



(12) PATENT

(19) NO

(11) 337558

(13) B1

NORGE

(51) Int Cl.

C25C 3/08 (2006.01)

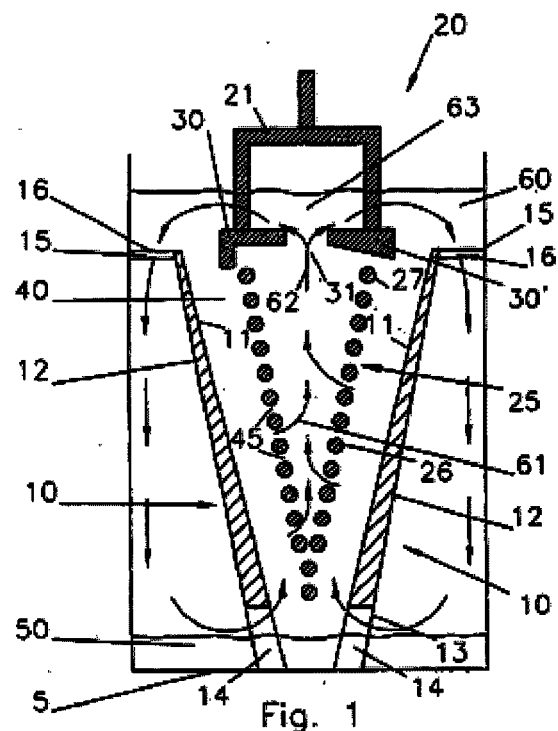
C25C 3/06 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20041436	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2002.08.29 PCT/IB2002/03517
(22)	Inng.dag	2004.04.06	(85)	Videreføringsdag	2004.04.06
(24)	Løpedag	2002.08.29	(30)	Prioritet	2001.09.07, IB, 01/01634
(41)	Alm.tilgj	2004.04.06			
(45)	Meddelt	2016.05.09			
(73)	Innehaver	Rio Tinto Alcan International Ltd, 1188 Sherbrooke Street West, CA-QCH3A3G2 MONTREAL, Canada			
(72)	Oppfinner	Vittorio de Nora, Sandrigham House, Nassau, BS-, Bahamas			
(74)	Fullmektig	Tandbergs Patentkontor AS, Postboks 1570 Vika, 0118 OSLO, Norge			

(54)	Benevnelse	Celle og fremgangsmåte for elektroutvinning av aluminium.
(56)	Anførte publikasjoner	EP 0126555 A US 4405433 A
(57)	Sammendrag	

Celle for elektroutvinning av aluminium (50) fra alumina oppløst i en smelteelektrolytt omfatter en generelt horisontal cellebunn (5), fortrinnsvis fuktbar av aluminium, på hvilken en dam av aluminiumprodukt (50) oppsamles fra minst ett elektrisk ledende katodisk element (10) med katodeoverflater (11) som lar seg fukte av aluminium. Det katodiske element omfatter en skrånende katodisk vegg (10) i elektrolytten (60) over den generelt horisontale cellebunn (5). Den katodiske vegg (10) har en oppad orientert skrå flate (11) som danner en skrånende øvre drenert aktiv katodeoverflate som lar seg fukte av aluminium og på hvilken aluminium produseres og renner av ned i aluminiumdammen (50), og en nedad orientert skråflate (12) som befinner seg i kontakt med smelteelektrolytten (60) og som ligger over aluminiumdammen (50). Aluminiumdammen (50) dekker i det vesentlige hele cellebunnen (5), innbefattende under den katodiske vegg (10). En returbane for aluminaanriket elektrolytt (60) henimot en bunnende av anode-katodegapet (40) kan tilveiebringes bak den katodiske vegg (10) langs en inaktiv overflate (12) av denne. Cellen kan være utrustet med anoder (10) som er hullete, f.eks. en anordning av parallelle stenger i avstand fra hverandre, eller massive plater.



Oppfinnelsens område

Oppfinnelsen angår en celle for elektroutvinning av aluminium fra alumina forsynt med skrånende avrenningskatoder som lar seg fukte av aluminium. Oppfinnelsen angår også en fremgangsmåte for elektroutvinning av aluminium.

5

Bakgrunnsteknikk

Teknologien for produksjon av aluminium ved elektrolyse av alumina oppløst i salter som inneholder smeltet kryolitt, ved temperaturer rundt 950 °C er mer enn ett hundre år gammel. Denne fremgangsmåte og cellekonstruksjonen har ikke vært utsatt for
10 noen stor forandring eller forbedring, og karbonholdige materialer anvendes fremdeles som elektroder og cellefôringer.

US patenter 3400061 (Leis/Hildebrandt) og 4602990 (Boxall/Gamson/Green/Traugott) redegjør for aluminiumelektrolyseceller med skrånende avrenningskatoder som er vendt mot anoder som skråner på tvers av cellen. I
15 disse celler strømmer det smeltede aluminium nedad de skrånende katoder inn i et meridianlangsgående spor langs cellens sentrum eller inn i langsgående sidespor langs cellens sider for oppsamling av det smeltede aluminium og avlevering av dette til en sump.

I US patent 5362366 (de Nora/Sekhar) ble et dobbeltpolart anode-
20 katodearrangement redegjort for hvor katodelegemer var opphengt fra anodene under muliggjørelse av fjerning og fornyet neddykking av montasjen under drift idet en slik montasje også arbeider med en avrenningskatode.

US patent 5368702 (de Nora) foreslo en ny multimonopolar celle med katoder som strekker seg oppad og er vendt mot og omgitt av eller mellom anoder som har et
25 relativt stort aktivt anodeoverflateareal som er vendt innad. I enkelte utførelsesformer ble elektrolytsirkulasjon oppnådd ved anvendelse av en rørformig anode med åpninger.

US patent 5651874 (de Nora/Sekhar) foreslo belegningskomponenter med et slurrypåført belegg av ildfast borid som viste seg å være utmerket for katodeanvendelser. Denne publikasjon redegjør for slurrypåførte anvendelser og nye drenerte
30 katodeutførelser, innbefattende konstruksjoner hvor et massivt katodelegeme med en skrånende øvre drenert katodeoverflate anbringes på eller festes til cellebunnen.

US patent 5472578 (de Nora) redegjør for en aluminiumproduksjonscelle som omfatter et gitter på cellebunnen for å begrense bevegelse av aluminiumdammen på
35 cellebunnen. Ifølge enkelte utførelsesformer danner toppenden til gitteret en drenert katodeoverflate som lar seg fukte av aluminium, under en aktiv anodeoverflate.

WO00/40782 (de Nora) redegjør for aluminiumproduksjonsanoder med en rekke parallelle langstrakte anodedeler i samme plan som befinner seg i avstand fra hverandre ved hjelp av gjennomstrømningsåpninger og som danner en elektrokjemisk aktiv
overflate. Ifølge én utførelsesform kan to nedad konvergerende hosliggende anoder som

befinner seg i avstand fra hverandre, anordnes mellom et par i det vesentlige vertikale katoder. De hosliggende anoder befinner seg i avstand fra hverandre ved hjelp av et nedad strømningsgap for elektrolytt i hvilket aluminarisk elektrolytt strømmer nedad inntil den sirkulerer via de hosliggende anoders gjennomstrømningsåpninger inn i

5 interelektrodegapene.

WO01/31088 (de Nora) redegjør for aluminiumelektrotroutvinningsceller med massive anoder som har en V-formig aktiv overflate vendt mot skrånende katoder. Anodene og katodene er forbundet med vertikale passasjer for sirkulasjon av aluminarisk elektrolytt til en bunndel av interelektrodegapene som gir avstand mellom anodene og

10 katodene.

EP 126555 A omhandler en celle for elektrotroutvinning av aluminium, hvor katodene og anodene har skrånende overflater.

Selv om de ovenstående referanser indikerer fortsatte anstrengelser for å forbedre celleoperasjoner, foreslår ingen av disse den foreliggende oppfinnelse, og det har ikke vært noen fullstendig akseptable forslag for å forbedre celleeffektiviteten og samtidig lette innføringen av en drenert katodeutformning med forbedret elektrolyttsirkulering og stor lagringskapasitet for aluminiumprodukt.

15

Formål ved oppfinnelsen

Det er et formål ved oppfinnelsen å tilveiebringe en aluminiumelektrotroutvinningscelle med en drenert katode med stort arbeidsareal og som lar seg fukte av aluminium og med stor aluminiumlagringskapasitet.

20

Et annet formål er å tilveiebringe en ny katodekonstruksjon som lett kan etterinstalleres i eksisterende tradisjonelle aluminiumproduksjonsceller.

25

Et ytterligere formål er å tilveiebringe en aluminiumproduksjonscelle, spesielt en i etterhånd opprustet celle, med katoder som kan erstattes eller vedlikeholdes under celleoperasjon.

Ytterligere et annet formål er å tilveiebringe en aluminiumproduksjonscelle med rimelige dimensjonsstabile drenerte katoder som lar seg fukte av aluminium.

30

Et ytterligere formål er å tilveiebringe en aluminiumelektrotroutvinningscelle som utvikler mindre forurensning enn tradisjonelle Hall-Héroult-celler.

Oppsummering av oppfinnelsen

Oppfinnelsen angår en celle, som angitt i krav 1, for elektrotroutvinning av aluminium fra alumina oppløst i en smelteelektrolytt. Cellen omfatter en generelt horisontal cellebunn på hvilken en dam av aluminiumprodukt oppsamles, og minst ett elektrisk ledende katodisk element som har én eller flere skrånende øvre drenerte aktive katodeoverflater som lar seg fukte av aluminium og som ved hjelp av et anode-katodegap er skilt fra én eller flere anoder med tilsvarende skrånende aktive anodeoverflater.

35

I henhold til oppfinnelsen omfatter det katodiske element en skrånende katodisk vegg i elektrolytten over den generelt horisontale cellebunn og den katodiske vegg er laget av et åpent porøst keramisk materiale som lar seg fukte av aluminium og som er mekanisk og kjemisk motstandsdyktig og er fylt med smeltet aluminium, idet den

5 katodiske vegg har:

- a) en oppad orientert skrå flate som danner den eller de skrånende øvre drenerte aktive katodeoverflater som lar seg fukte av aluminium og på hvilke aluminium blir produsert og renner av ned i aluminiumdammen, og
- b) en nedad orientert skrå flate som befinner seg i kontakt med smelteelektrolytten

10 og som ligger over aluminiumdammen,

idet aluminiumdammen dekker i det vesentlige hele cellebunnen, innbefattende under den katodiske vegg.

Den katodiske vegg kan være anordnet i eksisterende eller nye Hall-Hérout-celler eller i celler av ny konstruksjon forutsatt at cellene er utrustet med skrånende

15 forbrukbare eller fortrinnsvis ikke-forbrukbare anoder. Cellebunnen lar seg fortrinnsvis fukte av aluminium. Den kan være laget av karbon, spesielt karbonblokker, eventuelt belagt med et materiale som lar seg fukte av aluminium, for eksempel som redegjort for i US patent 5651874 (de Nora/Sekhar), WO98/17842 (Sekhar/Duruz/Liu), WO01/42531

20 (Nguyen/Duruz/de Nora), WO01/42168 (de Nora/Duruz) og PCT/IB02/01932 (Nguyen/de Nora).

Cellen kan være en fullstendig ny celle eller en etterutrustet celle som omfatter en cellebunn til en gjenoppbygget celle etterutrustet med den ovenfor beskrevne anodestruktur og skrånende katode.

25 En slik katodekonstruksjon gir på den ene side stor aluminiumlagringskapasitet og et stort aktivt katodeoverflateareal og redusere på den annen side det nødvendige katodiske materiale for produksjon av katoder som har skrånende katodeoverflate.

Den aktive katodeoverflate har vanligvis en vinkel mellom 15 grader og opp til nesten vertikalt, typisk 85 grader. En slik katodeutformning har med fordel aktive

30 katodeoverflater med en steil skråning, dvs. over 45 grader, typisk fra 60 grader til 80 grader.

Denne katodiske vegg kan omfatte en generelt flat plate. Platen kan være jevnt plan eller ha flere skrånende seksjoner, spesielt arrangert i et tverrsnitt som er v- eller omvendt v-formig. Alternativt kan den katodiske vegg generelt være kjegleformig eller

35 pyramidal. Den katodiske vegg kan alternativt være laget av flere generelt parallelle langstrakte katodiske deler i avstand fra hverandre, så som stenger, staver eller blader. Hver langstrakt del kan være horisontal eller ha en helling, spesielt slik at den strekker seg langs et vertikalt plan som er perpendikulært til den skrånende øvre drenerte aktive katodeoverflate som lar seg fukte av aluminium.

Den katodiske vegg har for eksempel sin bunnende på cellebunnen i aluminiumdammen.

Den katodiske vegg kan alternativt være opphengt i smelteelektrolytten. Den katodiske vegg kan være opphengt og i avstand over aluminiumdammen, i hvilket tilfelle
5 den katodiske vegg er elektrisk tilkoblet over elektrolytten. Den katodiske vegg kan alternativt være opphengt og dyppe ned i aluminiumdammen og kan således være elektrisk tilkoblet enten over elektrolytten eller via aluminiumdammen.

Den katodiske vegg har med fordel et variabelt snitt som avtar med økende avstand til den elektriske katodiske tilkobling, slik at snittet er tilpasset til den minskende
10 mengde av strøm som strømmer gjennom den katodiske vegg for å opprettholde en i det vesentlige jevn strømtetthet gjennom hele den katodiske vegg.

Når den katodiske vegg er opphengt i elektrolytten eller når den på annen måte kan gi tilgang fra over elektrolytten, for eksempel ved at den har en del som strekker seg over elektrolyttens overflate, kan den innføres i og fjernes fra cellen under operasjon av
15 cellen, dvs. uten å stenge av cellen.

Når den katodiske vegg hviler på cellebunnen eller dypper ned i aluminiumdammen, har den spesielt fordelaktig en passasje i en bunndel for aluminiumdammen. Denne passasje kan også tjene til en strøm av aluminarisk elektrolytt fra bakenfor den aktive katodeoverflate(r) til en bunndel av anode-katodegapet.

Den katodiske vegg kan også ha en åpning i en toppdel av denne for strøm av elektrolytt fra over en øvre del av anode-katodegapet til bak den aktive katodeoverflate(r). Den katodiske vegg kan alternativt ha en øvre ende som avgrenser en passasje for strømmen av elektrolytt fra over en øvre del av anode-katodegapet til bak den aktive katodeoverflate(r).

For enkelte utførelsesformer kan elektrolytt som sirkulerer bak katodeoverflaten, komme inn i anode-katodegapet gjennom åpninger i katoden. Når den katodiske vegg er laget av flere generelt parallelle langstrakte katodiske deler i avstand fra hverandre, kan sirkuleringen av elektrolytt tilveiebringes nedad bak de langstrakte katodiske deler og inn i anode-katodegapet gjennom passasjer mellom de langstrakte katodiske deler.

Den katodiske vegg er laget av et åpent porøst keramisk eller keramikkbasert materiale som lar seg fukte av aluminium og som er mekanisk og kjemisk motstandsdyktig og er fylt med smeltet aluminium.

Egnede keramikkbaserte materialer som er i det vesentlige motstandsdyktige og inerte overfor smeltet aluminium, innbefatter oksider av aluminium, zirkonium, tantal, titan, silisium, niob, magnesium og kalsium og blandinger derav, så som et enkelt oksid
35 og/eller i et blandet oksid, for eksempel et aluminat av sink (f.eks. ZnAlO_4) eller titan (f.eks. TiAlO_5). Andre egnede inerte og motstandsdyktige keramiske materialer kan velges blant nitrider, karbider og borider og oksyforbindelser derav, så som

aluminiumnitrid, AlON, SiAlON, bornitrid, silisiumnitrid, silisiumkarbid, aluminiumborider, jordalkalimetallzirkonater og aluminater og blandinger derav.

De åpent porøse vegger som lar seg fukte av aluminium, inneholder fortrinnsvis et aluminiumfuktemiddel. Egnede fuktemidler innbefatter metalloksider som kan reagere med smeltet aluminium under dannelse av et overflatelag som inneholder alumina, aluminium og metall avledet fra metalloksidet og/eller delvis oksidert metall, så som mangan, jern, kobolt, nikkel, kobber, sink, molybden, lantan eller andre sjeldne jordartsmetaller eller kombinasjoner derav, for eksempel som redegjort for i PCT/IB02/00668 (de Nora).

Ytterligere egnede materialer for å produsere de åpent porøse vegger er beskrevet i US patent 4600481 (Sane/Wheeler/Gagescu/Debely/Adorian/Derivaz).

Anodene kan være laget av karbon, men er fortrinnsvis laget av oksygenavgivende materiale, spesielt metallbaserte materialer, så som overflateoksiderte legeringer. Anodene kan også være laget av materialer som er aktive for oksidasjon av fluorioner. Egnede metallbaserte anoder for oksidasjon av oksygenioner eller fluorioner er redegjort for i WO00/06802, WO00/06803 (begge i navn av Duruz/de Nora/Crottaz), WO00/06804 (Crottaz/Duruz), WO01/43208 (Duruz/de Nora), WO01/42534 (de Nora/Duruz) og WO01/42536 (Duruz/Nguyen/de Nora). Ytterligere oksygenavgivende anodematerialer er redegjort for i WO99/36594, WP00/06801, WO00/06805, WO00/40783 (alle i navn av de Nora/Duruz), WO00/06800 (Duruz/de Nora), WO99/36591 og WO99/36592 (begge av de Nora).

De oksygenavgivende anoder kan være belagt med et beskyttende lag av én eller flere ceriumforbindelser, spesielt ceriumoksyfluorid, som redegjort for i US patenter 4614569 (Duruz/Derivaz/Debely/Adorian), 4680094 (Duruz), 4683037 (Duruz) og 4966674, 4966674 (Bannochie/Sheriff), PCT/IB02/00667 (Nguyen/de Nora) og PCT/IB02/01169 (de Nora/Nguyen).

Egnede oksygenavgivende anoder kan omfatte en elektrokjemisk aktiv hullet metallisk anodestruktur for utvikling av oksygen. Den hullede anodestruktur har gjennomgangsåpninger for sirkulering av elektrolytt gjennom disse og er gitterlignende eller platelignende.

For eksempel omfatter den hullede anodestruktur en perforert plate eller er laget av flere parallelle langstrakte anodedeler i avstand fra hverandre, for eksempel som beskrevet i WO00/40782 (de Nora). Anodedelene kan være horisontale eller ha en helling, spesielt generelt slik at de strekker seg langs et vertikalt plan som er perpendikulært på katodeoverflaten. De langstrakte anodedeler har fortrinnsvis et tverrsnitt som er proporsjonalt med den anodiske strøm som passerer gjennom disse, dvs. et avtagende tverrsnitt for en avtagende strømmengde, for å opprettholde en i det vesentlige jevn strømtetthet langs anodedelene. De langstrakte anodedeler er for eksempel langstrakte plater eller blader eller stenger, staver eller tråder.

I henhold til én utførelsesform omfatter cellen minst én elektrolyttlededel anordnet over hullanodestrukturen for å lede sirkuleringen av elektrolytt.

Anoden har for eksempel en skrånende platelignende eller gitterlignende åpen anodestruktur som har et tverrsnitt som er generelt v-formig og som er vendt mot en
5 tilsvarende generelt v-formig aktiv katodeoverflate. I et slikt tilfelle kan én eller flere elektrolyttlededeler være lokalisert over den v-formige anodestruktur. Disse lededeler strekker seg bekvemt over i det vesentlige hele den v-formige anodestruktur for å lede en oppadrettet strøm av aluminautarmet elektrolytt fra anodens gjennomgangsåpninger til et sted over anodestrukturen hvor elektrolytten blir anriket med alumina, og deretter sideveis
10 over og rundt en øvre ende av den generelt v-formige anodestruktur, hvorfra den aluminaanrikede elektrolytt mates inn i anode-katodegapet. Cellen kan være anordnet slik at minst en del av den aluminaanrikede elektrolytt mates inn i en øvre ende av anode-katodegapet og/eller sirkuleres på utsiden og rundt anode-katodegapet og rettes henimot en nedre ende av dette.

15 En egnet v-formig anodestruktur omfatter flere horisontale eller skrånende langstrakte anodedeler, for eksempel som beskrevet ovenfor, idet hver har en langstrakt overflate som er elektrokjemisk aktiv for utvikling av oksygen. Anodedelene er forbundet med hverandre, som regel ved hjelp av minst én koblingsdel, for eksempel som beskrevet i WO00/40782 (de Nora). De langstrakte anodedeler er generelt parallelle med hverandre
20 og har et generelt v-anordnet tverrsnitt for å danne den elektrokjemisk aktive overflate som har et generelt v-formig tverrsnitt. Anodedelene befinner seg i avstand fra hverandre ved hjelp av gap som befinner seg mellom disse og som danner gjennomgangspassasjene.

En annen egnet anode omfatter en elektrokjemisk aktiv metallisk anodestruktur laget av én eller flere massive plater vendt mot en aktiv katodeoverflate. Denne
25 elektrokjemisk aktive metalliske anodestruktur kan ha en øvre ende som avgrenser en passasje for sirkulering av elektrolytt over anodestrukturen eller alternativt en passasje i sin øvre del for sirkulering av elektrolytt gjennom anodestrukturen.

Anodeplatene kan være flate og ha en jevnt plan skrånende aktiv del eller flere skrånende aktive deler, for eksempel anordnet slik at de får et generelt v-formig eller
30 omvendt v-formig tverrsnitt. Egnede anodeplatestrukturer er redegjort for i WO99/02764 (de Nora/Duruz).

For å opprettholde en i det vesentlige jevn strømtetthet langs anodeplatene kan disse ha et horisontalt tverrsnitt som er proporsjonalt med den anodiske strøm som passerer gjennom disse, dvs. et avtagende horisontalt tverrsnitt for en avtagende
35 strømmengde.

Anodene kan også være generelt koniske eller pyramidale, for eksempel som redegjort for i US patent 5368702 (de Nora), for å passe til tilsvarende formede katodeplater.

Oppfinnelsen angår også en fremgangsmåte, som angitt i krav 24, for elektroutvinning av aluminium i en celle som beskrevet ovenfor. Fremgangsmåten omfatter elektrolyse av alumina oppløst i smelteelektrolytten i anode-katodegapet for å danne gass anodisk og aluminium på den eller de oppad orienterte skrånende aktive katodeoverflater til den eller de katodiske vegger. Aluminiumproduktet renner av fra den eller de aktive katodeoverflater og blir oppsamlet på cellebunnen i aluminiumdammen.

Fordelaktige metoder for å operere cellen er redegjort for i WO00/06802 (Duruz/de Nora/Crottaz), WO01/42535 (Duruz/de Nora), WO01/42536 (Duruz/Nguyen/de Nora) og PCT/IB02/01952 (Nguyen/de Nora).

Kortfattet beskrivelse av tegningene

Oppfinnelsen vil nå bli beskrevet ved hjelp av eksempler under henvisning til de skjematiske tegninger, hvor:

- Figur 1 viser et tverrsnittsriss av en celle med drenerende katode i henhold til oppfinnelsen og med en gjennomhullet generelt v-formig oksygenavgivende anode,

- Figurene 1a og 1b viser henholdsvis et planriss og et frontoppriss av katodeelementet vist på Fig. 1,

- Figur 2 viser et tverrsnittsriss av en celle med drenerende katode ifølge oppfinnelsen og med en annen gjennomhullet generelt v-formig oksygenavgivende anode,

- Figur 3 viser et tverrsnittsriss av en celle med drenerende katode ifølge oppfinnelsen og med ytterligere en annen gjennomhullet generelt v-formig oksygenavgivende anode,

- Figurene 4 og 5 viser tverrsnittsriss av celler med drenerende katode ifølge oppfinnelsen under anvendelse av oksygenavgivende massive anodiske plater,

- Figur 6 viser et tverrsnittsriss av en celle med drenerende katode ifølge oppfinnelsen utstyrt med flere anoder, idet forstørrede riss av forskjellige muligheter er vist på Fig. 6a og 6b, og

- Figur 7 viser et tverrsnittsriss av en annen celle med drenerende katode ifølge oppfinnelsen utrustet med flere anoder.

Detaljert beskrivelse

Fig. 1 viser en aluminiumproduksjonscelle ifølge oppfinnelsen med en horisontal cellebunn 5 dekket av en dam av aluminiumprodukt 50. Cellen har to skrånende katodiske plater 10 i en smelteelektrolytt 60. Hver plate 10 har en oppad orientert skrånende drenert katodeoverflate 11 som lar seg fukte av aluminium og som via et anode-katodegap 40 er skilt fra en tilsvarende skrånende aktiv anodeoverflate til en anode 20 som har en v-formig gitterlignende gjennomhullet aktiv struktur 25 dekket av en elektrolyttlededel 30, 30' vist med to mulige utformninger som omtalt nedenfor.

De katodiske plater 10 har også en nedad orientert skrånende bakre flate 12 i elektrolytten 60. Denne bakre flate 12 ligger over aluminiumdammen 50 som dekker i det vesentlige hele cellebunnen 5. En bunnende 13 av de katodiske plater 10 hviler på cellebunnen 5 i aluminiumdammen 50 gjennom hvilken elektrisk strøm ledes til de katodiske plater 10 fra en ekstern strømtilførsel. De katodiske platers 10 seksjon avtar med avtar med økende avstand til den katodiske dam 50 for å kompensere for strømmen som passerer fra de drenerte katodeoverflater 11 til anodene 20, og gir en i det vesentlige jevn strømtetthet i platene 10 langs i det vesentlige hele høyden til platene 10.

Som vist på Fig. 1a og 1b har den katodiske plate 10 en utskjæring 14 i sin bunnende 13 for passering av aluminiumdammen 50 og for å tilveiebringe en returstrøm av aluminaanrikt elektrolytt 60 til anode-katodegapets 40 bunnende.

Den katodiske plate 10 har dessuten ved sin øvre ende et par horisontalt utadragende flenser som holder platens 10 aktive del i avstand fra cellens sidevegg. En passasje 15 er anordnet mellom flensene 16 for nedadrettet strøm av aluminaanrikt elektrolytt 60 fra over den aktive anodestrukturens 25 øvre ende 27 og deretter bak den drenerte katodeoverflate 11 til anode-katodegapets 40 nedre ende.

Istedenfor å anvende plater med flenser som avgrenser en elektrolyttpassasje, kan en i det vesentlige jevnt plan katodisk plate anvendes med en åpning i sin øvre del eller alternativt kan en i det vesentlige jevnt plan katodisk plate anbringes mot én eller flere utstikninger i avstand fra hverandre som stikker ut fra celledsideveggen, eller mot en fordypning i sideveggen på nivået for de katodiske platers øvre del.

Den katodiske plate 10 er laget av et åpent porøst materiale som lar seg fukte av aluminium og som er mekanisk og kjemisk motstandsdyktig og fylt med smeltet aluminium, som beskrevet ovenfor.

Anoden 10 er opphengt i elektrolytten 60 ved hjelp av et åk 21 med den nedad orienterte aktive anodeoverflate dannet av den v-formige gitterlignende gjennomhullede struktur 25 i det vesentlige parallell med de oppad orienterte katodeoverflater 11. Den v-formige gitterlignende gjennomhullede struktur 25 er laget av flere parallelle horisontale stenger 26 (vist i tverrsnitt) som danner en nedad orientert generelt v-formig elektrokjemisk aktiv åpen anodeoverflate. Anodestengene 26 er elektrisk og mekanisk sammenkoblet via ett eller flere tverrstykker (ikke vist), som redegjort for i WO00/40782 (de Nora) og befinner seg i avstand fra hverandre ved hjelp av mellomstykkegap 45 som danner passasjer for en oppadrettet strøm 61 av aluminautarmet elektrolytt 60. Den v-formige platelignende gjennomhullede anodestruktur kan alternativt være laget av skrånende stenger i en v-utformning (se Fig. 2) eller en v-formig perforert plate, så som en strekkmetallduk, eller et par nedad konvergerende perforerte plater.

Anoden 20 omfatter en elektrolyttlededel 30, 30' over den v-formige gitterlignende anodestruktur 25 for å lede all oppadstrømmende aluminautarmet elektrolytt 62 gjennom en sentral åpning 31 i lededelen 30, 30' til et aluminapåmat-

ningsområde 63 hvor den blir anriket med alumina, og deretter i sideretning over en øvre ende 27 av anodestrukturen 25 slik at den aluminaanrikede elektrolytt 60 hovedsakelig blir sirkulert gjennom passasjen 15 ved platens 10 toppende og derfra langs platens 10 nedad orienterte skrånende overflate 12 og derpå gjennom utskjæringen 14 i platens 10 bunnende 13 inn i en nedre ende av anode-katodegapet 40. Ved denne utførelsesform blir en mindre del av den aluminaanrikede elektrolytt 60 matet over anodestrukturens 25 øvre ende 27 inn i en øvre ende av anode-katodegapet 40.

Cellens geometri, spesielt seksjonen til den øvre ende av anode-katodegapet 40 og til passasjen 15, bestemmer forholdet mellom elektrolytten 60 matet inn i anode-katodegapets 40 øvre ende og elektrolytten 60 sirkulert gjennom passasjen 15 til anode-katodegapets 40 nedre ende.

Til venstre på Fig. 1 er lededelen 30 vist i form av en horisontal plate med en omkretsflens som strekker seg nedad. Til høyre på Fig. 1 er lededelen 30' vist med en skrånende nedad orientert overflate som leder inn i den sentrale åpning 31. Andre former er selvfølgelig mulige.

I henhold til en variant er elektrolyttlededelen skilt fra anoden.

Under bruk bli alumina elektrolysert i anode-katodegapet 40 og oksygen dannet på den v-formige gitterlignende gjennomhullede struktur 25 til anoden 20. Oksygen unnslipper oppad gjennom gapene 45 og beforder en oppadrettet strøm 61 av aluminiumutarmet elektrolytt 60. Elektrolyttstrømmen oppad blir, som indikert ved hjelp av pilen 62, avgrenset av elektrolyttlededelen 30, 30' inn i åpningen 31 og ledet til området 63 som befinner seg over denne, hvor alumina blir påmatet og anriker den sirkulerende elektrolytt 60. Den aluminaanrikede elektrolytt 60 blir deretter ledet i sideretning og passerer hovedsakelig bak den katodiske plate 10 inn i anode-katodegapets 40 nedre ende idet resten passerer inn i gapets 40 øvre ende, som beskrevet ovenfor.

Fig. 2 hvor de samme henvisningstall betegner de samme elementer, viser en annen celle i henhold til oppfinnelsen i hvilken den generelt v-formige gitterlignende anodestruktur 25 er laget av flere parallelle skrånende stenger 26 som befinner seg i avstand fra hverandre, idet hver stang strekker seg langs et vertikalt plan som er perpendikulært på den drenerte katodeoverflate 11 som lar seg fukte av aluminium.

Avstanden mellom skrånende stenger 26 danner en passasje for den oppadrettede strøm 61 av aluminautarmet elektrolytt 61 i sideretning rundt stengene 26.

For å tilveiebringe en jevn strømfordeling har hver skrånende stang 26 et variabelt tverrsnitt (stengene 26 er avsmalnet nedad) for å kompensere for strømmen som passerer til den drenerte katodeoverflate 11.

I henhold til en variant er de skrånende anodestenger 26 erstattet med andre langstrakte anodedeler, for eksempel staver, blader eller plater.

Fig. 3 hvor de samme henvisningstall betegner de samme elementer, viser en annen celle i henhold til oppfinnelsen i hvilken den generelt v-formige gitterlignende

anodestruktur 25 er laget av flere parallelle horisontale blader 26 som befinner seg i avstand fra hverandre og er anordnet på lignende måte som persiennner.

Anodestrukturen 25 er dessuten dekket med en elektrolyttlededel 30" i form av en plate anbrakt mellom anodestrukturens 25 øvre ender 27 etterlatende passasjer 31' mellom de øvre ender 27 og lededelen 30" for aluminautarmet elektrolytt 60. I henhold til en variant har denne lededel en nedad orientert ledeoverflate som har et generelt utflatet u- eller v-formig tverrsnitt og fører til passasjene 31'.

Fig. 4 og 5 hvor de samme henvisningstall betegner de samme elementer som tidligere, viser to aluminiumproduksjonsceller med skrånende katodiske plater 10 i henhold til oppfinnelsen og anoder 20 som har elektrokjemisk aktive strukturer 25 laget av skrånende massive plater som er parallelle med de oppad orienterte katodeoverflater 11.

De katodiske plater 10 og anodeplatene 25 vist på Fig. 4 har et tverrsnitt av en omvendt v-formig anordning, mens de katodiske plater 10 vist på Fig. 5 har en v-formig anordning, og anodeplatene 25 danner en v mellom disse. Anodeplatene 25 er forsynt med åpninger 28 over anode-katodegapet 40 for sirkulering av elektrolytt 60.

Anodeplatene 25 har en horisontalt tverrsnitt som varierer langs dets lengde og er proporsjonalt med den anodiske strøm som passerer gjennom dette, dvs. et avtagende horisontalt tverrsnitt for en avtagende strømmengde (platene 25 er avsmalnet nedad), for å opprettholde en i det vesentlige jevn strømtetthet langs anodeplatene 25.

Under bruk blir alumina elektrolysert i anode-katodegapet 40, og oksygen frigjort på anodeplatene i gapet 40 beforder en oppadrettet sirkulering langs hele anode-katodegapet 40 av elektrolytten 60 som er utarmet på alumina. Elektrolytten 60 returnerer fra anode-katodegapets 40 øvre ende gjennom anodeåpninger 28 og deretter nedad langs en inaktiv overflate 25' av anodestrukturen 25 til anode-katodegapets 40 bunnende. Alumina blir periodevis eller kontinuerlig innmatet til elektrolyttens 60 overflate, som indikert ved hjelp av pilen 70, hvorved elektrolytten 60 blir anrikt med alumina samtidig som den returnerer til anode-katodegapets 40 bunnende.

I cellene ifølge Fig. 4 og 5 sirkulerer elektrolytten 60 ikke langs de katodiske platers 10 bakre overflate 11. De katodiske plater 10 behøver således ikke å være forbundet med en passasje for sirkulering av elektrolytt 60. Disse plater 10 er imidlertid forsynt med en åpning i deres bunnende 13 som bare tjener til passering av aluminiumdammen 50.

Fig. 6 og 7 hvor de samme henvisningstall betegner de samme elementer, viser celler med flere par med katodeplater 10 og flere anoder 20. På Fig. 6 er cellen utrustet med flere anoder 20 av typen illustrert på Fig. 3, mens på Fig. 7 er cellen utrustet med en rekke anoder av typen vist på Fig. 4.

Cellene ifølge Fig. 6 og 7 har en rekke par med katodiske plater 10 anordnet side om side og med et tverrsnitt i form av en v- eller omvendt v-formig anordning.

Cellen ifølge Fig. 6 er utrustet med hullanoder 20 som vist på Fig. 3. Alternativt kan anodene 20 erstattes med anodene vist på Fig. 1, 2 eller 5.

Øvre nabokanter til platen 10 befinner seg i avstand fra hverandre ved hjelp av avstandsstykker 17, 17' som mellom seg etterlater en passasje 15 for sirkulering av aluminaanrikt elektrolytt 60 til en bunnende av anode-katodegapet 40.

Avstandsstykket 17 vist til venstre på Fig. 6 og på Fig. 6A har øvre flenser 18 som strekker seg horisontalt oppad på platenes 10 øvre kanter, og en sentral del 19 som holder platenes 10 øvre kanter fra hverandre.

Avstandsstykket 17' vist til høyre på Fig. 6 og på Fig. 6b har flenser 18' som omgir og sikrer platenes 10 øvre kanter mot det sentrale avstandsstykke 19.

Cellen ifølge Fig. 7 er utrustet med plateanoder 20, som vist på Fig. 4. I denne celleutformning finner sirkulering av aluminaanrikt elektrolytt 60 sted mellom anodene 20, og ingen elektrolyttpassasje er nødvendig mellom de katodiske plater 10 hvis øvre kanter befinner seg overfor hverandre. I henhold til en variant kan imidlertid også en elektrolyttpassasje tilveiebringes mellom de katodiske plater, i overensstemmelse med veiledningene i WO01/31088 (de Nora).

På lignende måte som på Fig. 1 til 5 er de katodiske platers 10, vist på Fig. 6 og 7, bunndeler 13 forsynt med en åpning 14 for passering av aluminiumdammen 50.

De fullstendige celleutformninger eller de katodiske anordninger vist på Fig. 6 og 7 kan etterinstalleres i eksisterende Hall-Héroult-celler med tilsvarende anoder eller kan anvendes i celler av ny konstruksjon, spesielt i celler som arbeider ved reduserte temperaturer, typisk 850 til 940 °C.

De katodiske plater 10 blir for eksempel med fordel anvendt for å erstatte de massive katodelegemer i cellene redegjort for i WO01/31088 (de Nora).

I kommersielle celler, for eksempel som skjematisk vist på Fig. 6 og 7, kan aluminiumdammens 50 nivå tillates å fluktuere på cellebunnen eller aluminiumet kan oppsamles, f. eks. over en demning som setter et maksimumsnivå for aluminiumdammen, i et eget oppsamlingsreservoar i aluminiumproduksjonscellen.

I henhold til en variant kan de katodiske plater 10 vist på Fig. 1 til 7 være erstattet med flere parallelle langstrakte katodiske deler, som nevnt ovenfor.

P a t e n t k r a v

1. Celle for elektroutvinning av aluminium fra alumina oppløst i en smelteelektrolytt
5 (60), omfattende en generelt horisontal cellebunn (5) for hvilken en dam av aluminiumprodukt oppsamles, og minst ett elektrisk ledende katodisk element som har én eller flere skrånende øvre drenerte aktive katodeoverflater (11) som lar seg fukte av aluminium og som ved hjelp av et anode-katodegap (40) er skilt fra én eller flere anoder (20) med tilsvarende skrånende aktive anodeoverflater,

10 k a r a k t e r i s e r t v e d at det katodiske element omfatter en skrånende katodisk vegg i elektrolytten over den generelt horisontale cellebunn (5) og den katodiske vegg er laget av et åpent porøst keramisk materiale som lar seg fukte av aluminium og som er mekanisk og kjemisk motstandsdyktig og er fylt med smeltet aluminium, idet den katodiske vegg har:

15 a) en oppad orientert skrå flate som danner den eller de skrånende øvre drenerte aktive katodeoverflater (11) som lar seg fukte av aluminium og på hvilke aluminium blir produsert og renner av ned i aluminiumdammen, og

b) en nedad orientert skrå flate som befinner seg i kontakt med smelteelektrolytten (60) og som ligger over aluminiumdammen,

20 idet aluminiumdammen dekker i det vesentlige hele cellebunnen (5), innbefattende under den katodiske vegg.

2. Celle ifølge krav 1,
k a r a k t e r i s e r t v e d at den katodiske vegg er laget av en generelt flat plate.

25 3. Celle ifølge krav 2,
k a r a k t e r i s e r t v e d at platen omfatter flere skrånende seksjoner.

4. Celle ifølge krav 3,
30 k a r a k t e r i s e r t v e d at platen har et omvendt v-formig tverrsnitt.

5. Celle ifølge krav 1,
k a r a k t e r i s e r t v e d at den katodiske vegg er laget av flere generelt parallelle langstrakte katodiske deler som befinner seg i avstand fra hverandre.

35 6. Celle ifølge krav 1,
k a r a k t e r i s e r t v e d at den katodiske vegg er generelt kjegleformig eller pyramidal.

7. Celle ifølge et hvilket som helst foregående krav,
karakterisert ved at den katodiske vegg er opphengt i smelteelektrolytten.

8. Celle ifølge krav 7,
5 karakterisert ved at den katodiske vegg er opphengt over aluminiumdammen.

9. Celle ifølge krav 7,
karakterisert ved at den katodiske vegg er opphengt og dypper ned i
aluminiumdammen.

10

10. Celle ifølge et hvilket som helst av kravene 1 til 7,
karakterisert ved at den katodiske vegg har en bunnende på cellebunnen i
aluminiumdammen.

11. Celle ifølge krav 9 eller 10,
15 karakterisert ved at den katodiske vegg omfatter en passasje i en bunndel av
denne for aluminiumdammen og/eller for en strøm av aluminarisk elektrolytt fra bak den
eller de aktive katodeoverflater (11) til en bunndel av anode-katodegapet (40).

12. Celle ifølge et hvilket som helst foregående krav,
20 karakterisert ved at den katodiske vegg har en øvre ende som avgrenser en
passasje for strøm av elektrolytt fra over en øvre del av anode-katodegapet (40) til bak
den eller de aktive katoders overflate(r).

13. Celle ifølge et hvilket som helst av kravene 1 til 11,
25 karakterisert ved at den katodiske vegg omfatter en åpning i en toppdel av
denne for strøm av elektrolytt fra over den øvre del av anode-katodegapet (40) til bak den
eller de aktive katodeoverflate(r) (11).

14. Celle ifølge et hvilket som helst foregående krav,
30 karakterisert ved at den katodiske åpent porøse keramiske materiale som lar seg
fukte av aluminium, omfatter minst ett av: oksider av aluminium, zirkonium, tantal, titan,
silisium, niob, magnesium og kalsium; nitrid, karbider og borider og oksyforbindelser
derav.

35

15. Celle ifølge et hvilket som helst foregående krav,
karakterisert ved at den åpent porøse vegg som lar seg fukte av aluminium,
inneholder et aluminiumfuktemiddel, spesielt et fuktemiddel som kan reagere med smeltet
aluminium under dannelse av et overflatelag som inneholder alumina, aluminium og

metall avledet fra metalloksidet og/eller det delvis oksiderte metall, så som mangan, jern, kobolt, nikkel, kobber, sink, molybden, lantan eller andre sjeldne jordartsmetaller eller kombinasjoner derav.

5 16. Celle ifølge et hvilket som helst foregående krav,
karakterisert ved at minst én anode omfatter en elektrokjemisk aktiv hullete
metallisk anodestruktur for utvikling av oksygen, idet den hullete anodestruktur omfatter
gjennomgående åpninger for sirkulering av elektrolytt gjennom disse.

10 17. Celle ifølge krav 16,
karakterisert ved at den omfatter minst én elektrolyttlededel som befinner seg
over den nevnte hullanodestruktur, for å lede sirkuleringen av elektrolytt.

18. Celle ifølge kravene 16 eller 17,
15 karakterisert ved at hullanodestrukturen har et v-formig tverrsnitt og er vendt
mot en tilsvarende v-formig aktiv katodeoverflate (11).

19. Celle ifølge krav 18,
karakterisert ved at den omfatter en elektrolyttlededel som befinner seg over en
20 øvre ende av den v-formige hullanodestruktur og som strekker seg over i det vesentlige
hele området for den v-formige anodestruktur, for å lede en oppadrettet strøm av
aluminatarmet elektrolytt fra anodens gjennomgående åpninger til et sted over
anodestrukturen hvor elektrolytten anrikes med alumina og deretter over en øvre ende av
den generelt v-formige anodestruktur hvorfra den aluminaanrikede elektrolytt mates inn i
25 anode-katodegapet (40).

20. Celle ifølge et hvilket som helst av kravene 1 til 15,
karakterisert ved at den omfatter minst én ikke-hullete anode som har en
elektrokjemisk aktiv metallisk anodestruktur laget av én eller flere massive plater vendt
30 mot en aktiv katodeoverflate (11).

21. Celle ifølge krav 20,
karakterisert ved at anodestrukturen omfatter en øvre ende som avgrenser en
passasje for sirkulering av elektrolytt over anodestrukturen.

35

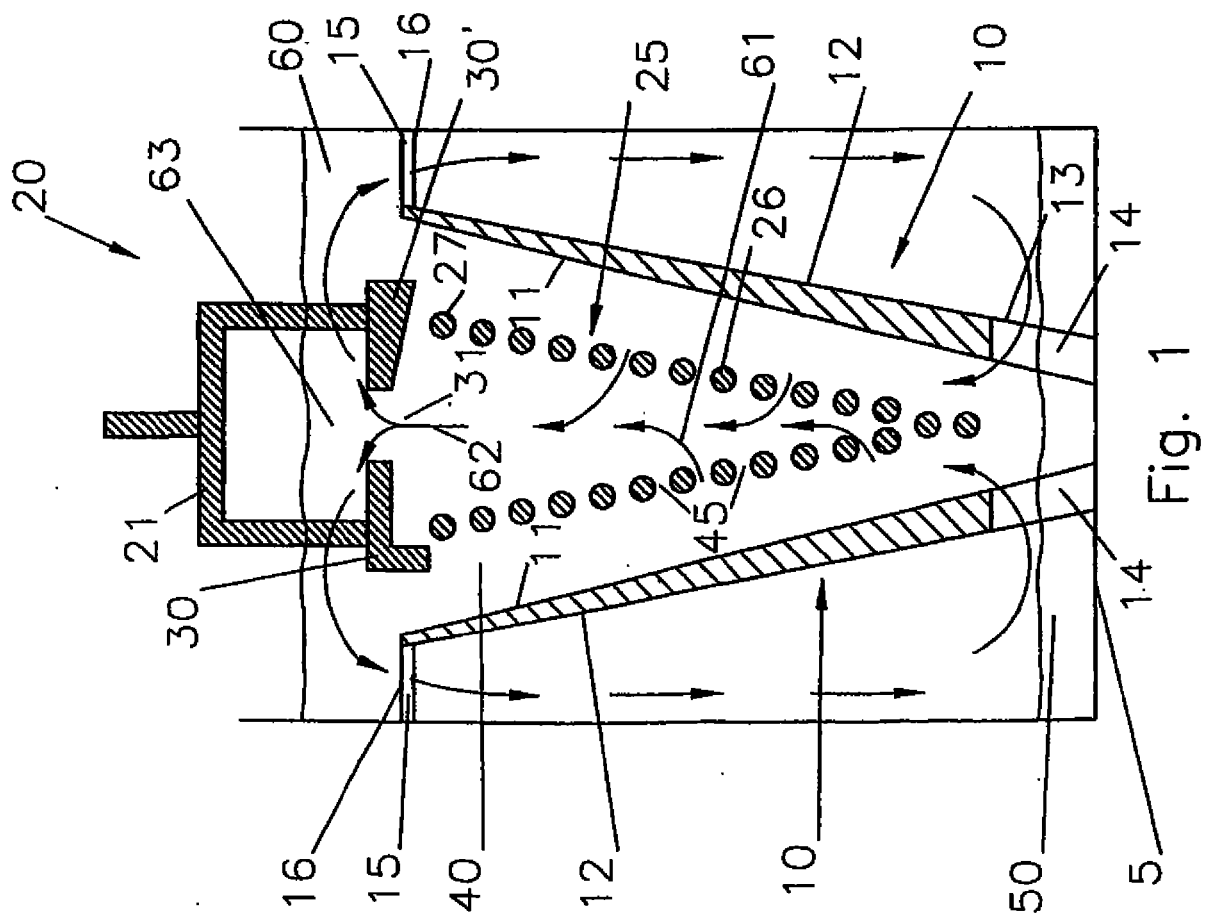
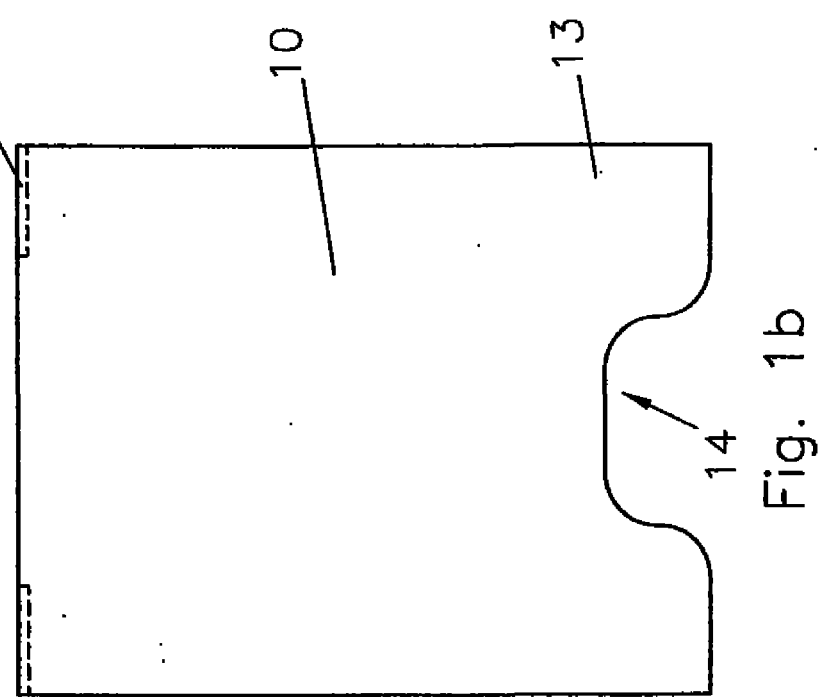
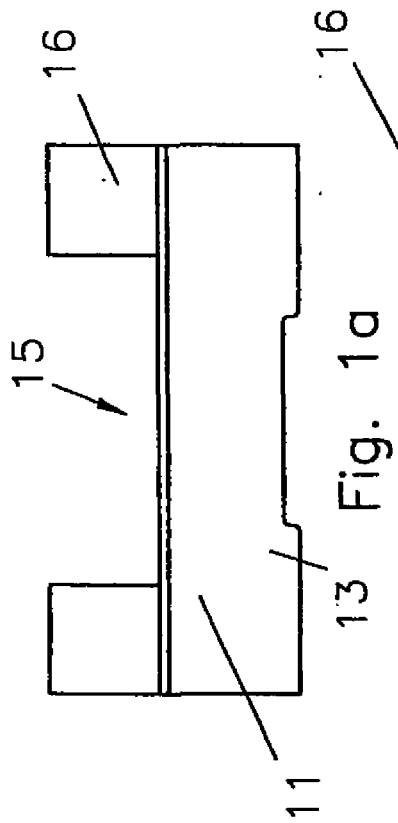
22. Celle ifølge krav 20,
karakterisert ved at anodestrukturen omfatter en øvre del med en åpning som
avgrenser en passasje for sirkuleringen av elektrolytt gjennom anodestrukturen.

23. Cella ifølge et hvilket som helst foregående krav, karakterisert ved at den omfatter en cellebunn i en gjenoppbygget celle etterutrustet med den nevnte katodiske vegg.

- 5 24. Fremgangsmåte for elektroutvinning av aluminium i en celle som definert i et hvilket som helst foregående krav, karakterisert ved at den omfatter elektrolyse i anode-katodegapet (40) av alumina oppløst i smelteelektrolytten for produksjon av gass anodisk og aluminium på den eller de oppad orienterte skrånende aktive katodeoverflate(r) til den eller de katodiske
10 vegger, idet aluminiumproduktet renner av fra den eller de aktive katodeoverflate(r) og oppsamles på cellebunnen (5) i aluminiumdammen.

2004-04-06

1/5



2/5

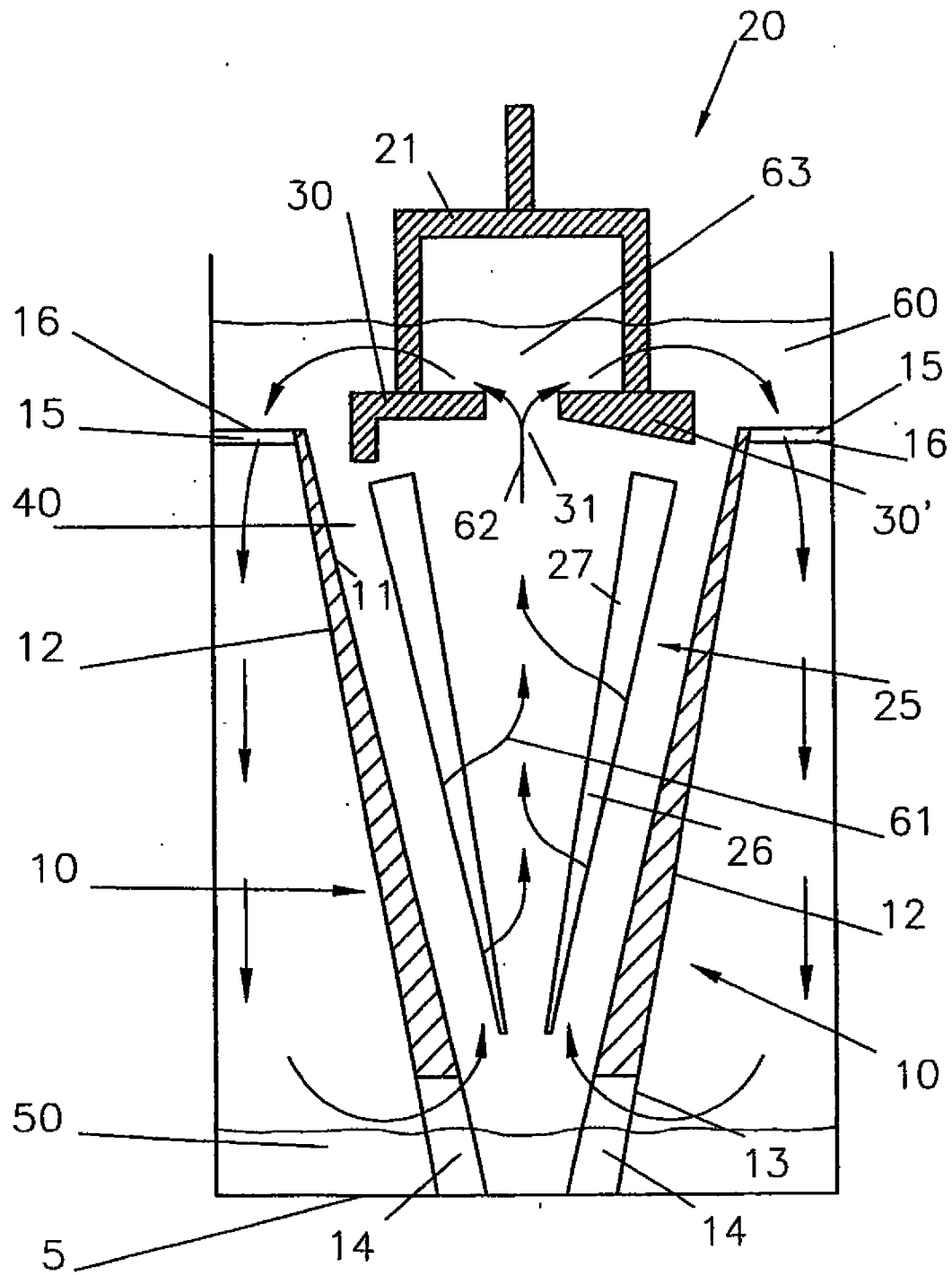
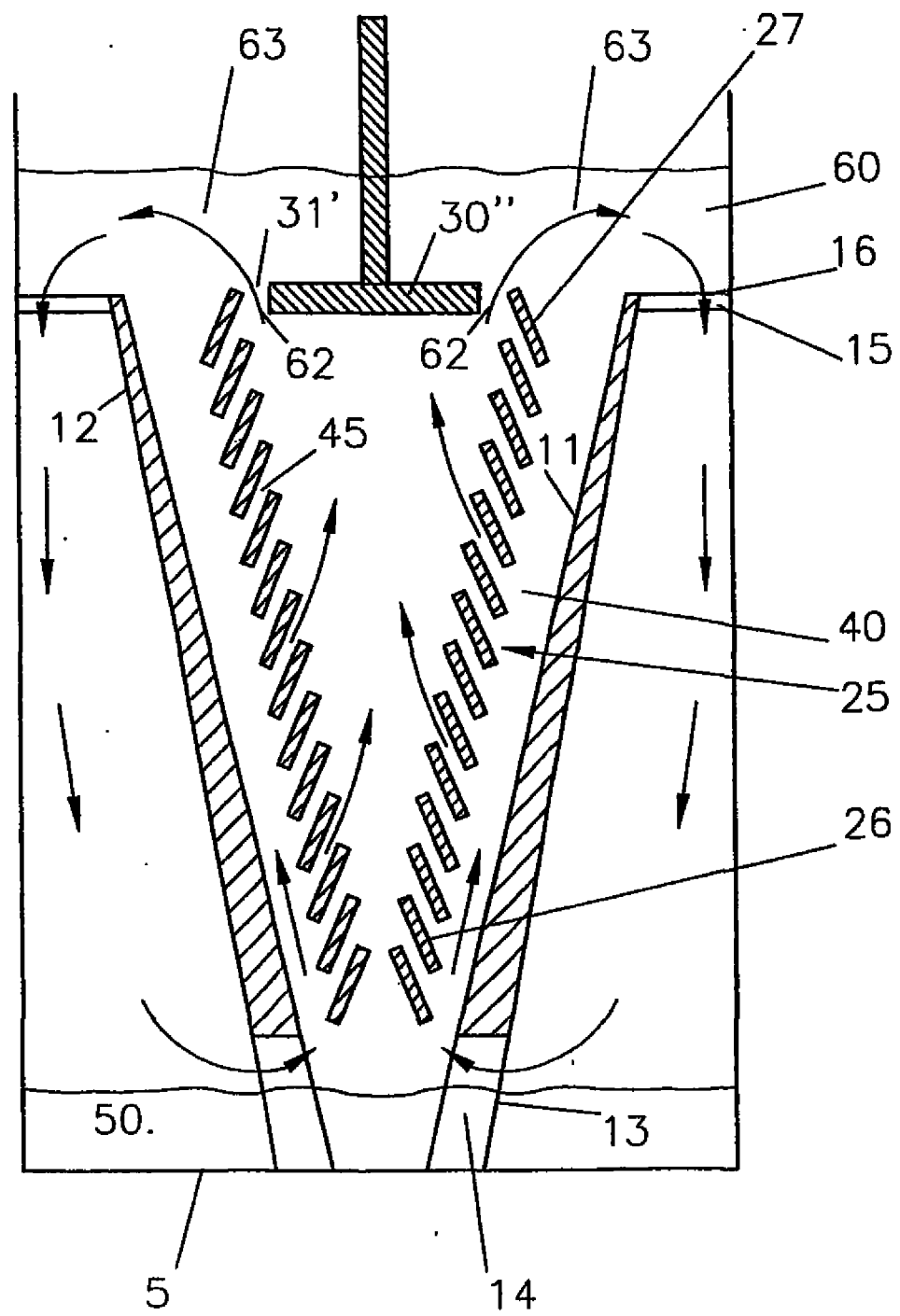


FIGURE 2

3/5



FIGUR 3

4/5

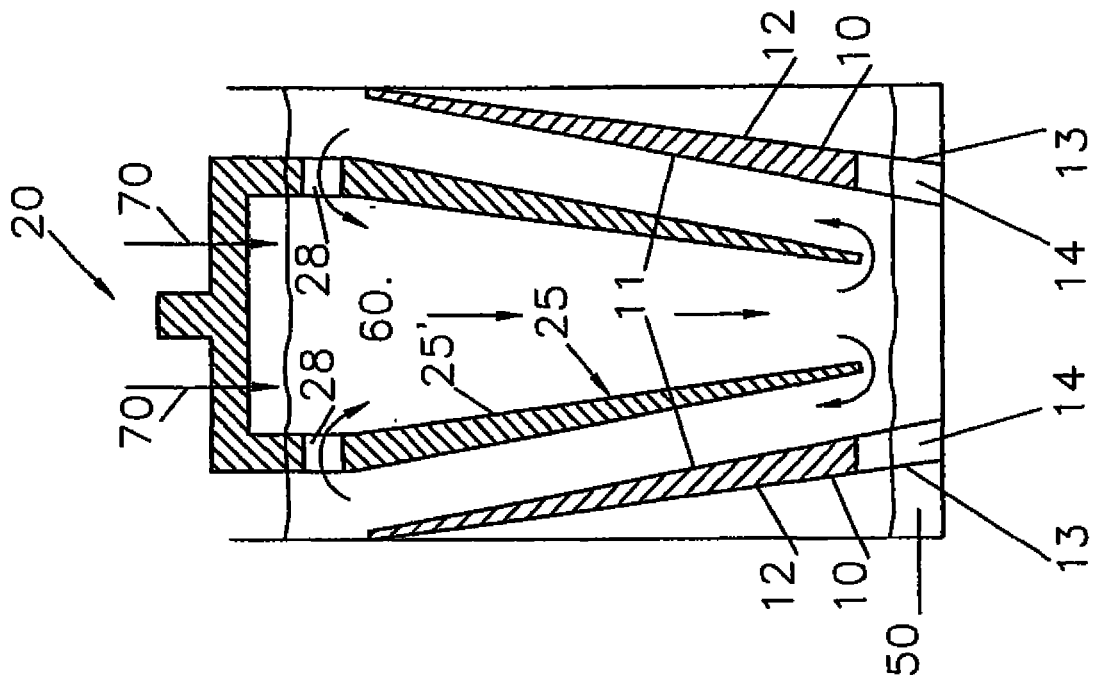


Fig. 5

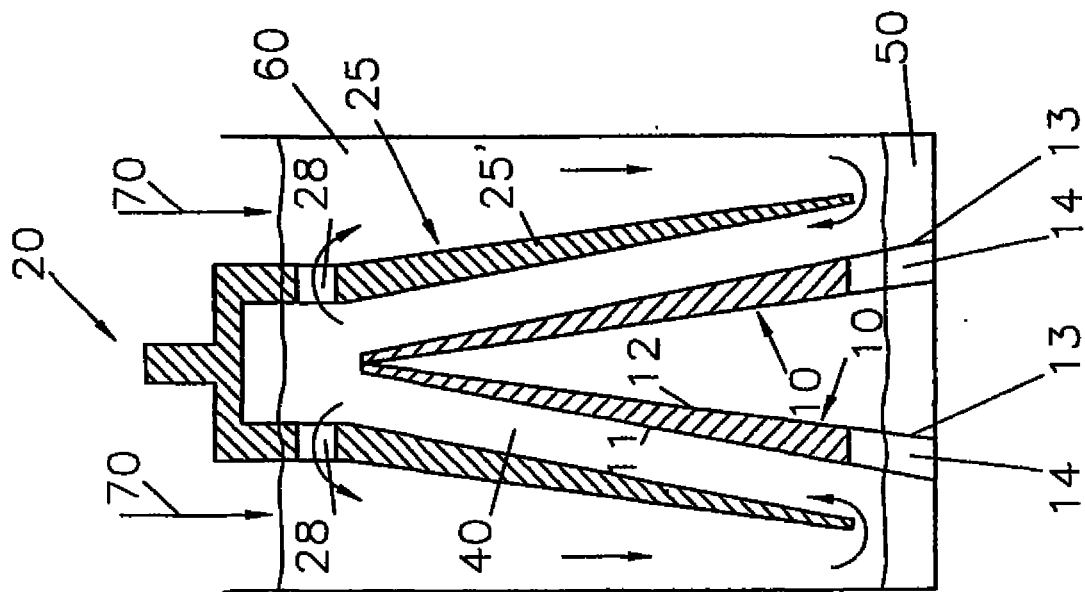


Fig. 4

5/5

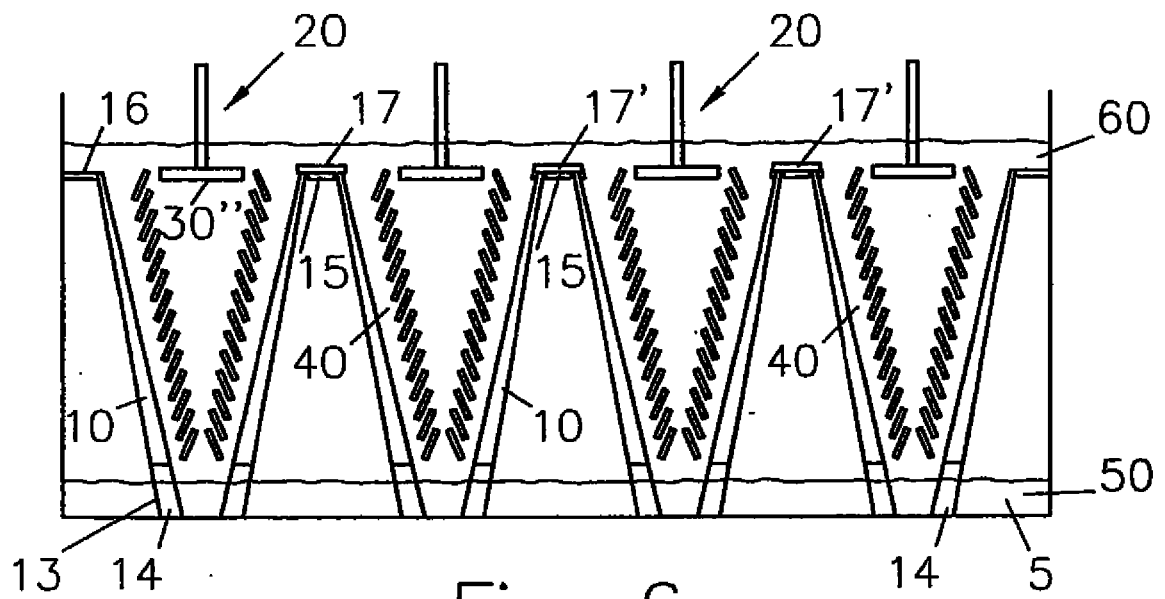


Fig. 6

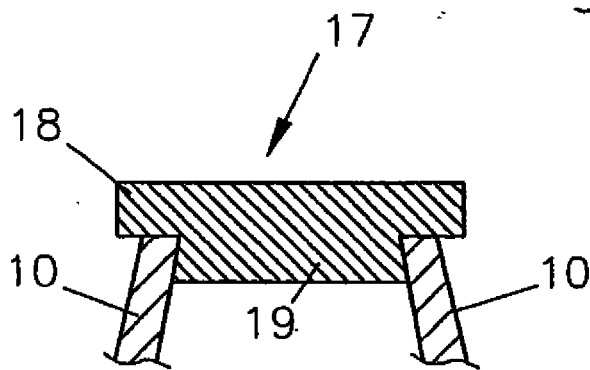


Fig. 6a

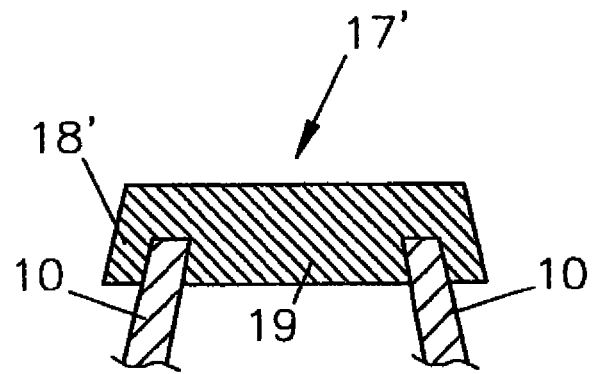


Fig. 6b

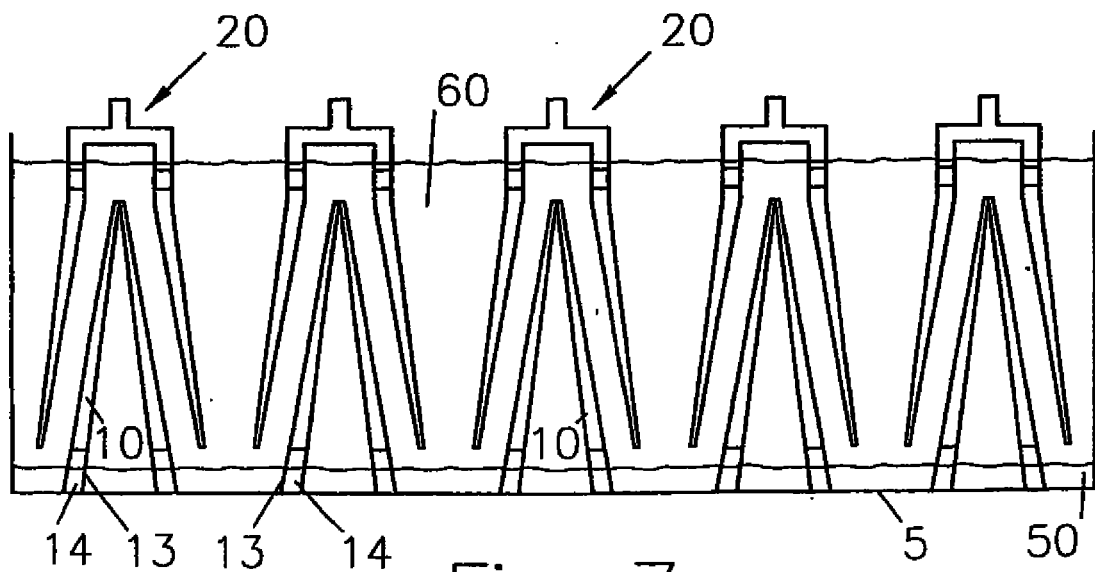


Fig. 7