

(19) DANMARK



PATENTDIREKTORATET
KØBENHAVN



(12) FREMLÆGGELSESSKRIFT (11) 154027 B

(21) Patentansøgning nr.: 5656/73

(51) Int.Cl.⁴ C 25 B 1/14

(22) Indleveringsdag: 18 okt 1973

(41) Alm. tilgængelig: 20 apr 1974

(44) Fremlagt: 03 okt 1988

(86) International ansøgning nr.: -

(30) Prioritet: 19 okt 1972 US 298922

(71) Ansøger: E.I. DU *PONT DE NEMOURS AND COMPANY; Delaware 19898; Wilmington, US

(72) Opfinder: Robert *Spitzer; US

(74) Fuldmægtig: Ingeniørfirmaet Budde, Schou & Co.

(54) Fremgangsmåde og apparat til elektrolyse af en vandig opløsning indeholdende natrium- og/eller kaliumsalte

(56) Fremdragne publikationer

GB pat. nr. 1199952

US pat. nr. 1109311, 2681320, 3547791, 3645866, 3682797

DK 154027 B

Adskillige industrielle processer er baseret på elektrolyse af vandige saltopløsninger. Et vigtigt eksempel er fremstilling af natriumhydroxid og chlor ved elektrolyse af vandig natriumchloridopløsning. Ved denne elektrolyse samt
5 ved andre elektrolyser, hvor der elektrolyseres vandige saltopløsninger, er det kendt, at man kan anvende en fremgangsmåde, ved hvilken man adskiller anolyt- og katolyt-afdelingerne i elektrolysecellen ved hjælp af en porøs separator. I det følgende anvendes "diafragma" til betegnelse
10 af en porøs separator, gennem hvilken elektrolytten kan passere, uden at der foregår nogen væsentlig ændring i dennes sammensætning.

Ved denne fremgangsmåde fremstilles hydrogen og natriumhydroxidopløsning ved katoden, som findes inde i katolyt-
15 afdelingen i cellen, medens der dannes chlor ved anoden, som findes inde i anolyt-afdelingen. Saltopløsningen går fra anolyt-afdelingen gennem diafragmaet ind i katolyt-afdelingen. Katoderne er sædvanligvis fremstillet af jernplader, medens anoderne er fremstillet af grafit eller platiniseret
20 titan. Diafragmaet består sædvanligvis af asbest.

Diaframaceller kræver en strømning af opløsningen, der er tilstrækkelig til at sikre, at tilbage-diffusion af natriumhydroxid ind i anolytten undgås eller minimaliseres. Dette er nødvendigt, for at man undgår chlorat i anolytten
25 og tab i strømudbytte. Når man arbejder ved den minimale strømning af saltopløsningen i diafragmaet til undgåelse af chloratdannelse, omdannes kun ca. halvdelen af natriumchloridet. Katolytten må derfor inddampes til koncentrering af natriumhydroxid samt til krystallisation af salt. Derpå
30 filtreres eller centrifugeres saltet fra den basiske opløsning. Sædvanligvis renses den tilførte saltopløsning til reduktion af indholdet af urenheder, som tilstopper diafragmaet. Det er ligeledes sædvanligt, at man må forny diafragmaet med regelmæssige mellemrum.

35 Man har forsøgt at bygge diaframaceller under anvendelse af permselektive membraner i stedet for diafragmaer.

Herved tilvejebringes imidlertid ikke en løsning af det principielle problem. Alle de membraner, der frembyder en rimelig høj elektrisk konduktivitet og kemisk modstandsdygtighed, udviser også betragtelig tilbage-diffusion og elektrovandring af hydroxylioner, hvis hastighed forøges med katolyttens koncentration og temperatur.

En anden celletype til fremstilling af chlor og natriumhydroxid er kviksølvcellen, i hvilken elektrolysen af saltopløsningen fører til dannelse af en natriumamalgam ved katoden og chlor ved anoden. Amalgamet omsættes med vand under dannelse af en saltfri opløsning af natriumhydroxid samt hydrogen. Ved denne fremgangsmåde kræves intet diafragma, fordi natriumhydroxidopløsningen dannes i et område eller rum i apparaturet, der er adskilt fra det område eller rum, der indeholder saltopløsning og chlor.

Ved en udformning af en kviksølvcelle føres rensed natriumchloridopløsning ind i et svagt hældende horisontalt kar, på hvis bund katodekviksølvet strømmer side om side med saltopløsningen. Over kviksølvet og inde i saltopløsningen findes vandrette anoder af grafit eller platin eller titan overtrukket med metaller fra platinfamilien. Disse anoder er ophængt i gastætte dæksler på karret. Anoderne forsynes med strøm gennem stænger ophængt og forseglet i huller i disse dæksler.

Saltopløsningen indesluttet i karret ved hjælp af kviksølvsyphoner ved karrets ender. Ved en typisk udførelsesform reduceres koncentrationen i cellen fra 315 til 275 g NaCl pr. liter, og saltopløsningen forlader karret gennem et overløb. Almindeligvis føres saltopløsningen til karret gennem en ventil og et rotameter. Når saltopløsningen har forladt cellen, fjernes chlor ved en kombination af HCl-tilsætning og vakuum- og luft-stripping. Derpå mættes opløsningen påny med salt, hvorefter den renses og returneres til cellen med en pH-værdi på ca. 7,0.

Elektricitet føres til kviksølvet ved forbindelser til stålet gennem bunde med ledeskinner. Anodestave, der

rager op over dækslet, og som sædvanligvis bør være lodret indstillelige, er forbundet til ledeskinner for den elektriske strøm ved hjælp af bøjelige ledningsforbindelser, bøjler, loddede stænger eller lignende organer. Til standsning af driften af hvert kar benyttes sædvanligvis kortslutningskon-

5 takter, der forbinder anodeledeskinnerne med katodeledeskin-

nerne.

Dæksler, sidevægge, endevægge, forseglinger samt undertiden det meste af karrets bund er dækket med korrosi-

10 onsbestandigt materiale, sædvanligvis hårdt gummi. Levetiden, dvs. den tid, der går indtil reparation eller erstatning bliver nødvendig, er sjældent længere end 5 år, og den er ofte langt mindre. Denne komponentkombination betegnes sæd-

vanligvis: Primærcellen.

15 Kviksølvet, som strømmer ud af primærcellen, indeholder natrium samt urenheder, såsom calcium, magnesium og jern, der eventuelt ikke er helt fjernet ved den forudgående rensning af saltopløsningen. Til fjernelse af det dannede natrium og til fremstilling af natriumhydroxid vaskes kvik-

20 sølvet med destilleret vand. Denne proces gennemføres i kontakt med grafit, og herved dannes natriumhydroxidopløsning, gasformigt hydrogen samt relativt natriumfrit kviksølv, som pumpes tilbage til en tilgangsbeholder på primærcellen. Apparatet hertil kaldes sædvanligvis sekundærcellen eller

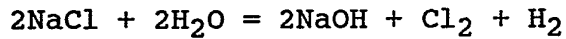
25 dekomponeringsapparatet. Sædvanligvis er dekomponeringsapparatet enten udformet som et vandret kar med grafitriste eller som et kort tårn med grafitpakning. Hvis det er udformet som et kar, er det enten anbragt langs med eller under primærcellen, hvis det er udformet som et tårn, er det sæd-

30 vanligvis anbragt ved primærcellens afgangsende, idet der findes en pumpe under tårnet og et langt rør under primærcellen, som fører kviksølvet tilbage.

Kviksølvkatoden i en kviksølv-chlor-natriumhydroxid-celle fungerer på følgende måde ved elektrolyse af en natriumchloridopløsning mellem en stålkatode og en grafitanode:

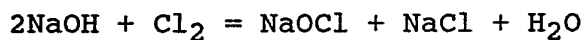
35 Ved anoden udvikles chlor, og ved katoden udvikles hydrogen,

idet der samtidig dannes natriumhydroxid ved katoden ifølge omsætningen:

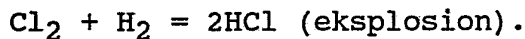
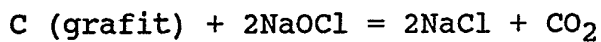
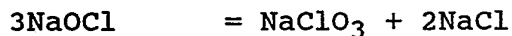


5

Når anolytten og katolytten ikke adskilles, forekommer følgende sekundære reaktioner:



10



Det fremgår klart, at en sådan celle ikke tjener formålet, der går ud på at fremstille natriumhydroxid og chlor. I en kviksølvcelle derimod, hvor der anvendes en kviksølvkatode, vil der, hvis kviksølvet er relativt rent, ikke udvikles hydrogen på katoden fremfor dannelse af natrium, og kviksølvet vil overgå til natriumamalgam ifølge følgende ligning:

20



fordi hydrogenoverspændingen på en kviksølvoverflade er større end den spænding, der kræves til afsætning af natrium ved en sådan overflade. Overspændingen er den spænding på en elektrode, der overstiger den, der teoretisk kræves til frigørelse af en gas på elektrodens overflade.

Hvis kviksølvet indeholder mere end nogle få tiendedele procent natrium eller spor af magnesium, nikkel eller lignende metaller, der fremkalder en lav hydrogenoverspænding, vil der i større eller mindre omfang dannes hydrogen og natriumhydroxid i stedet for natriumamalgam. Når dette sker, falder strømudbyttet, grafitforbruget stiger, og chlorgassen i cellen i den ukondenserbare gas, der bliver tilbage,

35

når hovedparten af chloret er fortættet, bliver eksplosiv på grund af hydrogeniblanding.

Den omvendte effekt ønskes, når man fremstiller natriumhydroxid og hydrogen fra amalgam. Hvis rent natriumamalgam anbringes i et bægerglas og overhældes med vand eller natrium- eller kaliumhydroxid, foregår der kun en ringe eller ingen reaktion, fordi hydrogen ikke frigøres fra en kviksølvoverflade uden vanskelighed. Hvis et stykke grafit dyppes delvis ned i kviksølvet, vil man observere, at der stiger hydrogenbobler op fra grafittet meget nær ved kviksølvoverfladen. Herved bliver vandet eller den basiske opløsning mere alkalisk, og amalgamet dekomponeres, dvs. befries for sit natriumindhold. Under driftsbetingelserne er dekomponeringsapparatet således et kortsluttet batteri, i hvilket amalgamet er anode, medens grafit danner katoden.

Ved denne fremgangsmåde fremstilles en ren, koncentreret natriumhydroxidopløsning, sædvanligvis ca. 50%, sammenlignet med en koncentration på ca. 11%, der fås ved anvendelse af diafragmacellen. Kviksølv-cirkulationen, kviksølvoverfladens kontakt med saltopløsning, hvor den altid dekomponeres i større eller mindre grad, samt andre teknologiske problemer har imidlertid altid nødvendiggjort store, kostbare og komplicerede apparaturer, der kræver store bygninger og fører til uundgåelig kviksølvforurening hidrørende fra skummeoperationer og lignende. Desuden er kviksølvceller særdeles følsomme over for urenheder i natriumchloridopløsningen, da disse forøger den dekomponering af amalgamet, som foregår under elektrolysen, hvilket fører til et højt og ofte eksplosivt højt hydrogenindhold i chloret.

Problemerne hidrørende fra kviksølv-cirkulation kan undgås, hvis der anvendes en udformning, hvor kviksølvet anvendes som en membran, hvis ene side danner katoden i den saltopløsning, der elektrolyseres, medens den anden side er i kontakt med natriumhydroxidopløsningen. På denne måde foregår der natriumtilførsel til amalgamet, samtidig med at der dekomponeres på den modsatte overflade.

Forsøg på at realisere dette har altid ført til en udformning, hvor kviksølvet enten er anbragt i syphonlignende, overlejlrede kanaler eller på porøse eller vævede materialer i hovedsagen på et diafragma. Når kviksølvet er anbragt i syphoner, må det metalliske natrium bevæge sig over lange afstande gennem kviksølvet, og dette fører til overkoncentration af natrium ved katodeoverfladen ledsaget af hydrogenudvikling på katodeoverfladen, hvilket hydrogen blandes med chloret, og hvis kviksølvet er anbragt på et diafragma, har resultatet altid været, at modstanden forøges, fordi gasbobler spærres inde i porerne. Endvidere fører afsætning af metalliske urenheder, såsom jern, i porerne til befugtning af disse urenheder med kviksølv ledsaget af kviksøvlækage gennem diafragmaet, hvorved kviksølvet går tabt.

En variation af kviksølvkatodecellen beskrives i USA-patentskrift nr. 2.749.301. Kviksølvkatoden er anbragt på et porøst diafragma i form af et klæde af vævet plast eller asbest. Saltopløsningen strømmer under katoden på anodeoverfladen. En særdeles stor, og således uøkonomisk, strøm af saltopløsning må pumpes gennem området mellem anoden og diafragmaet, fordi man må undgå, at diafragmaet dækkes med gasbobler. Endog med en høj strømningshastighed vil bobler af chlor og hydrogen fra kviksølvlaget over diafragmaet imidlertid langsomt blive indfanget i diafragmaet og formindske effektiviteten ved denne fremgangsmåde.

Den foreliggende opfindelse angår en fremgangsmåde og et apparat til elektrolyse af en vandig opløsning indeholdende natrium- og/eller kaliumioner i opløsning med anioner af mineralsyrer og/eller organiske syrer og/eller hydroxylioner, ved hvilken man sender en elektrisk strøm gennem opløsningen, som findes mellem en anode og en katode, f.eks. elektrolyse af natriumchloridopløsninger til fremstilling af chlor, natriumhydroxid og hydrogen.

Fremgangsmåden ifølge opfindelsen er ejendommelig ved, at katoden er det metalliske lag i en sammensat membran

bestående af en polymermembran, der vender hen mod anoden, og et katodisk alkalimetalpermeabelt lag af et metal, fortrinsvis kviksølv, i intim kontakt med den polymere membran ved den af dennes overflader, der vender bort fra anoden, 5 hvorhos elektrolysen gennemføres ved superatmosfærisk tryk, fortrinsvis ved tryk mellem ca. 7,0 og ca. 70 atm. og en temperatur mellem ca. 15,6 og ca. 132,2°C.

Herved opnås, at anodeproduktet fra elektrolysen (f.eks. chlor) dannes i en praktisk taget flydende tilstand 10 eller opløst i opløsningen.

Apparatet til anvendelse ved udøvelse af fremgangsmåden ifølge opfindelsen er ejendommeligt ved, at katoden er det metalliske lag i en sammensat membran bestående af en polymermembran, der vender hen mod anoden, og et katodisk 15 alkalimetalpermeabelt lag af et metal, fortrinsvis kviksølv, i intim kontakt med den polymere membran ved den af dennes overflader, der vender bort fra anoden, samt at elektrolyseapparatet er udstyret med en mangfoldighed af elektrisk ledende katodeelementer i kontakt med metallet, hvorhos 20 katodeelementerne i hvert fald i kontaktområdet med metallet fortrinsvis er udstyret med nabostillede grafitelementer, samt et anolytkammer mellem anoden og katoden, hvorhos cellerne i serien er stablet oven på hinanden, således at rummet mellem anoden i en første celle og katoden i den næste nabostillede 25 lavereliggende celle danner et kammer, hvorhos anoderne i cellerne er i elektrisk kontakt med katodeelementerne i nabostillede lavere celler.

Ved en udførelsesform for opfindelsen anvendes en sammensat membran til adskillelse af katodeprodukterne fra 30 elektrolytten. Den sammensatte membran er ejendommelig ved, at den består af en membran, som er en fast polymer eller harpiks, der vender hen mod anoden, samt et alkalimetalpermeabelt lag af et metal i intim kontakt med membranen. "Membran" betegner et materiale, der udviser høj ionpermeabilitet og relativ lav permeabilitet for anolytten. Ved en anden 35 udførelsesform for opfindelsen undgås tilstedeværelsen af

en gasfase i elektrolytten, hvor denne støder op til den sammensatte membran, enten ved at man gennemfører driften over atmosfæretryk under betingelser, ved hvilke de dannede, sædvanligvis gasformige produkter er fortættet eller opløst
5 i elektrolytten, eller ved drift, hvor anoden er dækket med et elektrolyt-permeabelt diafragma eller en anion-permeabel membran, hvor anodeprodukterne fjernes gennem anoden. Opfindelsen angår endvidere cellemoduler bestående af elektrolyse- og dekomponeringsafdelinger adskilt af sammensatte membraner,
10 hvilke cellemoduler er stablede, idet der sørges for fordelt seriestrømning af elektrisk strøm fra celle til celle, medens væsker strømmer ensartet til og fra cellemodulerne inde i elektrisk ikke-ledende kanaler, rør eller ledninger.

Et karakteristisk træk ved den sammensatte membran
15 består i, at alkalimetalionerne, når membranerne anvendes til elektrolyse af en vandig alkalimetalsaltopløsning, vandrer fra den vandige opløsning gennem membranen og ind i metallet, hvorefter de passerer ud af metallet.

Den mest fordelagtige udnyttelse af opfindelsen fås
20 naturligvis, når den elektriske modstand for elektromigrering af alkalimetalioner inde i membranen er lav, og når transportkapaciteten for metallet for alkalimetallet er høj, hvorved der tilvejebringes maksimal kapacitet for den sammensatte membran og stilles minimale krav til elektrisk
25 energi. Den sammensatte membran er endvidere udformet således, at der tilvejebringes direkte fasekontakt mellem den polymere membran og det metalliske lag, således at alkalimetalionerne kan afgives direkte fra den polymere membran til det metalliske lag og ledes gennem dette som alkalimetallatomer eller alkalimetalioner sammen med frie elektroner.
30

Et foretrukket metallisk lag er flydende kviksølv, der danner flydende amalgamer med alkalimetallerne. Dette træk er naturligvis velkendt fra den kendte teknik, hvor kviksølvceller anvendes i vid udstrækning ved elektrolytisk
35 fremstilling af chlor og natriumhydroxid. I den følgende

beskrivelse omtales kviksølv som metallag i den sammensatte membran ifølge opfindelsen.

Ved en særlig udførelsesform for opfindelsen forøges grænsefladen mellem den polymere membran og kviksølvlaget, således at den er større end ved en plan grænseflade, idet man forsyner den side af membranen, som vender mod kviksølvlaget med en korrugering eller med små fordybninger. Det er ligeledes fordelagtigt at tilvejebringe en forøgelse af denne grænseflade ved anbringelse af kviksølv inde i den polymere membranstruktur, f.eks. ved en forudgående elektrolyse af en kviksølvsaltopløsning eller ved på anden måde at anbringe kviksølv inde i membranstrukturen. Det har ligeledes vist sig, at modstanden kan formindskes ved behandling af den polymere membran med et kvædningsmiddel, sædvanligvis et polært opløsningsmiddel, såsom ethanol eller glycol, enten alene eller i kombination med kviksølvimprægneringen.

Den polymere del af den sammensatte membran bør have følgende karakteristiske egenskaber: Lav elektrisk resistivitet og stor kemisk modstandsevne over for chlor og saltopløsning under de anvendte driftsbetingelser. Den polymere del af den sammensatte membran kan bestå af en fast perfluorcarbonpolymer med fremspringende sulfonsyre- og/eller sulfonatgrupper. "Sulfongrupper" anvendes til betegnelse af sulfonsyre- og/eller sulfonatgrupper. Denne perfluorcarbonpolymere har de fremspringende grupper knyttet enten direkte til hovedpolymerkæden eller til perfluorcarbonsidekæder forbundet til hovedpolymerkæden. Hovedpolymerkæderne og/eller vilkårlige sidekæder kan indeholde O-bindinger, dvs. etherbindinger.

Den perfluorcarbonpolymere, ud fra hvilken den polymere del af den sammensatte membran ifølge opfindelsen fremstilles, kan være perfluorcarboncopolymere med fremspringende sulfongrupper samt perfluorcarbonpolymere med blandede chlor- og fluorsubstituent, hvor antallet af chloratomer ikke overstiger ca. 25% af de samlede chlort- og fluoratomer, sammen med de fremspringende sulfongrupper. Den polymere del

kan eventuelt være forstærket, f.eks. ved hjælp af en skærm af et passende metal eller et klæde af polytetrafluorethylen eller andet forstærkningsmateriale. De tilmembrandelen i den sammensatte membran anvendte perfluorcarbonpolymere kan fremstilles som beskrevet i USA patentskrifterne nr. 5 3.041.317, 3.282.875 og 3.624.053.

De foretrukne perfluorcarbonpolymere fremstilles ved copolymerisation af en vinylæther med formlen $\text{FSO}_2\text{CF}_2\text{CF}_2\text{OCF}(\text{CF}_3)\text{CF}_2\text{OCF}=\text{CF}_2$ og tetrafluorethylen efterfulgt af en omdannelse af $-\text{SO}_2\text{F}$ -gruppen til enten $-\text{SO}_3\text{H}$ eller sulfonat (f.eks. alkalimetalsulfonat) eller begge dele. Ækvivalentvægten for de foretrukne copolymere ligger i området fra 950 til 1350, hvor ækvivalentvægten defineres som gennemsnitsmolekylvægten pr. sulfonylgruppe. Den foretrukne tykkelse af membrandelen er 0,0254-0,2540 mm. 10 15

Cellerne ifølge opfindelsen har således en anode og en sammensat membran omfattende en polymerdel bestående perfluorcarbonpolymere med fremspringende sulfonsyre- og/eller sulfonatgrupper og et katodisk lag af et alkalimetallionpermeabelt metal i intim kontakt med den polymere del. 20

Selv om metallet i den sammensatte membran omtales som kviksølv, kan man anvende andre metaller i stedet. Naturen af det valgte metal afhænger af elektrolyttens kation, metallagets permeabilitet for denne kation samt vekselvirkningen mellem metallet og kationen. F.eks. kan man anvende tynde film af sølv og/eller bly eller kombinationer af disse metaller med kviksølv. Da elektrolysecellen ifølge opfindelsen kan arbejde under højt tryk og ved forhøjet temperatur, kan sædvanligvis faste metaller og legeringer anvendes i smeltet tilstand. Et særdeles tyndt lag af et fastmetal, der udviser natriumdifusionskarakteristik, tillader anvendelse af en fast metallisk komponent i den sammensatte membran. Denne teknik kan også anvendes i kombination med et flydende metal. Disse og andre udførelsesformer gør det lettere at arbejde med udformninger, hvor den sammensatte membran anvendes i ikke-vandret stilling. 25 30 35

Anoderne i elektrolysecellen kan være fremstillet af et hvilket som helst materiale, der er egnet til den elektrolytiske proces, såsom platingruppemetaller og disses oxider, enten alene eller som et overtræk over titan eller tantal.

5 Anoden kan være udformet på en hvilken som helst egnet måde, f.eks. som plader, strækmetal eller perforeret metal, mindre segmenter af sådanne former, eller udformet på anden måde, der ikke fører til opdæmning eller opfangning af anodeproduktet.

10 De kortsluttede elektroder i dekomponeringsafdelingen består af grafit eller lignende materiale med en relativt lav hydrogenoverspænding. Disse elektroder er fordelt i et mønster over kviksølvoverfladen i dekomponeringsafdelingerne, og de er delvis nedsænket i kviksølvet. Bobler af hydrogengas
15 udvikles ved grafitoverfladen, medens hydroxylioner dannes, når natriumioner går ind i den vandige opløsning fra kviksølvlaget.

De kortsluttede grafitelektroder kan også anvendes til overføring af katodestrømmen til kviksølvet, men det er
20 fordelagtigt at anvende metalliske ledninger fra anoden i den nærmest ovenstående celle. Det har vist sig, at grafitmateriale anbragt ind mellem og rundt om disse metalliske ledninger er virksomt til at forårsage en hurtig og grundig dekomponering af amalgamet, idet det samtidig bliver muligt
25 at opnå en tæt indbyrdes placering af metalledningerne.

I det følgende beskrives opfindelsen nærmere under henvisning til tegningen. Det skal anføres, at de i figurerne på tegningen viste udførelsesformer kun er illustrative, og at forskellige modifikationer af konstruktiv og driftsmæssig
30 art kan udføres af en fagmand.

På tegningen viser fig. 1 et partielt snit i et enkelt element i en celle med en sammensat membran, en anode af pladetypen samt med grafitmateriale i dekomponeringsafdelingen. Denne celle er egnet til fremstilling af chlor under
35 tryk som en opløst gas.

Fig. 2 viser et partielt snit af et enkelt element i en celle med en sammensat membran, en anode, for hvilken der er vist to alternative former, nemlig en perforeret anode og en knapanode, samt grafitmateriale i dekomponerings-
5 afdelingen. Dette element er egnet til fremstilling af flydende chlor under tryk.

Fig. 3 viser et partielt snit af et enkelt element i en celle med en sammensat membran og en forsænket anodeafdeling med en skærmanode samt grafitmateriale i dekomponerings-
10 afdelingen. Dette element er egnet til elektrolyse af natriumsulfat.

Fig. 4 viser et snit gennem en stabel celleelementer inde i en trykkappe egnet til fremstilling af chlor under tryk.

15 Fig. 5 viser et driftsdiagram for saltvands- og chlor-systemet til en cellestabel sammensat af celler med sammensatte membraner, i hvilke der fremstilles flydende chlor under tryk.

Fig. 6 viser et driftsdiagram for saltvand- og chlor-systemet samt en cellestabel sammensat af celler med sammensatte membraner, i hvilke der fremstilles chlor opløst i saltvand under tryk.
20

Fig. 7 viser et driftsdiagram for vand-natriumhydroxid- og hydrogensystemerne til en cellestabel, i hvilken
25 natriumhydroxidopløsningen afkøles ved recirkulering.

De enkelte i fig. 1, 2, 3 og 4 viste elementer indgår i en cellestabel, i hvilken de enkelte elementer optager et i hovedsagen ringformigt område, hvor den tilførte elektrolyt og det tilførte vand kommer ind fra ringens yderside, medens
30 den cylindriske kerne ved ringens centrum anvendes til isolerende ledninger til den brugte elektrolyt. Man kan også anvende andre geometriske former, f.eks. rektangulære elementer. I den følgende del af beskrivelsen henvises der for fig. 1, 2 og 3's vedkommende til topdelen i cellen, der som
35 vist i figurerne er identisk med topdelen i den næste nabo-stillede lavere celle.

I fig. 1 betegner 1 en ydre anodering, 2 betegner en ydre dekomponeringsskal, 3 betegner en vandtilførselsledning, 4 betegner anolytten, 5 betegner en ydre anolytkanal, 6 betegner en anolytregulator, 7 betegner en anolyttilførselsledning, 8 betegner anoden, 9 betegner et hydrogenrum, 10 betegner et rum med natriumhydroxidopløsning, 11 betegner et bånd af grafitmateriale, 12 betegner et strømtilførselsorgan, 13 betegner en indre anodering, 14 betegner en indre dekomponeringsskal, 15 betegner afgangsrøret for natriumhydroxidopløsning og hydrogen, 16 betegner en indre anolytkanal, 17 betegner en indre membranring, 18 betegner et overstrømningsrør for anolytten, medens 19 betegner en ydre membranring. Lagene A og B danner tilsammen den sammensatte membran, hvor A er det polymere membranlag, medens B er det metalliske lag, nemlig kviksølv.

Det elektrolytiske element begrænses af anoden 8, den ydre anodering 1, den indre anodering 13, den ydre dekomponeringsskal 2, den indre dekomponeringsskal 14 samt bunden af den næste anode 8'. Inde i elementerne findes den sammensatte membran AB, grafitbåndet 11 samt strømtilførselsorganerne 12.

Anoden 8 er en plade, der kan være fremstillet af stål eller nikkel, med et tyndt lag titan, der er bundet til pladens øvre overflade, således at der tilvejebringes god elektrisk kontakt. Den øvre overflade af dette titanlag er atter dækket med et metal fra platinmetalfamilien eller et af disses oxider, såsom rutheniumoxid. Strømtilførselsorganerne 12 er fastgjort til anodens underside. Også denne fastgørelse må foretages således, at der sikres en god elektrisk kontakt. Strømtilførselsorganerne 12 kan eksempelvis være nikkeltråde fastgjort til anodepladen ved elektronstrålesvejsning. Disse organer er ikke nødvendigvis lige tråde, men de kan have hårnåleviklinger eller en anden egnet konfiguration, der sikrer strømledning mellem kviksølvet og anoden ovenfor og skaber god elektrisk kontakt mellem disse uden at skabe forhindringer i området mellem kviksølvoverfladen

eller grænsefladen mellem kviksølv B og membran A. Det er naturligvis muligt at beregne den elektriske konduktivitet af disse organer. En særdeles god fordeling af strømmen i kviksølvet er nødvendig. Hvad enten denne tilvejebringes
5 ved hjælp af en lang række tynde organer eller ved hjælp af færre mere tykke organer udstyret med tyndere fordelingsorganer inde i kviksølvet, f.eks. udformet som en skærm, er det af afgørende betydning, at de ovenfor omtalte fundamentale krav er opfyldt. Derimod er det ikke afgørende, om
10 strømfordelingen sikres på den ene eller den anden af de ovenfor omtalte måder.

Elementerne i kontakt med anolyt og chlor, anoderingene 1 og 13 samt de lavere dele af dekomponeringsringene 2 og 14, membranringene 17 og 19 samt de nødvendige pakninger,
15 der ikke er vist af hensyn til overskueligheden, må være fremstillet af et sådant materiale og have en sådan konstruktion, at de er bestandige i det korroderende miljø. Desuden må konstruktion og boltning være af en sådan art, at der ikke forekommer kortslutning, selv hvis beskyttelsesmateriale
20 skulle svigte. Det foretrækkes derfor, at alle disse elementer konstrueres af ikke-ledende materialer i stedet for overtrukne metaller. Egnede materialer er fluor-carbon-forbindelser, polyolefiner med høj rumvægt, visse polyestere samt til materialer, der kun vender ud mod dekomponeringsafdelingen, epoxyharpikser. Strømtilførselsorganerne 12, den
25 indre rand af 2 og den ydre rand af 14 består af metalliske og amalgam-befugtelige materialer, fortrinsvis af jern eller nikkel. Det er ønskeligt at hindre gennemsivning af opløsningen langs kviksølvet ved dekomponeringsringene samt dårlig
30 elektrisk kontakt for organerne 12.

Båndet af grafitmateriale 11 fungerer som et særdeles effektivt dekomponeringselement, men det kan også være fordelagtigt at arbejde med grafitrør rundt om organerne 12. Andre former for grafit anbragt rundt om disse organer kan
35 også være hensigtsmæssig. Det er imidlertid særlig fordelagtigt at arbejde med grafitmateriale, der er viklet rundt om

organerne 12 på en sådan måde, at der dannes strømningskanaler, hvorved strømmingen og blandingen af vand og natriumhydroxidopløsning lettes, og lagdannelse og dårlig dekomponering undgås. Vandtilførselsrøret 3 og røret 15 til natriumhydroxidopløsning og hydrogen er gængse rør eller ledninger, 5 der enten er fremstillet af egnet isolerende materiale eller er forsynet med egnede isolerende fastgørelseselementer.

Saltvandstilførselsrøret 7 er udstyret med en strømningsregulerende anordning 6, således at der tilføres hvert 10 element en passende mængde elektrolyt. Denne anolytregulator 6 kan simpelt hen bestå af en åbning med en passende størrelse eller en kontrolventil sammen med en gennemstrømningsmåler. Hvis en stabel af disse elementer fødes fra en fælles hovedledning, ert det fordelagtigt at regulere strømmingen 15 og om ønsket at måle denne ved hjælp af et strømningsregulerende system, der er udformet således, at der tilføres en konstant brøkdel af den totale strømning til en række lodret anbragte beholdere.

Strømmingen i hver af de enkelte elektrolyseenheder 20 skal være ensartet på trods af de forskellige hydrostatiske tryk, der findes op langs cellestabelen. Dette kan tilvejebringes ved forskellige fordelingsorganer, f.eks. individuelle fødebeholdere, der opfyldes efter et tidsskema, sammen med strømningsregulerende åbninger.

En foretrukken fremgangsmåde til opretholdelse af 25 kontrolleret og praktisk taget ensartet volumenstrømning af saltvand i hver af saltvandsstrømmene på trods af forskelle i hydrostatisk tryk fås ved, at man sender hver strøm lodret opad i et rør med konusformet hulhed. I dette rør findes en 30 rotor eller flyder, der holdes oppe i den løbende strøm. Gravitationskraften på rotoren (minus opdriften) afbalanceres så af en lige så stor og modsatrettet kraft, som den løbende strøm udøver på rotoren. Denne kraft er uafhængig af strømningshastigheden og lig med trykdifferensen gange det maksimale tværsnitsareal af rotoren. Trykdifferensen er derfor 35 også uafhængig af strømningshastigheden.

Flyderen er et aksialsymmetrisk legeme, der enten er en kugle eller (fortrinsvis) et legeme, hvis tyngdepunkt ligger kendeligt under tværsnittet med det maksimale areal. Den er udformet således, at den er selvcentrerende i den løbende strøm, og dens facon er som faconen af et tegnelod. Flyderens lodrette stilling i det koniske rør varierer med strømningshastigheden. Når stillingen måles i lineær skala som mål for denne strømning, kendes apparatet som et rotameter.

Mellem parametrene for dette apparat findes følgende relationer:

$$S_f \Delta P = v_f (d_f - d) \quad (1)$$

$$q/S = C \left[\frac{2g v_f (d_f - d)}{S_f d} \right]^{1/2} \quad (2)$$

hvor:

ΔP er trykdifferensen,
 S_f er flyderens maksimale tværsnitsareal,
 v_f er flyderens volumen,
 d_f er flyderens rumvægt,
 d er væskens rumvægt,
 C er en åbningskonstant,
 g er gravitationskonstanten,
 S er arealet af det ringformede område mellem flyderen og rørvæggen ved det maksimale tværsnit, og
 q er volumen hastigheden for strømningen.

Disse ligninger viser, at trykdifferensen ΔP , der hidrører fra strømningen, kan reguleres ved valg af flyderparametren, $v_f (d_f - d)/S_f$, dvs. ved passende valg af flydergeometri og tilsyneladende rumvægt, der tilsammen betegnes som specifik vægt.

Denne opfindelse anvendes på følgende måde til oprettholdelse af samme strømning i de forskellige strømme. De forskellige strømme betegnes med 1, 2, 3, ..., n, og de hydrostatiske tryk betegnes $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$, hvor mærketallene

henviser til strømnumrene. Flyderparametren indstilles som ovenfor omtalt for flyderen i hver strøm, således at trykdifferenserne $\Delta P_1, \Delta P_2, \Delta P_3, \dots, \Delta P_n$ tilfredsstillers ligningen:

$$P_1 + \Delta P_1 = p_2 + \Delta P_2 = p_3 + \Delta P_3 = \dots = p_n + \Delta P_n.$$

5

Ved den ovenfor angivne indstilling af flyderparametrene bliver strømningsfordelingen ensartet uafhængigt af totalstrømningen af saltvand til systemet.

I ovenstående beskrivelse af dette aspekt af den foreliggende opfindelse arbejdes med en ensartet strømning af saltvand i de forskellige strøme, og strømmingen i de forskellige rør går opad mod den nedadrettede kraft ved en flyder, der er tungere end væsken. Det er imidlertid muligt at anvende opfindelsen til opretholdelse af et fastlagt forhold mellem strømmingerne i de forskellige strøme, som ikke er ens, ved hjælp af passende udformede og afvejede flydere. Et organ til indstilling af strømningsforholdet mellem strømmene, f.eks. en ventil i hver strøm, kan anvendes sammen med flyderkontrolorganet, og derved kan man opretholde strømningsforholdet mellem strømmene, som er indstillet ved hjælp af en ventil, uafhængigt af den totale strømning fra hovedledningen. På tilsvarende måde kan man anvende en flyder, som har en mindre rumvægt end væsken. I dette tilfælde bevæger væsken sig nedad i det konusformede rør, idet konusen i røret udvider sig nedad, og flyderens tyngdepunkt findes over tværsnittet med maksimalt areal.

En ekstra fordel ved dette strømningsreguleringssystem består i, at flyderens lodrette position bestemmes af det ringformede areal S og volumenstrømningen q under forudsætning af, at alle parametre på højresiden af ligning (2) er konstante. Ved variation af trykket P_1 ved det fælles tilførselsrør er det muligt at tilvejebringe en proportional ændring i strømningshastigheden for væskestrømmen til hver celle under opretholdelse af de hydrostatiske trykdifferenser. Ved chlor/natriumhydroxid-fremstilling er det særdeles fordelagtigt, at man kan regulere strømmingen af opløsningen

proportionalt til de enkelte celler ved hjælp af en reguleringsanordning i en fælles tilførringsledning. Årsagen hertil er den, at fleksibilitet i produktionen er væsentlig, således at man kan møde fluktuationer i behovet uden anvendelse af

5 særdeles store lagerbeholdere. Om ønsket kan disse strømningsafbalancerende anordninger anvendes som strømningsfølere og kobles med et kapacitivt eller induktivt stillingsfølsomt måleorgan.

Dette strømningsreguleringssystem kan også med fordel

10 anvendes i andre systemer end de her omhandlede chlorceller. De kan anvendes generelt til ethvert system, hvor en mangfoldighed af fødeledninger udgår fra en fælles hovedledning, og hvor man ønsker at opretholde samme eller proportional strømning mellem de mange fødestrømme trods variationer i

15 trykket i hovedledningen.

Anolytöverstrømningsrøret 18 skal være så højt, at det hydrostatiske tryk hidrørende fra dets højde kompenserer for vægten af kviksølvet, membranen og natriumhydroxidopløsningen og tilvejebringer en kraft, der er tilstrækkelig til

20 at holde membranen A fast trykket op mod bunden af organerne 12. Membranen A er vist som en plan film, men den kan med fordel være udformet således, at den har et forøget overfladeareal, med foldninger eller forsænkninger, således at grænsefladen mellem membranen og kviksølvet forøges. Herved

25 mindskes den elektriske modstand af grænsefladen og membranen selv, og kviksølv mængden i systemet reduceres ligeledes. Det af røret 18 tilvejebragte hydrostatiske tryk bør fortrinsvis være mindst 5,5 cm vandsøjle større end det, der kræves til hydraulisk balance. Anolytrørene skal også være

30 udformet således, at de er elektrisk isolerende. De med cellen forbundne rør kan naturligvis helt eller delvis erstattes med passager inde i cellestrukturen.

I fig. 2 betegner 20 cellehuset, 21 er en anode, og 22 og 23 er pakninger. Alle andre elementer i den i fig. 2

35 viste celle fungerer som de tilsvarende elementer i fig. 1. Sammen med strømtilførselsorganerne opfylder anoden 21 samme

funktion som anoden 8 og strømtilførselsorganerne 12 i fig. 1, men bortløbet af flydende chlor foregår lettere.

I fig. 2 vises to alternative anodekonstruktioner. Til venstre er de øverste del af strømtilførselsorganerne 5 21' gjort bredere, således at de danner en knap. Herved fås en anode bestående af en lang række små stykker med mellem-liggende kanaler til bortløb af det flydende chlor. Naturligvis kan mere end et strømtilførselsorgan være forbundet med en enkelt knap, og strømtilførselsorganet kan også føres 10 gennem toppen af cellehuset, således at knappen udelukkende findes oven på cellehuset, medens figuren viser en udførelsesform, hvor knappen går gennem toppen af cellehuset. Denne konstruktion har en række fordele, idet man ved apparatfremstillingen kan anvende støbeteknik, tråd- og gevindskæremaskine-metalbearbejdningsteknik, og desuden kan man anvende 15 skøre anodematerialer, der ikke uden vanskelighed kan udformes som en stor tynd overflade. På denne måde bliver det muligt at foretage et udvalg af en bred klasse materialer. Endvidere kan strømtilførselsorganet og knappen bestå af 20 samme materiale eller to helt forskellige materialer.

Den til højre viste anodeudformning, hvor anoden er en perforeret plade 21", kan fremstilles under anvendelse af en anden fabrikationsteknik. Perforerede plader, skærme eller metalgitre kan forbindes elektrisk til strømtilførselsorganerne, idet man enten lader hvert strømtilførselsorgan 25 gå gennem toppen i cellehuset eller forener adskillige strømtilførselsorganer med hinanden inde i dekomponeringsafdelingen og kun bringer en enkelt forbindelse fra et sådant bundt op til anodepladen. Ved anbringelse af anodepladen i nogen 30 afstand fra toppen af cellehuset tilvejebringes plads til det flydende chlor.

Topfladen af henholdsvis knapperne og anodepladen må have en sådan konfiguration, at det flydende chlor ikke dækker denne, men løber af og bevæger sig nedad på toppen 35 af cellehuset. Af hensyn til korrosionsbestandigheden er det fordelagtigt at beskytte toppen af cellehuset med et

lag fluorcarbon-materiale, der er holdt på plads af skuldre på ledeskinnerne eller knapperne.

Pakningerne 22 og 23 forsegler den polymere membran til cellehuset og nabostillede huse til hinanden. Når man anvender perfluorsulfonsyre-polymere som membran, er det muligt at forsegle dette materiale til andre fluorcarbon-materialer eller lade kanten blive i sulfonylfluorid-form og opbygge pakningsstrukturer på denne måde. På lignende måde kan dette materiale eller dets sulfonylfluorid-form anvendes, som det er, eller knyttet til fluorcarbonbindinger i andre cellekomponenter. Herved tilvejebringes en lang række former for fastgørelseselementer og korrosionsbeskyttelse.

Kanalkonstruktionen i fig. 2 er noget forskellig fra kanalkonstruktionen vist i fig. 1. Dette skyldes, at cellen i fig. 1 er beregnet til fremstilling af chlor opløst under tryk, medens cellen i fig.2 er udformet til fremstilling af flydende chlor, der skal løbe frit gennem huller eller kanaler i anoden langs toppen af cellehuset og ned i den indre kanalstruktur.

I fig. 3 er 24 et diafragma, 25 er en anodeskærm, 26 er en anodepande, og 27 en udgang for anolyt og anodegas.

Cellen vist i fig. 3 er i en række henseender identisk med cellen vist i fig. 1, men den har en helt anden anodekonstruktion. Når man eksempelvis elektrolyserer natriumsulfatopløsning til fremstilling af natriumhydroxidopløsning, svovlsyre, hydrogen og oxygen, er anodegassen, oxygen, hverken opløselig eller kondenserbar under praktiske driftsbetingelser inde i en celle. Når man derfor gennemfører en sådan elektrolyse, kan man enten acceptere ulemper fra gasbobler i anolytten, der kræver en hurtig passage af anolytten til bortfejning af gasbobler fra cellen, men alligevel fører til en større cellemodstand, eller arbejde med en celle med en sammensat membran ved katoden samt en diafragma-beskyttet anode med afløb, der gør den mellemliggende elektrolyt praktisk taget fri for gasbobler. Elektrolytten kan enten perku-

lere fuldstændigt gennem anodediafragmaet, eller den kan cirkuleres partielt gennem cellen, medens en del får lov at strømme gennem diafragmaet. Dette kan reguleres ved valg af et diafragma med passende gennemstrømningsmodstand samt ved 5 regulering af trykdifferensen mellem hovedelektrolytstrømmen og gasfasen i anodepanden på kendt måde.

Diafragmaet kan erstattes af en anion-permeabel membran eller en anion-permeabel membran, således at anolytten ved natriumsulfatelektrolysen hovedsagelig indeholder 10 svovlsyre samt en minimal mængde natriumsulfat, der udtages ved anoden, snarere end en blanding af svovlsyre og natriumsulfat. Den cirkulerende natriumsulfatstrøm kan derpå simpelt hen genmættes uden anvendelse af et ydre krystallisationstrin til adskillelse af natriumsulfat fra svovlsyre. Eftersom en 15 af hovedanvendelserne af natriumsulfatelektrolyse er gendannelse af rayon-spindebade, kan en sådan krystallisation udføres ved cirkulation af opløsningen fra cellen gennem spindebads-genvindingen.

En celle af denne art kan også anvendes til elektrolyse af natriumchlorid, når man vælger et passende diafragma 20 og passende anodematerialer, og i dette tilfælde kan cellen praktisk taget arbejde ved atmosfæretryk.

Selv om fig. 3 viser en skærmanode, kan man lige så godt arbejde med andre anoder med dræn, hvilket muliggør 25 anvendelse af materialer, såsom bly/sølv-legering og magnetit.

I fig. 4 er 1 en trykskal, 2 er en fordeler for natriumhydroxidopløsningen eller vand, 3 er en tilførselsledning for natriumhydroxidopløsning eller vand, 4 er en fleksibel 30 katodeledeskinne, 5 er et tilførselsrør for natriumhydroxidopløsning eller vand, 6 er en isolerende trykvæske, 7 er et katodeendedæksel, 8 er en anolyt-hovedtilførselsledning, 9 er en anolytregulator, 10 er en anolytfraskillelseskerne, 11 er et celleelement, 12 er et anolytverstrømningsrør, 13 35 er en isolerende ring, 14 er en anolyt-tilførselsledning, 15 er et anodeendedæksel, 16 er et udgangsrør for natrium-

hydroxidopløsning og hydrogen, 17 er et udgangsrør for anolyt og chlor, 18 er en katodisk ensretterledeskinne, og 19 er en anodisk ensretterledeskinne.

Denne figur viser skematisk et snit af en stabel
5 celleelementer, der fremstiller chlor som flydende eller opløst gas. Bunden af stablen er endeanoden, der også er udstyret med hovedparten af rørforbindelserne, dog ikke alle, eftersom vand- eller natriumhydroxidopløsning-ledningen 3 også kan indbygges i basis.

10 Denne basis er også forbundet til den positive ende af ensretteren. Anbragt over stablen og tryktæt fastgjort til basis findes trykskallen 1, og området mellem trykskallen og cellestabilen er opfyldt med isolerende trykvæske 6. På
15 toppen af cellestabilen findes katodeendedækslet 7. Dette endedæksel er ved hjælp af fleksible ledeskinner forbundet til skallen 1, der virker som lodret ledeskinne og fører den negative strøm fra ensretteren, som er forbundet til kappens nederste del, til toppen af cellestabilen. På cellestabilens
20 top findes fordeleren 2 for vand eller natriumhydroxidopløsning, som forsyner dekomponeringsafdelingerne i hvert element. I hver dekomponeringsafdeling er der et relativt stort volumen til væske, således at en diskontinuerlig tilførsel kan accepteres, når blot den gennemsnitlige fødemængde er
25 nøjagtig. Måling af den totale strøm 3 til stablen samt nøjagtig fordeling ved hjælp af et organ, såsom en roterende ventil, plungerpumper med lille gang osv., er derfor hensigtsmæssig. Fordelingsorganet bør være anbragt oven på
30 stablen, således at de enkelte tilførselsrør tømmes ned i dekomponeringsafdelingerne. Herved undgås eventuelle lækager gennem tilførselsrørene 5. Hvis den isolerende væske 6 sikrer
fuldstændig isolering, kan trykskallen bortset fra den isolerende ring 13 helt bestå af metal. Faren for lækage fra
cellestabilen er imidlertid altid til stede på trods af trykbalancen mellem cellestabilen og væsken 6, og en større kortslutning kan forekomme. Derfor er det fordelagtigt at beklæde
35 den indre overflade på trykskallen 1 med et passende isola-

tionsmateriale, f.eks. gummi eller ethvert andet plastisk materiale, der er foreneligt med væsken 6 og driftstemperaturen. Desuden skal området ved bunden af skallen og toppen af anodeendedækslet 15 skærmes på lækagetæt måde med ringen 5 13, eftersom den totale spændingsdifferens for stablen findes ved dette punkt.

Den ovenfor beskrevne skalkonfiguration er udformet under forudsætning af, at hovedeffekten fra ensretteren eller en anden jævnstrømskilde ligger ved eller nær jordniveau. Skulle dette ikke være tilfældet, kan den isolerende forbindelse i skallen findes, hvor som helst op langs skallen, og i så fald anbringes strømforbindelserne på hver side af den isolerende forbindelse.

I fig. 5 er 1 en køler eller varmegenvindingsenhed, 15 2 er en cellestabel, 3 er en anolytcirkulationspumpe, 4 er en køler til brugt anolyt, 5 er et genmættelsesapparat, 6 er et chlordekanteringsorgan, 7 er et dechloreringssystem, 8 er et chlortørringssystem, 9 er en opslæmningstank, 10 er en opslæmningpumpe, 11 er et salttilføringsorgan, 12 er en 20 ledning til chlorproduktet, 13 er en ledning til udtapning af anolytten, og 14 er en returledning til rensed udtappet anolyt.

Fig. 5 viser skematisk et driftsdiagram for saltvands- og chlorsystemerne til en eller flere cellestabler, hvor 25 der fremstilles flydende chlor direkte i cellerne. Arbejdsgangen ved fremgangsmåden illustreret i dette driftsdiagram fremgår direkte af figuren og omfatter følgende: Den brugte anolyt går fra cellen 2 ind i varmeveksleren 4, hvor dens temperatur reduceres. Den afkølede anolyt går derpå ind i genmættelsesapparatet 5, hvor saltindholdet forøges. Derpå 30 går anolytten ind i chlordekanteringsorganet 6, fra hvilket hovedparten af anolytten recirkuleres gennem pumpen 3 og tilbage til cellen 2. En del af anolytten fra chlordekanteringsorganet 6 går ind i dechloreringssystemet 7, fra hvilket 35 den udtages gennem ledningen 13. Den rensede anolyt går via ledningen 14 til opslæmningstanken 9, til hvilken salt til-

føres med organet 11, og derefter sendes salt og rensat anolyt til genmættelsesapparatet 5 ved hjælp af opslæmningspumpen 10. Det fra chlordekanteringsorganet 6 og dechloreringsystemet 7 kommende chlor sendes gennem chlortørrings-
5 systemet 8, hvorfra det udtages gennem ledningen 12. Varmeoverførselsvæsken fra cellen 2 går gennem varmeveksleren 1 og anolytkøleren 4, fra hvilken den sendes tilbage til cellestabilen 2.

Den teoretiske dekomponeringsspænding for natriumchlorid er ca. 2,3 volt, og pr. element arbejder en stabel i
10 praksis ved en spænding, der er ca. 2 volt større end denne teoretiske spænding. Denne overspænding fører til varmeudvikling og svarer til en effektudvikling på ca. 60 kW pr. ton chlor pr. dag. Det meste af denne varme vil vise sig ved en
15 temperaturstigning i den cirkulerende elektrolyt og i den dannede natriumhydroxidopløsning; der vil også vise sig en temperaturstigning i den isolerende væske i fig. 4. Denne varme må fjernes. Dette kan ske ved hjælp af simpel varmeudveksling, og varmen kan overføres til luft eller vand. Hvis
20 der imidlertid findes en passende forskel i temperatur mellem driftstemperaturen og temperaturen for varmedrænet, kan en væsentlig mængde af den elektriske energi, der overstiger den teoretisk krævede, genvindes til kraftfremstilling, procesvarme, afsaltning af vand og lignende. Til kraftfrem-
25 stilling er det fordelagtigt at anvende en væske, såsom Freon, hvis kogedata for temperatur og tryk ligger tæt ved betingelserne i cellestabilen. Herved fungerer kølerne og cellestabilen som en kedel. Den kogende isolerende væske kan anvendes til drift af en turbine, hvorefter væsken kondenseres og returneres til kølerne 4. På den anden side er
30 destilleret vand helt tilfredsstillende som isolerende væske.

Flydende chlor har en usædvanlig stor termisk ekspansionskoefficient. Ved stuetemperatur er flydende chlor langt
35 tungere end anolytten, men ved højere temperatur bliver

chlors massefylde mindre og nærmer sig værdien for anolytten, og den kan endog blive mindre end denne.

Chloret må derfor skilles fra anolytten enten ved dekantering under anolytten eller ved fjernelse ved toppen af anolytten. Temperaturen i dekanteringsorganet, der eventuelt må reguleres, bør være således, at man er sikker på, at der er en til adskillelsen passende forskel i massefylde. På grund af chlors opførsel må man også sikre, at cellekonfiguration og -drift er således, at man undgår, at chloret dækker membranerne, når chloret er lettere end elektrolytten, samt at chloret oversvømmer anoden, når chloret er tungere end elektrolytten.

Det i fig. 5 viste dechloreringssystem 7 er et system, der tillader udtapning af en relativt lille andel af den recirkulerende anolyt. Dette har to formål: For det første kan man således holde urenhederne på et acceptabelt niveau, og for det andet anvendes den aftappede andel til opslæmning af saltfødemængden til systemet. Anolyttens cirkulationshastighed kan ligge mellem ca. 19 og ca. 38 liter pr. minut pr. ton chlor pr. dag, medens den afdelte strøm er på mellem ca. 1 og ca. 2 liter pr. minut. Dechloreringen under tryk foretages ved opvarmning af den afgrenede strøm under anvendelse af egnede varmevekslingsorganer til genvindelse af varmen. Hvis der findes et lille behov for gasformigt chlor, f.eks. til fremstilling af hypochlorit eller saltsyre, kan dechloreringen foregå ved trykaflastning af den afgrenede strøm til atmosfæretryk efterfulgt af dechlorering ved luftgennemblæsning eller ved vakuum på gængs måde.

I fig. 6 er 1 en køler eller en varmegenvindingsenhed, 2 er en cellestabel, 3 er en anolytkøler, 4 er et genmættelsesapparat, 5 er en ekspansionsmotor, 6 er en chlorseparator af trykaflastningstypen, 7 er en anolytcirkulationspumpe, 8 er et dechloreringssystem, 9 er en chlorkondensator, 10 er et chlortørringssystem, 11 er en opslæmningspumpe, 12 er en opslæmningstank, 13 er et salttilførselsorgan, 14 er en returledning til rensed udtappet anolyt, 15

er en ledning til chlorproduktet, og 16 er en ledning til udtapning af anolyt.

Driften af dette anlæg kan kort summeres på følgende måde: Den brugte anolyt går ind i genmættelsesapparatet 4 og derpå til ekspansionsmotoren 5, som drives af anolytten, når denne strømmer til afspændingsseparatoren 6. Den store andel af anolytten går fra separatoren 6 til anolytrecirkulationspumpen 7, som pumper anolytten ind i anolytkøleren 3 og tilbage til cellestabilen 2. En mindre andel af den fraskilte anolyt går ind i dechloreringssystemet 8, fra hvilket den udtages fra systemet gennem ledningen 16. Chloret fra separatoren 6 og fra dechloreringssystemet 8 går til en chlorkondensator 9, et chlortørringssystem 10 og går som produkt ud af systemet gennem ledningen 15. Renset anolyt 14 og salt 13 føres til opslæmningstanken 12 og pumpes af pumpen 11 til genmættelsesapparatet 4. En elektrisk isolerende varmeoverføringsvæske pumpes gennem cellestabilen 2 ind i en varmeoverføringsenhed 1, fra hvilken den sendes gennem anolytkøleren og tilbage til cellestabilen.

Dette strømningsdiagram svarer til det i fig. 5 viste diagram, bortset fra at det anvendes ved drift af en celle, hvor hele chlorproduktionen forlader cellen som en opløst gas. Chlorproduktet fås, når trykket over den brugte anolyt reduceres fra driftstrykket i cellen, og herved udvikles gasformigt chlor i relativt direkte forhold til forholdet mellem driftstrykket og trykket i chlorseparatoren 6. Da det i chlorseparatoren 6 fraskilte chlor er varmt og fugtigt og findes under et vist tryk, kan det kondenseres ved afkøling. Det er fordelagtigt at gennemføre trykaflastningen ved et tryk, der er større end 7,0 atm, således at man kan udnytte normalt tilgængeligt kølevand.

Eftersom særdeles store anolytmængder må pumpes fra aflastningstryk til driftstryk, er denne udførelsesform særdeles energiforbrugende. Det er fordelagtigt at genvinde en stor del af denne energi ved trykaflastning af den brugte

analyt og det fremstillede chlor gennem en ekspansionsmotor
5.

Ved anlæg med driftsdiagrammer ifølge fig. 5 og 6 fremstilles vådt, flydende chlor. Dette flydende chlor kan
5 om nødvendigt vaskes frit for medrevet salt og derpå tørres. Ved gængs praksis er det af betydning, at chloret tørres således, at dets fugtighedsindhold er i ligevægt med ca. 95%'s svovlsyre ved 15,6°C, da stålmaterialerne anvendt til rør og beholdere til det flydende chlor ellers vil korrodere.

10 Det til systemet førte salt bør sædvanligvis renses og opberedes på stedet. Det tilførte salt bør fortrinsvis være relativt fint, således at det går hurtigt i opløsning, ellers kan saltkrystaller gå ind i cellerne og nedbryde membranerne.

15 I fig. 7 er 1 en cellestabel, 2 er en køler til alkalimetahydroxidopløsning, der eventuelt er forbundet med et (ikke-vist) varmegenvindelsessystem, 3 er en hydroxidseparator, 4 er en hydroxidcirkulationspumpe, 5 er en trykaflastningsseparator-tank til hydroxidopløsningen, 6 er en hydrogen-
20 køler, 7 er et kviksølvfjernelsessystem, 8 er en vakuumafgasningskedel til hydroxidopløsningen, 9 er en vakuumpumpe, 10 er en hydrogenstrøm, 11 er en genvunden hydrogenstrøm, 12 er en strøm af hydroxidopløsning, og 13 er en vandstrøm.

Hydrogen og hydroxidopløsning fjernes sammen fra
25 cellestabilen og skilles i separatorens 3. Da hydrogen kun er lidet opløseligt i hydroxidopløsningen, vil hovedparten af hydrogenet fraskilles som en varm gas under tryk. Efter afkøling af denne varme gas i køleren 6 formindskes den kolde gas's kviksølvindhold, som allerede er særdeles lavt,
30 fordi hydrogenet er under tryk, yderligere, og det kondenserede kviksølv genvindes. Den meget lille mængde kviksølv damp i det kolde hydrogen under tryk kan endvidere fjernes i systemet 7 på kendt måde, f.eks. ved vask med chlorvand, adsorption og lignende. Da systemet i modsætning til de
35 gængse kviksølvceller arbejder i et fuldstændigt indkapslet apparatur, og da kviksølvindholdet i hydrogenet er omvendt

proportionalt med det tryk, ved hvilket hydrogenet dannes, mineraliseres den kviksølvforurening, der forekommer eller må modarbejdes, med en faktor 10 eller mere. Hydrogenstrømmen 10 vil ikke længere udøve nogen økologisk skadelige virkninger på grund af den effektive kviksølvfjernelse. Det skal 5 også bemærkes, at chloret fremstilles uden nærværelse af ukondenserbar gas, og derfor findes ingen snøftegas, som skal udluftes eller behandles.

Efter fraskillelsen i separatoren 3 recirkuleres 10 hovedparten af hydroxidopløsningen til afkøling i køleren 2. Dette kølesystem samt det i fig. 5 og 6 viste kølesystem kan arbejde på forskellig måde afhængigt af de ønskede resultater. Man kan enten simpelt hen afkøle hydroxidopløsningen og således fjerne varmen eller fjerne varmen fra hydroxidop- 15 løsningen på en sådan måde, at hydroxidopløsningsstrømmen har en højere temperatur end saltopløsningen og således tilvejebringe en vis varmegenvinding, hvilket ikke er tilfældet ved simpel afkøling. Nettoforøgelsen af hydroxidopløsning i systemet, dvs. nettoproduktionen, strømmer fra separatoren 3 til afspændingstanken 5, hvor der foregår en tryk- 20 aflastning til næsten atmosfærisk tryk. Opløst hydrogen samt små hydrogenbobler forlader hydroxidopløsningen på dette tidspunkt. Afhængigt af systemets udformning kan delt hydrogen, der forlader afspændingstanken 5, være kviksølv- 25 frit, og i så tilfælde er det ikke nødvendigt at underkaste hydrogenet anden behandling end fjernelse af små dråber natriumhydroxidopløsning, men hydrogenet kan også indeholde nogen kviksølvurenheder, og i så fald kan hydrogenet behandles parallelt med hovedhydrogenstrømmen fra separatoren 30 3. Hydrogen har en tilbøjelighed til at forblive suspenderet som særdeles små bobler i hydroxidopløsning, når hydrogentrykket ophæves, og det kan derfor være ønskværdigt at fjerne de resterende hydrogenbobler fra hydroxidopløsningen ved vakuum i beholderen 8. Denne lille hydrogenmængde, der pumpes 35 fra hydroxidopløsningen i dette trin, kan forenes med hydrogenstrømmen fra tanken 5 og om nødvendigt efterbehandles.

Den fra beholderen 8 kommende hydroxidopløsning kan derpå sendes direkte til opbevaring uden risiko for hydrogenekspllosioner i lagertankene.

Systemet kan arbejde inden for et stort temperatur- og trykomsråde, således at man kan fremstille flydende eller opløst chlor i overensstemmelse med de fysiske omstændigheder. Inden for området af mulige driftsbetingelser vælges et specielt tryk og en speciel temperatur ved afvejning af økonomiske faktorer under anvendelse af velkendt optimeringsteknik. Eksempler på temperatur- og trykomsrådet ved fremstilling af flydende chlor er fra ca. 7,0 til ca. 70 atm. ved fra ca. 15,6 til ca. 132,2°C eller fra ca. 21,1 til ca. 45,7 atm. ved temperaturer mellem ca. 65,5 og ca. 107,2°C.

Som følge af økonomiske betragtninger gennemføres fremgangsmåden sædvanligvis ved en temperatur, der er større end temperaturen for et tilgængeligt varmedræn. I gængs industriel praksis er denne 27°C. Dette betyder, at en celle, der fremstiller flydende chlor, skal arbejde ved et tryk større end 7,0 atm, samt at afspændingstrykket, når der arbejdes med et system, hvor chloret udelukkende fremstilles som en opløst gas, heller ikke bør være lavere end 7,0 atm, når chloret skal bringes på flydende form uden mekanisk afkøling.

De øvre grænser for tryk og temperatur bestemmes atter i hovedsagen af økonomiske hensyn. Den øvre grænse for flydende chlor er naturligvis chlors kritiske temperatur. Ved særdeles høje tryk bliver apparaturet uforholdsmæssigt kostbart, og derfor vil man ikke normalt arbejde ved et tryk større end 70 atm. De mulige driftstemperaturer inden for disse trykgrænser kan bestemmes fra velkendte data. Mulighederne for varmegenvinding fra systemet forøges, når man arbejder ved høj temperatur, således at der fås en god temperaturdifferens mellem saltvand og hydroxidopløsning og varmedræn. Når der fremstilles flydende chlor direkte i cellen, skal man tage særlig hensyn til kogepunktskurven for flydende chlor. Når der fremstilles opløst chlor i cel-

len, skal man tage hensyn til, at opløseligheden af chlor formindskes med stigende saltkoncentration og temperatur, medens den forøges med stigende tryk. Jo større trykdifferens mellem celle og afspændingsseparator, desto mere chlor kan der fremstilles pr. enhed saltopløsningsstrøm pr. gennemløb. Jo større saltkoncentration, desto lavere chlorproduktion pr. saltvandsopløsningspassage. Jo større driftstemperatur for cellen, desto mindre chlor vil der være opløst i saltvandet, men desto mere varme kan genvindes. Standardoptimeringsteknik sammen med kendte data for kogepunkt og opløselighed af chlor kan anvendes til beregning af driftsbetingelser i hvert enkelt tilfælde.

Alle gængse chlorceller må anbringes i bygninger, fordi de ikke i praksis kan drives udendørs. Cellerne ifølge opfindelsen kan arbejde udendørs i næsten ethvert klima, og bygningsomkostningerne spares. Celleudformningen ifølge opfindelsen kræver hverken ledeskinner fra element til element eller fordelingsledeskinner ved hvert element, og herved undgås fuldstændigt tilstedeværelse af kobber- eller aluminiumledeskinner rundt om cellerne. Herved tilvejebringes ikke blot kapitalbesparelser, men man undgår en af de vigtigste vedligeholdelsesudgifter på en almindelig chlorfabrik.

I ovenstående beskrivelse af opfindelsen har man særlig omtalt elektrolyse af natriumchlorid og natriumsulfat, hvorved der i begge tilfælde fremstilles natriumhydroxidopløsning og hydrogen. Opfindelsen er imidlertid ikke begrænset til fremstilling af natriumhydroxidopløsning og hydrogen. Opløsninger indeholdende andre ioner, især de tilsvarende kaliumionopløsninger, kan elektrolyseres på lignende måde. Den her omhandlede opfindelse kan generelt anvendes til forbindelser, der kan elektrolyseres i gængse kviksølvkato-deceller. Den er også nyttig ved andre kendte elektrolytiske fremgangsmåder, hvor der behandles opløsninger indeholdende alkalimetalioner. Man må naturligvis undgå anolytter (eller urenheder eller interfererende ioner i disse) samt dekomponeringsmedier, der er kendt for at interferere med den rette

funktion af den elektrolytiske proces. Dekomponeringsafdelingen kan endvidere, undertiden uden dekomponeringsgrafit, anvendes ved fremstilling af natriumsulfid under anvendelse af natriumpolysulfid som dekomponeringsmedium, til fremstilling af natriumdithionit ved anvendelse af svovldioxidopløsninger som dekomponeringsmedium, til fremstilling af alkoholer, til forskellige organiske reduktioner, dimerisationer samt lignende reaktioner.

Ved omhyggelig regulering af strømudbytteforholdene, således at man undgår oxidation af metalkomponenten i den sammensatte membran, er det ligeledes muligt at anvende denne metalkomponent som en bipolar elektrode, og således gennemføre endnu et reaktionstrin mellem en slutelektrode inde i dekomponeringskammeret og den anioniske side af den nu bipolare metalkomponent i den sammensatte membran. Et eksempel på sådan en reaktion er fremstilling af natrium. Det skal endvidere fremhæves, at selv om kviksølvlaget altid er omtalt som stationært, udelukker dette ikke muligheden for at arbejde med cirkulerende kviksølv fra den sammensatte membran.

I det følgende illustreres opfindelsen nærmere ved en række eksempler.

Disse eksempler gennemføres i celler indeholdende en platiniseret titananode anbragt over for en sammensat membran med praktisk taget mættet saltopløsning strømmende mellem anoden og den sammensatte membran. Det fremstillede chlor fjernes fra cellen med saltvandsstrømmen. Den sammensatte membran består af en "Nafion"-perfluorsulfonsyremembran fremstillet ud fra en copolymer af tetrafluorethylen og en vinyl ether med formlen $\text{FSO}_2\text{CF}_2\text{CF}_2\text{OCF}(\text{CF}_3)\text{CF}_2\text{OCF}=\text{CF}_2$ ved gængs termoplast-teknik efterfulgt af omdannelse af den fremspringende sulfonylfluoridgruppe til syren, hvor den dannede copolymer har en ækvivalentvægt i området fra 950 til 1350 (fremstillet af E.I. du Pont de Nemours & Co., Inc.) med et ovenstående lag kviksølv. Kviksølv mængden er tilstrækkelig til at dække den polymere membran fuldstændigt,

idet man sørger for, at alle folder eller forhøjninger i den polymere membran også dækkes. Kviksølvet i den sammensatte membran er i kontakt med grafitelementer, og vand sendes over kviksølvet til fremstilling af hydroxidopløsning og hydrogen over den sammensatte membran. På grund af membranens opkvældning enten hidrørende fra opløsningsmidlet eller elektrolytten, er membranens overflade i alle eksempler trykket ind i kviksølvet, fordi trykket på saltopløsningen er større end vægten af kviksølvet og hydroxidopløsningen over membranen. Den totale celleoverflade er ca. 1 dm² (ca. 5 x 20 cm). Vandstrømningen gennem dekomponeringsafdelingen varieres, således at der fremstilles hydroxidopløsninger i forskellige koncentrationer fra mindre end 10% til mere end 50%. Som følge heraf konstateres ingen virkning på cellens drift.

Eksempel 1

En celle arbejder ved atmosfæretryk med en polymer membran med en nominel tykkelse på 0,05 mm. Strømningshastigheden for saltopløsningen er ca. 15,5 liter pr. minut. Cellespændingen er 4,9 volt ved 50 ampere og 6,6 volt ved 80 ampere. Strømningshastigheden for saltvandet forøges til 24,2 liter pr. minut. Herved forøges bortfejningen af gas fra cellen, og spændingen falder til 6,0 volt ved 80 ampere. Temperaturen er 87,8-96,1°C.

Eksempel 2

Den samme celle drives med en membran, der først er blevet gennemvædet i saltsyre og derpå i en mættet vandig opløsning af mercurichlorid ved 100°C i 24 timer. Kviksølvet i membranen reduceres derpå til metallisk kviksølv in situ ved hjælp af hydroxylamin, og cellen arbejder under samme betingelser som ovenfor under anvendelse af en strømningsha-

stighed for saltvandet på 24,2 liter pr. minut. Cellespændingen er 5,6 volt ved 80 ampere og 4,6 volt ved 50 ampere.

Eksempel 3

5

Den samme celle drives under samme betingelser, men membranen er opkvædet med glycol før kviksølvimprægneringen, der gennemføres som beskrevet i eksempel 2. Ved 80 ampere er spændingen over cellen 0,2-0,3 volt lavere end spændingen for en celle, der indeholder en ikke-glycol-behandlet membran.

Eksempel 4

15 En celle med en polymer membran med en nominel tykkelse på 0,09 mm drives ved 23,9°C og et tryk på 31,6 atmosfærer. Der arbejdes med en saltvandsgennemstrømningshastighed på 50 cm³ pr. minut. Anoden udformes således, at det flydende chlor kan løbe af. Elementerne oven over kviksølvet består af nikkelstænger med en diameter på 1,6 mm på 6,35 mm center omgivet med grafitmateriale, således at grafit og nikkel er i kontakt med kviksølvet. Til at begynde med, ved ca. 10 ampere og en celledspænding på 3,64 volt, konstateres der chlor opløst i saltvand i et skueglas ved cellens afgang.

20 Når strømstyrken forøges til 50 ampere, forøges celledspændingen, hvorefter den falder, når der dannes flydende chlor, og celledspændingen stabiliseres ved 5,1 volt. Det flydende chlor fremkommer som en separat fase i skueglasset sammen med saltopløsning indeholdende opløst chlor. Flydende chlor

30 dannes, når strømstyrken forøges, fordi chlorproduktionen overstiger chlorets opløselighed i saltvand. Ved en højere temperatur og med en tyndere polymer membran kan der tilvejebringes en lavere celledspænding. Skueglasset er således anbragt, at saltvand og flydende chlor kommer ind gennem et

35 tilløbsrør ved toppen. Skueglasset har også et overløb over bundkanten af tilløbsrøret. Ved disse driftstemperaturer

fører dette arrangement til udskillelse af flydende chlor ved bunden af skueglasset samt et overløb af saltvand fra toppen af skueglasset. Skueglasset fungerer således som dekanteringsapparat. Fra overløbet strømmer saltopløsningen, 5 der indeholder opløst chlor, til en modtagebeholder. Derpå reduceres trykket i modtagebeholderen, og det opløste chlor bobler op fra saltvandet. Hydrogen og natriumhydroxid strømmer fra cellen til en beholder, hvor hydrogen og hydroxidopløsning adskilles. Hele systemet er forinden udvasket med 10 nitrogen, og hydrogenet udblæses derpå sammen med nitrogenet.

P a t e n t k r a v .

1. Fremgangsmåde til elektrolyse af en vandig opløsning indeholdende natrium- og/eller kaliumioner i opløsning med anioner af mineralsyrer og/eller organiske syrer og/eller hydroxylioner, ved hvilken man sender en elektrisk strøm gennem opløsningen, som findes mellem en anode og en katode, k e n d e t e g n e t ved, at katoden er det metalliske lag i en sammensat membran bestående af en polymermembran, der vender hen mod anoden, og et katodisk alkalimetalpermeabelt lag af et metal, fortrinsvis kviksølv, i intim kontakt med den polymere membran ved den af dennes overflader, der vender bort fra anoden, hvorhos elektrolysen gennemføres ved superatmosfærisk tryk under betingelser, hvor anodeproduktet fra elektrolysen dannes i en praktisk taget flydende tilstand eller opløst i opløsningen, fortrinsvis ved tryk mellem ca. 7,0 og ca. 70 atm. og en temperatur mellem ca. 15,6 og ca. 132,2°C.

2. Fremgangsmåde ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at den polymere membran er en perfluorcarbonpolymer med fremspringende sulfongrupper.

3. Fremgangsmåde ifølge krav 1-2, k e n d e t e g n e t ved, at elektrolysen gennemføres i en elektrolysecelle, der er udstyret med en perforeret anode, en membran eller et diafragma mellem anoden og den sammensatte membran, samt at man fjerner anodeproduktet gennem anoden.

4. Fremgangsmåde ifølge krav 1-2 til elektrolyse af en vandig opløsning af natriumchlorid i en elektrolysecelle indeholdende en anode, en katode og et mellemliggende anolytkammer, k e n d e t e g n e t ved, at det ved elektrolysen dannede chlor enten er opløst i den ved elektrolysen dannede saltopløsning med reduceret saltindhold, i hvilket tilfælde trykket over saltopløsningen reduceres til frigørelse af chlorgassen, eller indeholdt i fortættet form i den ved elektrolysen dannede saltopløsning med reduceret saltindhold, i hvilket tilfælde denne saltopløsning og chloret adskilles ved tyngdeseparering, samt at den dannede alkalimetalhydro-

xidopløsning og det dannede hydrogen udtages sammen og adskilles trinvis, først ved det forhøjede tryk, ved hvilket elektrolysen gennemføres, og derpå ved reduktion af trykket over alkalimetahydroxidopløsningen, hvorhos i det mindste
5 det hydrogen, der hidrører fra første adskillelsestrin afkøles og renses til fjernelse af kviksølv.

5. Fremgangsmåde ifølge krav 4, k e n d e t e g n e t ved, at elektrolysen gennemføres ved tryk på mellem ca. 21,1 og ca. 45,7 atm. og ved temperaturer mellem ca.
10 65,5 og ca. 107,2°C.

6. Elektrolyseapparat til anvendelse ved fremgangsmåden ifølge krav 1-5 bestående af en elektrolysecelle eller en serie af elektrolyseceller, hvor hver elektrolysecelle indeholder en anode og en katode, k e n d e t e g n e t
15 ved, at katoden er det metalliske lag i en sammensat membran bestående af en polymermembran, der vender hen mod anoden, og et katodisk alkalimetapermeabelt lag af et metal, fortrinsvis kviksølv, i intim kontakt med den polymere membran ved den af dennes overflader, der vender bort fra anoden,
20 samt at elektrolyseapparatet er udstyret med en mangfoldighed af elektrisk ledende katodeelementer i kontakt med metallet, hvorhos katodeelementerne i hvert fald i kontaktområdet med metallet fortrinsvis er udstyret med nabostillede grafitelementer, samt et anolytkammer mellem anoden og katoden, hvor-
25 hos cellerne i serien er stablet oven på hinanden, således at rummet mellem anoden i en første celle og katoden i den næste nabostillede lavereliggende celle danner et kammer, hvorhos anoderne i cellerne er i elektrisk kontakt med katodeelementerne i nabostillede lavere celler.

30 7. Elektrolyseapparat ifølge krav 6, k e n d e t e g n e t ved, at den polymere membran er en perfluorcarbon-polymer med fremspringende sulfongrupper, hvilken polymer fortrinsvis er behandlet med et opkvædningsmiddel.

8. Elektrolyseapparat ifølge krav 6-7, k e n d e t e g n e t ved, at den polymere indeholder kviksølv, som er anbragt inde i denne.

9. Elektrolyseapparat ifølge krav 6-8, k e n d e-
t e g n e t ved, at den polymere membran er deformeret såle-
des, at den rager frem i opad rettet retning i områderne
mellem katodeelementerne.

5 10. Elektrolyseapparat ifølge krav 6-9, k e n d e-
t e g n e t ved, at den polymere membran er en copolymer af
 $\text{FSO}_2\text{CF}_2\text{CF}_2\text{OCF}(\text{CF}_3)\text{OCF}=\text{CF}_2$ med $\text{F}_2\text{C}=\text{CF}_2$, der er efterbehandlet
til omdannelse af $-\text{SO}_2\text{F}$ -grupperne til sulfongrupper.

10 11. Elektrolyseapparat ifølge krav 6-10, k e n d e-
t e g n e t ved, at det er udstyret med: en hovedledning
til tilførsel af saltopløsning, praktisk taget lodret anbragt
langs celleelementerne, der er anbragt som en serie af stab-
lede celler, saltopløsningstilførselsledninger forbundet
til hvert celleelement og hovedledningen, strømningsskontrol-
15 organer i hver saltopløsningstilføringsledning samt en flyder
i hvert strømningsskontrolorgan, hvorved summen af den speci-
fikke vægt af hver flyder og det tilsvarende hydrostatiske
tryk i hovedledningen ved det tilsvarende celleelements
niveau er ens, således at der tilvejebringes praktisk taget
20 samme saltopløsningstilførsel til hvert celleelement.

12. Elektrolyseapparat ifølge krav 6-11, k e n d e-
t e g n e t ved, at anoden er udformet således, at der til-
vejebringes et rum, gennem hvilket væske kan løbe væk, hvor-
hos anoden fortrinsvis er udstyret med en skærm eller en
25 række indbyrdes adskilte diskrete elementer, der rager ud
fra en overflade.

13. Elektrolyseapparat ifølge krav 6, k e n d e-
t e g n e t ved, at anoden er en perforeret anode, samt at
der er anbragt et diafragma eller en membran mellem den
30 sammensatte membran og anoden.

14. Elektrolyseapparat ifølge krav 6-13, k e n d e-
t e g n e t ved, at serien af celler er omgivet af en kappe,
der tilvejebringer et rum mellem kappen og ydersiden af
celleserien, hvilket rum eventuelt indeholder en isolerende
35 væske.

15. Elektrolyseapparat ifølge krav 14, k e n d e-

t e g n e t ved, at den af kappens overflader, som vender ind mod cellerne, er isoleret.

Fig. 2.

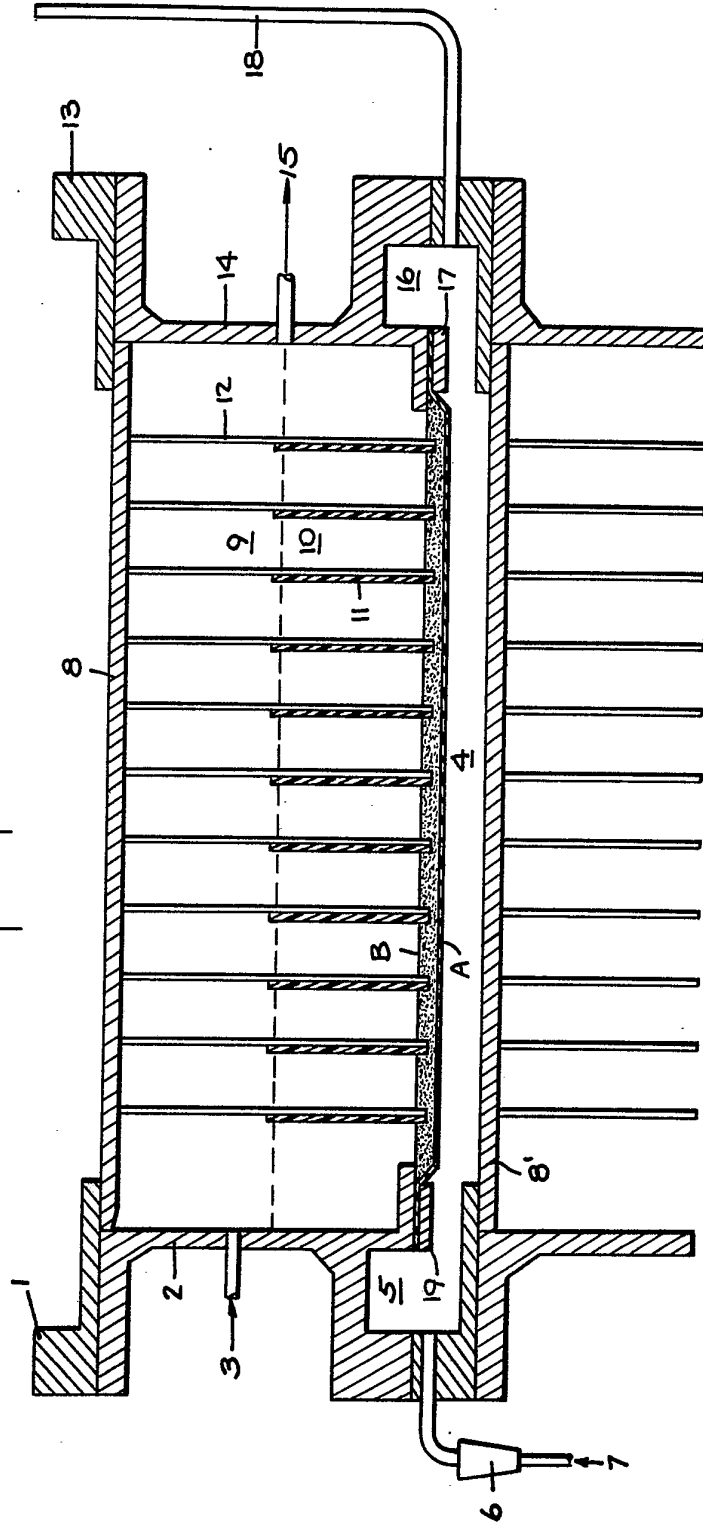
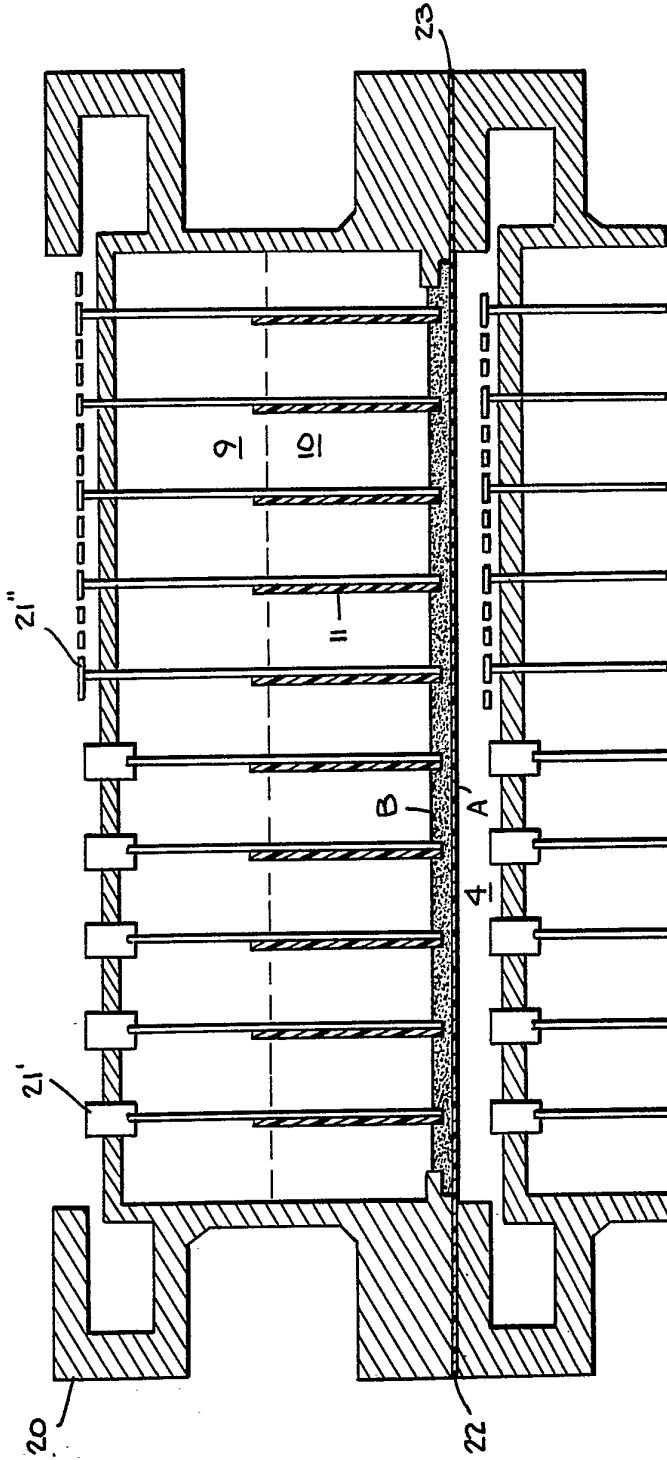
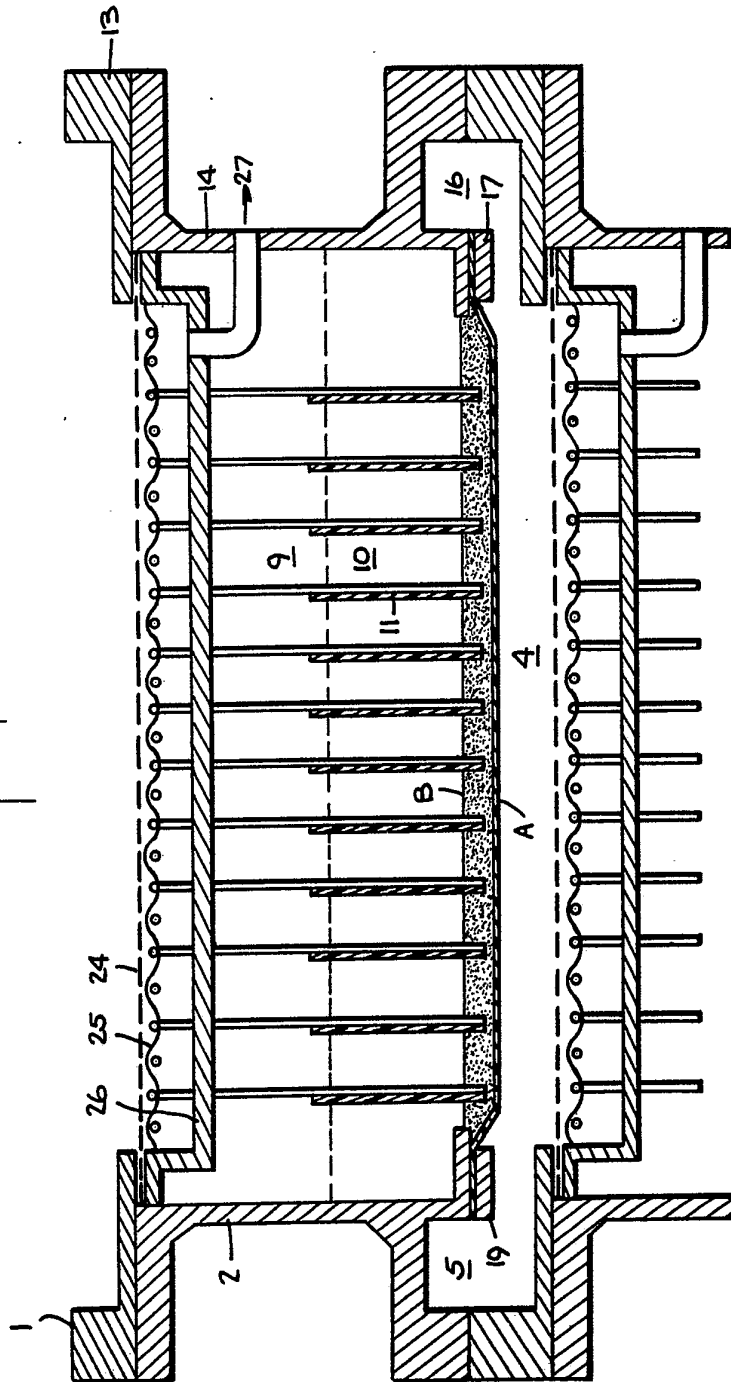


Fig. 2.



下口. 图.



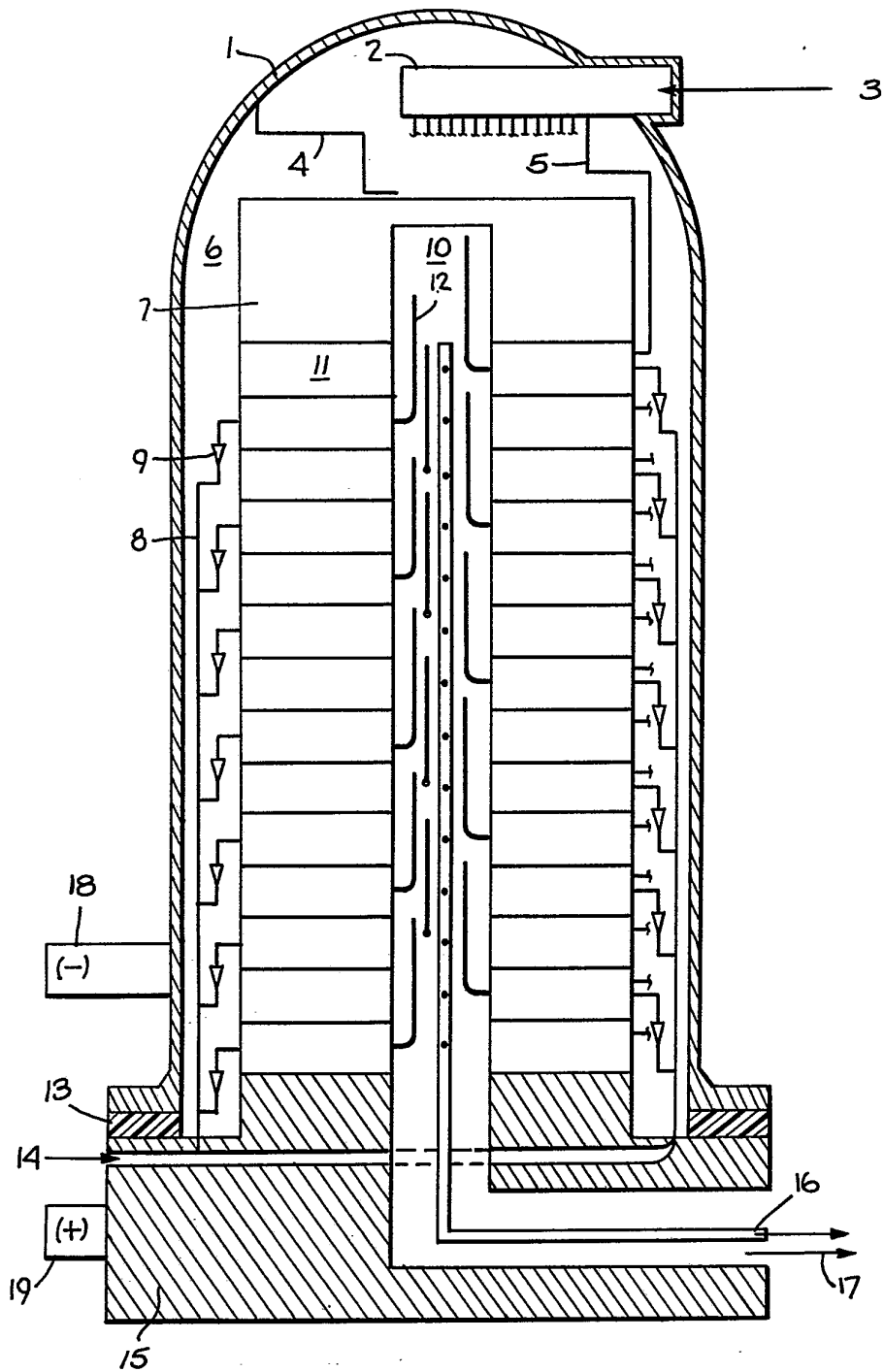


Fig. 4.

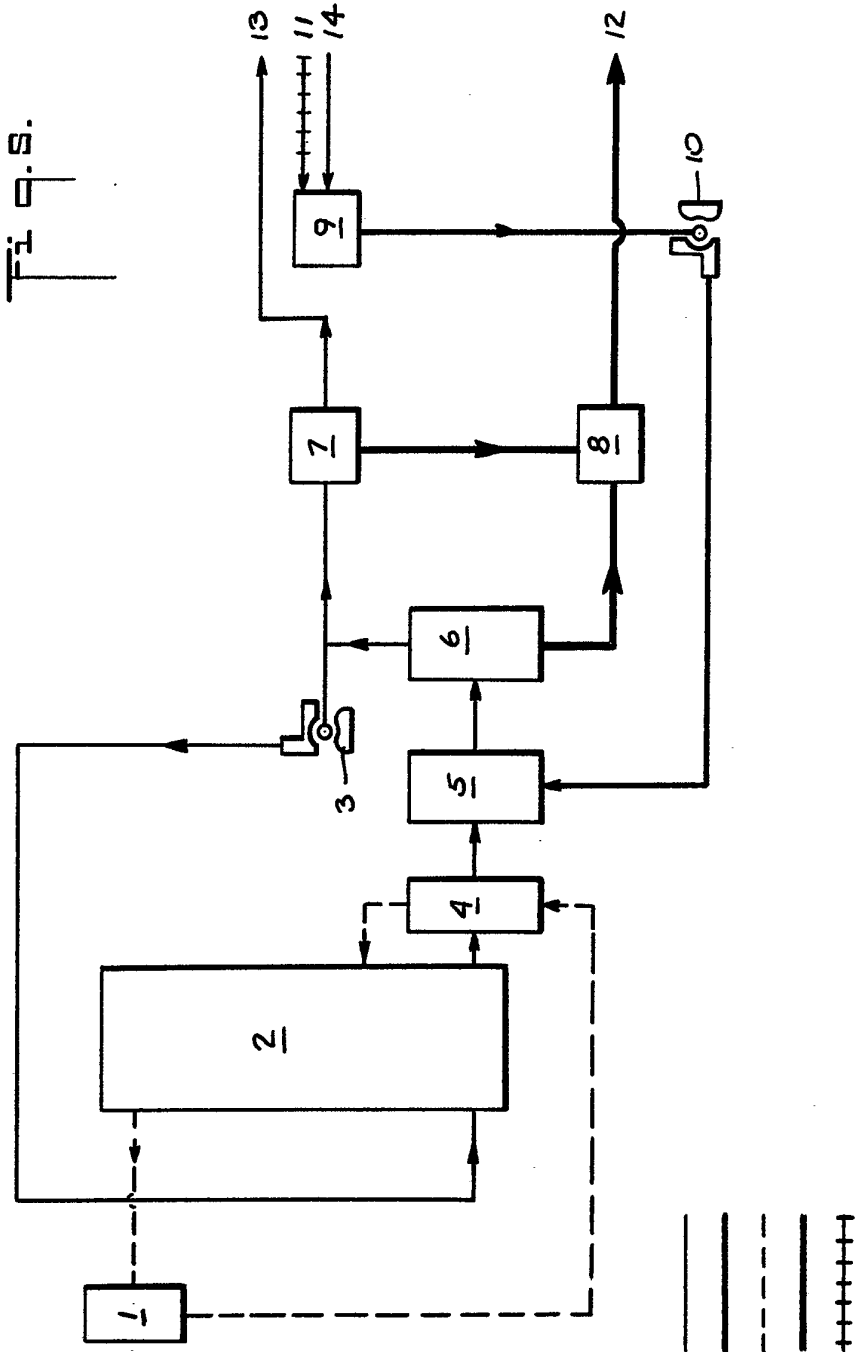
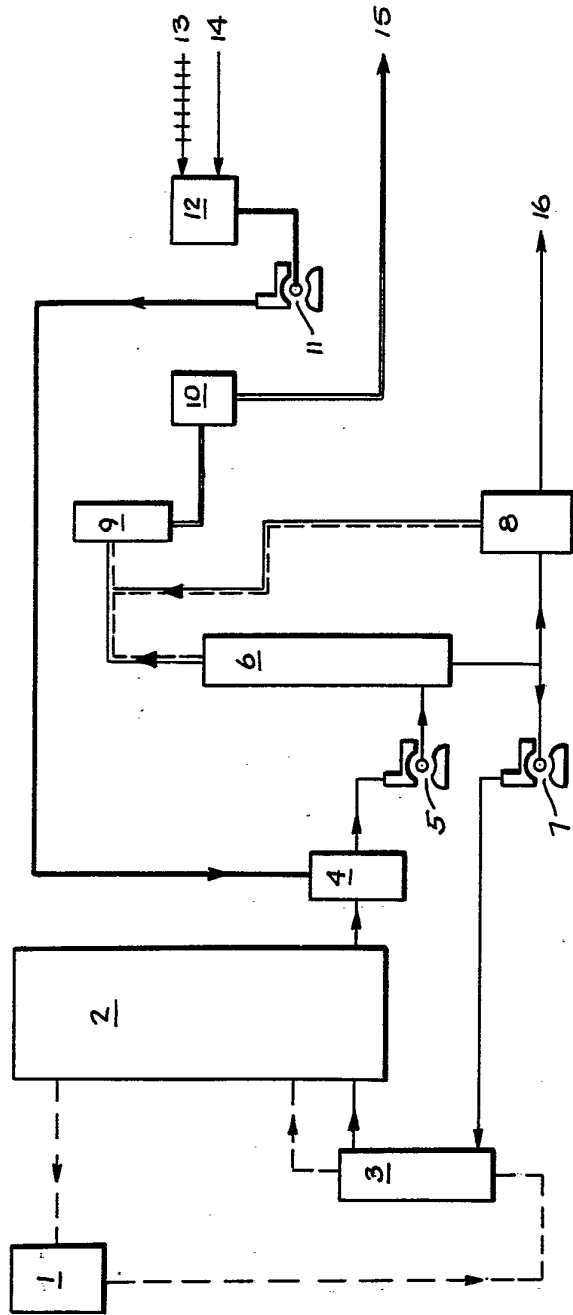


Fig. 6.



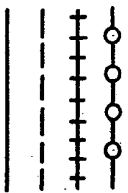
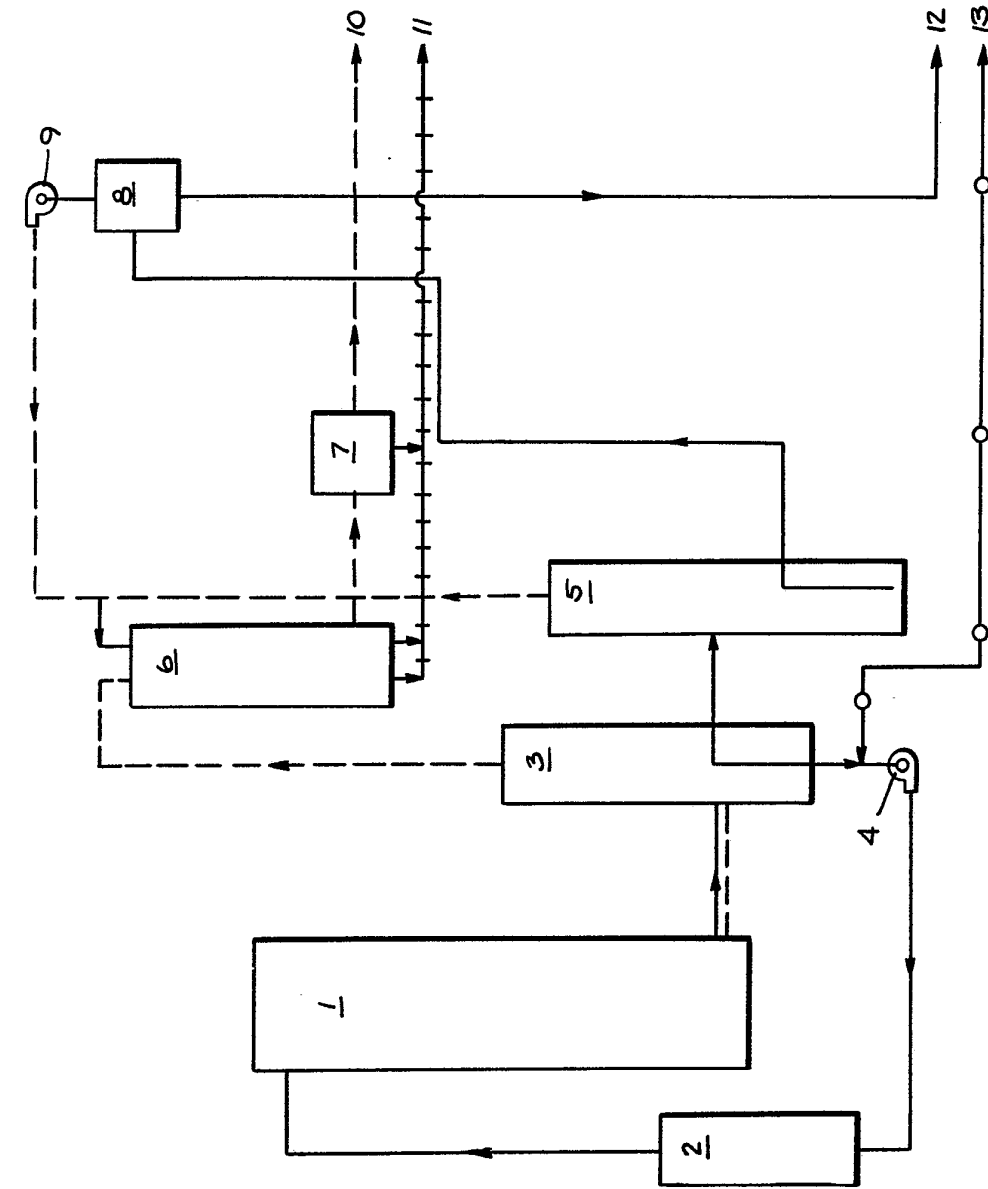


Fig. 2.