navnlig i neutrale
opløsninger), så at carbonfibre kan anvendes både
som anode og som katode over et betydeligt spændings-
15 område. Dette gør det muligt at udføre et stort an-
tal elektrokemiske reaktioner på carbonfiberelektro-
der.

20 Disse eksempler er typiske for de resultater, som
kan opnås ved anvendelse af carbonfiberelektroder.

Selv om der i den som eksempel viste reaktor ikke er
blevet anvendt en elektrokemisk membran, vil det kun-
ne indses, at en sådan membran kan anvendes i de
tilfælde, hvor den pågældende proces kræver det. På
25 lignende måde kan elektrolytstrømningen afbrydes
ved at udelade indløbet 56 og udløbet 24, dersom en
reaktor skal anvendes uden kontinuerlig gennemstrøm-
ning.

30 Ved nogle elektrokemiske processer kan det ske, at
den under henvisning til fig. 1 omtalte reaktor ikke
er egnet. Nogle eksempler på andre udformninger,
som i så fald eventuelt kan anvendes, er vist i
fig. 2 - 4.

35

1 Som vist i fig. 2 er en arbejdselektrode 58 udfor-
met som en måtte, der består af et stort antal car-
bonfibre, og som er anbragt i en skråtstillet behol-
der 60. Nogle af fibrene strækker sig uden for be-
5 holderen 60 og udgør kontaktorgan 62 til at forbin-
de elektroden med en strømkilde 63, som også er for-
bundet med en pladeformet modelektrode 64.

10 Elektrolytten (som kan udgøres af afløbsspildevand
eller lignende) løber ind i beholderen 60 fra en
tilløbsstrøm 66, og omskyller fibrene i arbejdselek-
troden 58, inden den forlader stedet i en fraløbs-
strøm 68. Opholdstiden bestemmes af den tilladte vo-
lumenstrømningshastighed i tilløbsstrømmen 66.

15 Strømningshastigheden må imidlertid ikke være for
stor, da carbonfibrelektroden ellers ville kunne
blive revet i stykker og ført ud af beholderen 60.

20 Den i fig. 3 viste udførelsesform omfatter en reak-
tor 70, som består af et øverste og et nederste halv-
kammer 72 henholdsvis 74, som tilsammen afgrænser
et hulrum 76, hvori der er anbragt et antal carbon-
fibre 78. Disse fibre ligger i hovedsagen ved siden
af hinanden, og nogle af dem strækker sig uden for
25 hulrummet 76 til dannelse af et kontaktorgan 80 for
den viste strømkilde 81. Det øverste halvkammer 72
indeholder en fordelingskanal 82 til at føre elek-
trolytten ind i små åbninger 84 (hvoraf nogle er
vist), som står i forbindelse med hulrummet 76. Åb-
30 ningerne 84 er små, for at sikre en mere jævn strøm-
ning over elektroden og for at forhindre at hele strøm-
ningen finder sted ved den ene ende af elektroden.

Efter at have passeret over fibrene 78, forlader e-
35

1 lektrolytten hulrummet 76 gennem små åbninger 86,
som fører til en samlekanal 88 i det nederste halv-
kammer 74. Samlekanalen 88 indeholder en modelektro-
de 90, som også er elektrisk forbundet med strømfor-
5 syningen.

Som tidligere nævnt, er man fuldt opmærksom på, at
elektrodens virkningsgrad og styringspræcision af-
hænger af spændingsfaldet i elektroden samt af stør-
10 relsen af det overfladeareal, som står i berøring
med elektrolytten. Imidlertid bør elektrolytten og-
så kunne bevæge sig frit gennem elektroden, mens
den berører et så stort areal af dennes overflade
som muligt. En særlig form for carbonfiberelektrode,
15 som udviser fordele med hensyn til at muliggøre
en sådan fri bevægelse af elektrolytten, er vist i
fig. 4.

Eksempler på anvendelsen af en arbejdselektrode af i
20 hovedsagen den i fig. 3 viste type skal nu omtales.
Alle de angivne elektrodepotentialer er målt i for-
hold til en mættet calomel-elektrode.

Eksempel 1

25 En mørkeblå opløsning af kobbersulfat med en koncen-
tration på 10.000 dele pr. million (ppm) blev ind-
ført i reaktoren. Arbejdselektrodens potentiale blev
holdt på - 1,2 volt, og den fraløbende opløsning var
30 farveløs; et tegn på at kobberet var blevet tilbage-
holdt af arbejdselektroden. Derpå blev arbejdselek-
trodens potentiale omstillet til + 0,2 volt, og den
fraløbende opløsning var nu blå; et tegn på at der
nu blev frigivet kobber fra arbejdselektroden.

35

1 Hvert enkelt af de ovenfor nævnte omdannelsesfor-
løb fandt sted under en opholdstid på omtrent tolv
sekunder. Den kendsgerning, at den fraløbende opløs-
ning var farveløs i begge tilfælde, tyder på en for-
5 mindskelse af kobberindholdet fra 10.000 til mindre
end 400 ppm. Opholdstiden vil variere, og afhænger i
nogen udstrækning af carbonfibrenes sammenpakkings-
grad.

10 Eksempel 2

En opløsning med et indhold af bly på 250 ppm blev
tilberedt og indført i reaktoren. Den fraløbende op-
løsning blev opsamlet og analyseret ved hjælp af
15 atom-absorptions-sepktofotometri. Denne analyse
blev foretaget under anvendelse af et Perkin Elmer
atom-absorptions-spektrofotometer, som var udstyret
med en Mossman Furnace atomisator. Resultaterne var
som følger.

20

Arbejdselektroden blev holdt på et potentiale af
- 1,2 volt. Den fraløbende opløsning udviste en bly-
koncentration på 0,2 ppm.

25 Den fuldstændige omdannelse i løbet af omtrent 12
sekunder var derfor 99,9 % i et enkelt gennemløb.

Eksempel 3

30 Eksempel 2 blev gentaget, men denne gang med kobber.
Arbejdselektroden havde et potentiale på -1,2 volt,
og den tilløbende opløsning var en opløsning af kob-
bersulfat. Den tilløbende opløsnings koncentration
var 250 ppm kobber, og den fraløbende opløsnings

35

1 koncentration var 4 ppm kobber. Der var således en
omdannelse på 98,4 % i løbet af en opholdstid på om-
trent 12 sekunder i en enkelt gennemgang gennem re-
aktoren.

5

Eksempel 4

Eksempel 2 blev gentaget, men denne gang med nikkel.
Der blev anvendt nikkelklorid og et arbejdspotential-
10 le på -1,6 volt. Den tilløbende opløsning havde en
koncentration på 250 ppm nikkel, og den fraløbende
opløsning en koncentration på 20 ppm nikkel. Der
blev således opnået en omdannelse af 92 % i løbet
af omtrent 12 sekunder og i et enkelt gennemløb.

15

Foreløbige undersøgelser tyder på, at den elektroke-
miske reduktion af nikkel ved carbonfiberelektro-
der adskiller sig fra reduktionen af de øvrige me-
taller, som blev anvendt i de foregående eksempler.
20 Reaktionskinetikken er langsommere. Dette kunne give
en forklaring på den lavere omdannelsesfaktor på
kun 92 % i 12 sekunder. Det er meget muligt, at en
længere opholdstid vil medføre en højere omdannelses-
faktor i et enkelt gennemløb, selv om omdannelsesfak-
25 toren er særdeles tilfredsstillende i betragtning af
den korte opholdstid i reaktoren.

Eksempel 5

30 Opløsninger med et kadmiumindhold på 500 og 100 ppm
blev indført i reaktoren, og den fraløbende opløs-
ning blev overvåget ved hjælp af udstyr til kontinu-
erlig anodisk spændingsmåling. Der blev opnået om-
dannelser på 99 %, når arbejds elektroden var på et

35

1 potentiale på -1,4 volt.

5 Som det vil kunne indses, viser eksemplernes resul-
tater, at der kan opnås virkningsgrader af størrel-
sesordenen 99 % med en opholdstid på 12 sekunder.
Dette er både fordi carbonfibreneres forsvindende
lille modstand gør det muligt at styre elektrodepo-
10 tentialet nøjagtigt, og fordi elektrodens overfla-
deareal er så stort i forhold til dens volumen. Så-
ledes opfylder denne opbygning de to vigtigste be-
tingelser for anvendelse af en elektrode til at
fjerne metal fra en opløsning, nemlig et meget stort
overfladeareal kombineret med et ensartet elektrisk
15 potentiale over hele denne overflade.

15 Fig. 4 viser, hvorledes en elektrode 92 består af et
bundt 94, som ved sin øverste endedel står i ind-
greb med et forbindelsesorgan 96, som desuden omfat-
ter et opdragende elektrisk forbindelsesorgan 98
20 til at forbinde elektroden med en elektrisk strøm-
forsyning.

Bundtet 94 består af et stort antal carbonfibre 100,
som fortrinsvis alle har i hovedsagen den samme læng-
25 de og som stort set ligger side ved side. De ved
den øverste beliggende fiberender ligger sammen in-
den i en ring 102, som indgår i forbindelsesorga-
net 96. Ringen 102 er blevet deformeret indad, så
at den står i fast indgreb med bundtet 94, så at de
30 enkelte fibre inden i ringen står i elektrisk kon-
takt med hinanden. Som følge heraf og fordi rin-
gen 102 er elektrisk ledende, vil et potentiale,
som påtrykkes kontaktorganet 98 overføres gennem
ringen 102 til de enkelte carbonfibre 100, så at po-
35

1 tentiallet på hver enkelt fiber vil være i hovedsa-
gen det samme som på alle de andre fibre. Endvidere
vil potentialet på et hvilket som helst sted i fibre-
ne være i hovedsagen det samme som det på bundtet
5 94 påtrykte potentiale, da spændingsfaldet i fibre-
ne er forsvindende lille.

Det har vist sig, at carbonfiberelektroder af den i
fig. 4 viste art er særdeles effektive, og dette skyl-
10 des de ovenfor nævnte egenskaber ved carbonfibrene
samt tillige det ekstremt store overfladeareal i be-
røring med elektrolytten. Når elektrolytten er i
bevægelse, vil fibrene desuden være tilbøjelige til
at lægge sig i strømningsretningen, så at der her-
15 ved sikres en maksimal berøringsstid, mens elektro-
lytten strømmer langs med fibrene.

Forbindelsesorganet 96 kan være udformet på en hvil-
ken som helst måde, som gør det muligt at holde fib-
20 rene i deres indbyrdes stillinger over en bestemt
afgrænset del af bundtet, og at påtrykke et poten-
tiale på fibrene på en jævnt fordelt og pålidelig
måde. Faktisk kan det ved enklere anvendelser være
tilstrækkeligt med en ombinding omkring bundtet,
25 idet de dele af fibrene, som rager op oven for om-
bindingen, anvendes som elektrisk kontaktorgan.
Som følge heraf kan der i stedet for forbindelsesor-
ganet 96 anvendes en hvilken som helst anordning,
som holder fibrene i indbyrdes stilling. Selv om
30 forbindelsesorganet 96 omfatter det elektriske
kontaktorgan 98, kan der anvendes mange andre anord-
ninger, som f.eks. den allerede omtalte enkle om-
binding.

1 Som vist i fig. 4a, kan det i fig. 4 viste forbindel-
sesorgan 96 forenkles til en ombinding 96a, som kan
være elektrisk ledende eller ej, og ved at forlænge
i det mindste nogle af carbonfibrene forbi ombin-
5 dningen til dannelse af et elektrisk kontaktorgan 98a.

En typisk anvendelse af den i fig. 4 viste elektro-
de 92 er vist i fig. 5, der viser hvorledes elektro-
den anvendes til elektrolytisk indvinding. Elektro-
10 lyt 104 tilføres gennem et indløb på en sådan måde,
at elektrolytten først kommer ind i en elektrolyt-
ledeskærm 108, som er anbragt omkring en arbejds-
elektrode 110 af lignende udformning som den, der er
omtalt ovenfor under henvisning til fig. 4. Lede-
15 skærmen 108 er åben forneden, så at elektrolytten
kan strømme nedad gennem carbonfibrene og derefter
opad forbi en modelektrode 112, som også er anbragt
i en elektrolytbeholder 114. Øverst i beholderen 114
er der anbragt et elektrolyt-udløb 116, og en strøm-
20 forsyning 117 er forbundet med arbejds elektroden 110
og modelektroden 112.

Under drift kan de enkelte fibre frit bøje sig i
elektrolytstrømmen, mens denne bevæger sig nedad gen-
25 nem ledeskærmen 108. Som følge heraf er fibrene til-
bøjelige til at ligge hver for sig på grund af strøm-
ningseffekter omkring fibrene. Bundtet vil derfor
indtage en form nogenlunde som antydnet i streg-prik-
linier i fig. 5. På grund af denne bevægelse i bund-
30 tet foretrækkes det, at ledeskærmen 108 er ikke-
ledende, da den skal være anbragt tæt nok op ad
bundtet til at sikre, at elektrolyttens strømning
påvirker bundtet. Endvidere vil denne strømning, ef-
terhånden som fibrene belægges med metal på grund

1 af den elektrokemiske proces, være tilbøjelig til at
opretholde adskillelsen mellem fibrene inden for de
af strømningshastigheden og fibervægten afhængige
grænser.

5

Selv om den i fig. 5 viste proces udgør et eksempel
på anvendelsen af en fiberelektrode til elektroly-
tisk indvinding, vil det kunne indses, at en reak-
tor af den i fig. 5 viste art kan anvendes til be-
10 handling og overvågning af afløbsvæsker og til
elektro-organisk syntese med eller uden sædvanlige
ændringer i reaktoren, som f.eks. anvendelse af
elektrokemiske membraner, eller en tredje elektrode
eller reference-elektrode. F.eks. kunne ledeskærmen
15 108 udgøres af en elektrokemisk membran, og i så
fald ville den være lukket forneden og der ville
blive anvendt et udløb 119, som antydnet i prik-
streg-linie. På lignende måde kunne en elektrokemisk
forenelig væske indføres gennem et indløb 121 -
20 også vist i prik-streg-linie - og denne væske ville
i så fald løbe ud gennem elektrolytudløbet 116.

Der henvises nu til fig. 6, der viser endnu en ud-
formning af en arbejdselektrode 118. Denne elektro-
25 de består af et bundt 120, bestående af et stort an-
tal carbonfibre 122, som fastholdes på fem adskilte
steder langs med fibrenes længde ved hjælp af for-
bindelsesorganer 124. Samtlige forbindelsesorganer
påtrykkes det samme potentiale, så at den længste
30 elektriske strømvej forløber fra et af forbindelses-
organerne til midtvejs på carbonfibrene mellem dette
og det næste forbindelsesorgan.

Den i fig. 6 viste arbejdselektrode kan hensigtsmæs-
35

1 sigt anvendes i en i fig. 7 vist reaktor 126. I den-
ne reaktor strømmer elektrolytten ind i reaktoren
som en tilløbsstrøm 128, og ledes hen imod arbejds-
elektroden 132 ved hjælp af ledeplader 130, idet
5 arbejds-
elektroden 132 er udformet på samme måde som
den i fig. 6 viste arbejds-
elektrode 118. Denne elek-
trode ligger på tværs af strømningsretningen, og
bundtet er noget løst mellem forbindelsesorganerne
124 for derved at gøre det muligt for fibrene at
10 udføre små tværgående oscillationer, mens elektrolyt-
ten strømmer gennem bundtet og mellem fibrene. Der-
efter strømmer elektrolytten nedad og bort fra arbejds-
elektroden 132, og strømmer forbi en modelektrode
134 under en stor lodret ledeplade 136, som sikrer,
15 at elektrolytten først bevæges nedad imod modelektro-
den og tilbage opad og op i en fraløbsstrøm 138. Som
vist er apparaturet udstyret med en egnet strømfor-
syning 139.

20 Den væsentligste anvendelse af elektrokemiske reak-
torer omfatter kontinuerlige processer, hvori elektro-
lytten udskiftes hele tiden som beskrevet under hen-
visning til fig. 5 og 7. I en reaktor, hvori der ik-
ke skal ske nogen sådan udskiftning af elektrolyt-
25 ten, vil der imidlertid ikke være noget behov for en
elektrolyt-ledeskærm som f.eks. den i fig. 5 viste
ledeskærm 108. I en sådan udførelsesform skal ar-
bejds-
elektroden 110 blot anbringes i tilstrækkelig
afstand fra modelektroden 112 til at forhindre kort-
30 slutning. I øvrigt ville apparatet eller anlægget
være opbygget som vist i fig. 5, med undtagelse af
elektrolytledeskærmen 108. På lignende måde kunne
det være muligt at anvende det i fig. 7 viste appa-
rat med et bad, hvori elektroderne var anbragt, og

1 efter at badet var blevet fyldt op, kunne yderligere
strømning standses og den elektrokemiske proces gives
lejlighed til at forløbe. Herefter kunne elektrolyt-
ten fjernes fra badet, som derpå ville blive fyldt
5 op med en ny elektrolyt-charge. I et sådant apparat
kunne man udelade ledepladerne 134 og den store le-
deplade 136, selv om elektrodernes stillinger også
kunne ændres, da årsagen til den i fig. 4 viste sær-
lige anbringelse af elektroderne ikke længere er
10 til stede.

I hele den foregående beskrivelse er mod-elektroden
og elektrolytbeholderen vist og beskrevet som sær-
skilte organer. Det er selvfølgelig muligt at ud-
15 forme et tilsvarende apparat eller anlæg således, at
elektrolytbeholderen enten tillige udgør mod-elek-
trode eller at mod-elektroden udgør en del af elek-
trolytbeholderen.

20 Det er også muligt at anvende metalfilamenter i ar-
bejdselektroden. Hvad nærværende beskrivelse med
krav angår, skal udtrykket "metalfilament" opfattes
som betegnelse for alle filamenter, som er frem-
stillet af ét metal, fibre med en metalbelægning,
25 samt alle metalfilamenter, som er belagt med et an-
det metal. Udtrykket omfatter carbonfibre med metal-
belægning såvel som legerings-filamenter med metal-
belægning.

30 De elektroder, som er vist i fig. 2, 3, 4, 4a og 6
kunne alle bestå af metal-filamenter. Imidlertid er
det særlig hensigtsmæssigt at lade sådanne filamen-
ter i form af belagte carbonfibre indgå i samtlige
udførelsesformer, eller i form af metal-filamenter

1 i almindelighed i de i fig. 4, 4a og 6 viste udførelsesformer.

P A T E N T K R A V

- 1 1. Fremgangsmåde til behandling af en elektrolyt på
væskeform for at fjerne i elektrolytten opløst metal,
fortrinsvis i lav koncentration, hvor elektrolytten
føres ad én bestemt bane gennem en elektrokemisk re-
5 aktor, k e n d e t e g n e t ved, at der i elektro-
lyttens bane anbringes en arbejdselektrode og en mod-
elektrode, hvilke elektroder påtrykkes en forudbestemt
potentialforskel, og hvor arbejdselektroden består af
elektrisk ledende fibre og er anbragt således i elek-
10 trolyttens bane, at denne tvinges til at omskylle
fibrene, idet al elektrolytvæsken ledes gennem arbejds-
elektroden.
- 15 2. Fremgangsmåde ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t
ved, at arbejdselektroden består af carbonfibre.
- 20 3. Elektrokemisk reaktor til brug ved udøvelse af
fremgangsmåden ifølge krav 1 eller 2, hvilken reaktor
har et indløb (56, 66, 106, 128) og et udløb (24, 68,
116, 138) for en elektrolyt på væskeform indeholdende
opløst metal, fortrinsvis i lav koncentration, og
omfattende en strømvej for elektrolytten mellem ind-
løbet og udløbet, k e n d e t e g n e t ved, at den
25 også omfatter en arbejdselektrode (26, 58, 78, 110,
118, 132) fremstillet af carbonfibre (27, 110, 120),
der holdes i stilling i forhold til hinanden ved ind-
byrdes kontakt og er placeret i strømvejen for elek-
trolytten, så de enkelte fibre omskylles af denne,
30 samt en modelektrode (28, 60, 90, 112, 134), der er
placeret i afstand fra arbejdselektroden, hvilke e-
lektroder påtrykkes en forudbestemt potentialforskel

- 1 af en strømforsyningsenhed (55, 63, 81, 117, 139),
hvorhos strømvejen er udformet således, at al elek-
trolytvæske ledes gennem arbejdselektroden.
- 5 4. Elektrokemisk reaktor ifølge krav 3, k e n d e -
t e g n e t . ved, at arbejdselektroden (118) er frem-
stillet af et bundt (120) af carbonfibre (122), hvor
hver fiber har en tykkelse, der er lille i forhold
til fibrenes længde, og at fibre holdes i indbyr-
10 des stilling ved et afgrænset sted (124) i fiber-
bundtet.
- 15 5. Elektrokemisk reaktor ifølge krav 3-4, k e n d e -
t e g n e t . ved, at de enkelte carbonfibre har cir-
kular tværsnitsform.
- 20 6. Elektrokemisk reaktor ifølge krav 3-5, k e n d e -
t e g n e t . ved, at de enkelte carbonfibre har en
diameter på 5-15 μ .

Fremdragne publikationer:

DE offentliggørelsesskrift nr. 2333018

GB patent nr. 1309252

US patent nr. 3619382.

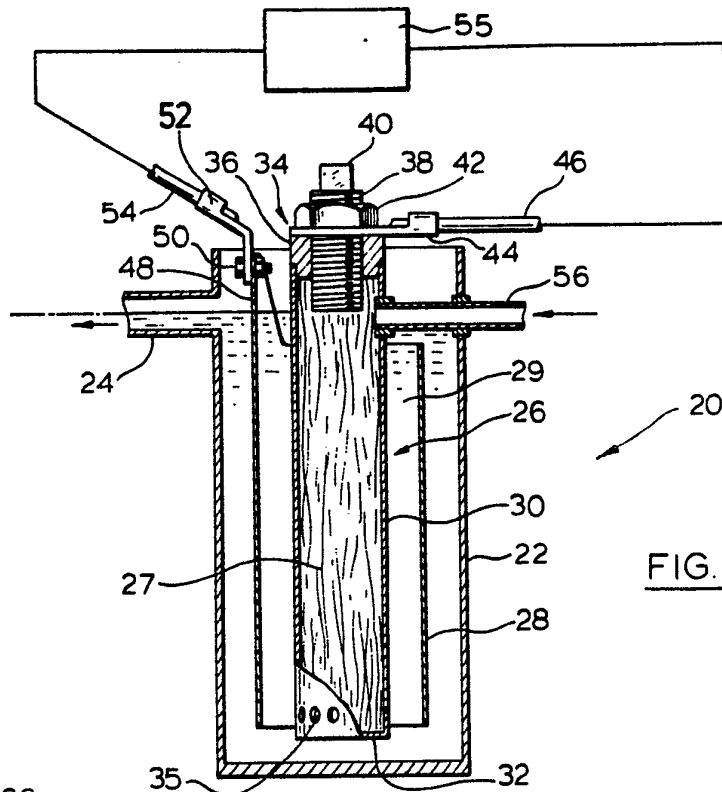


FIG. 1

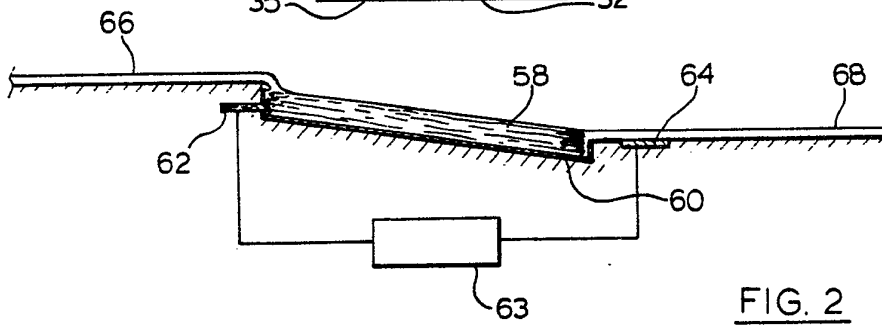


FIG. 2

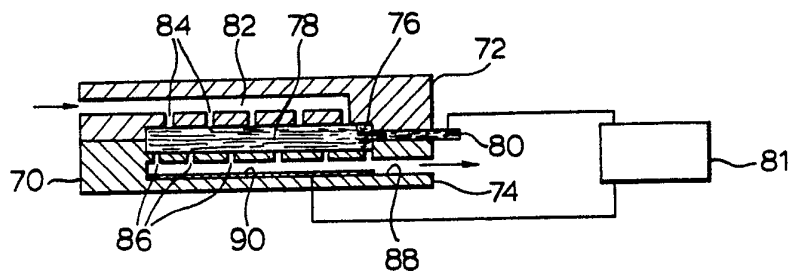


FIG. 3

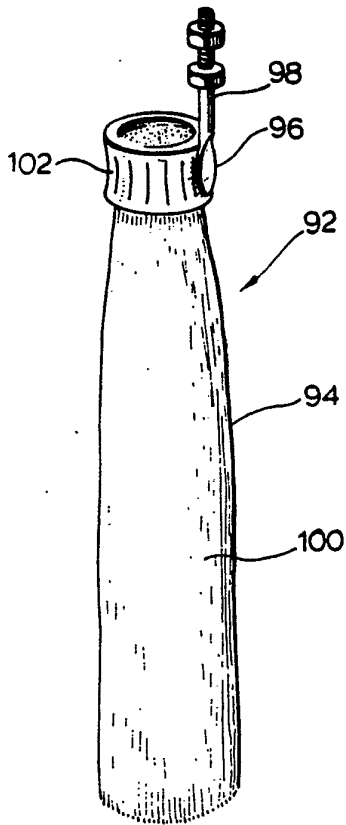


FIG. 4

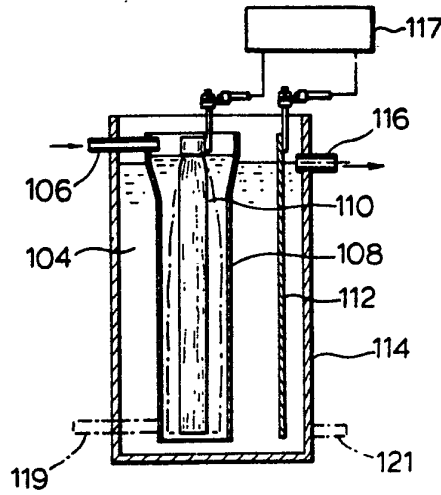


FIG. 5

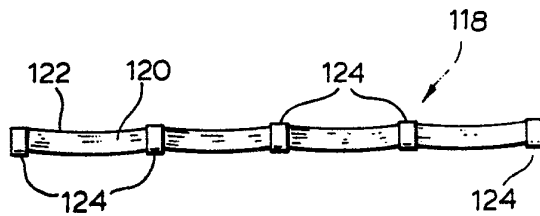


FIG. 6

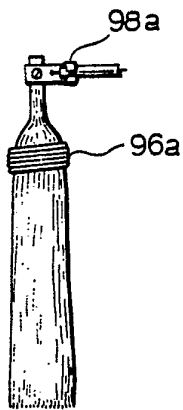


FIG. 4a

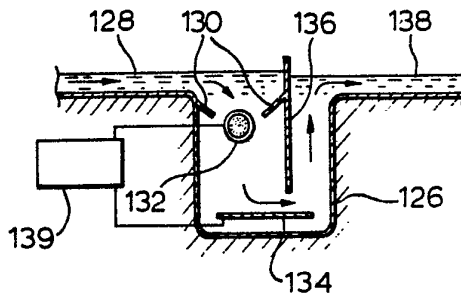


FIG. 7