



**NORGE**

(19) [NO]

STYRET FOR DET  
INDUSTRIELLE RETTSVERN

[B] (12) **UTLEGNINGSSKRIFT** (11) **NR. 155104**

(51) Int. Cl.<sup>4</sup> C 25 C 3/08

(21) Patentsøknad nr. 811711  
(22) Inngivelsesdag 20.05.81  
(24) Løpedag 20.05.81  
(62) Avdelt/utskilt fra søknad nr.

(86) Internasjonal søknad nr. -  
(86) Internasjonal inngivelsesdag -  
(85) Videreføringsdag -

(41) Alment tilgjengelig fra 24.11.81  
(44) Utlegningsdag 03.11.86

(71)(73) Søker/Patenthaver SCHWEIZERISCHE ALUMINIUM AG,  
CH-3965 Chippis,  
Sveits.

(72) Oppfinner TIBOR KUGLER, Thayngen, Sveits.

(74) Fullmektig Siv.ing. Henrik Levkowitz,  
J.K. Thorsens Patentbureau A/S, Oslo.

(30) Prioritet begjært 23.05.80, Sveits, nr 4038/80.

(54) Oppfinnelsens benevnelse **KATODE FOR SMELTEELEKTROLYSECELLE.**

(57) Sammendrag

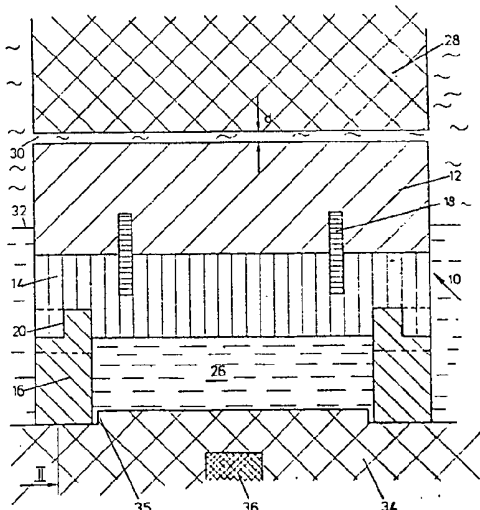
En faststoff-katode i en smelteelektrolysecelle for fremstilling av aluminium består av elementer (10) som kan utskiftes hver for seg. Disse katodeelementer er sammensatt av to deler som er stivt sammenføyet og varmesjokkbestandige.

Den øvre del (12) som fra smelteelektrolytten (30) rager ned i det utskilte aluminium (26), eller dens overflatebelegg består av et material som ved driftstemperatur er en god elektrisk leder og kjemisk bestandig samt kan fuktes av aluminium.

Den nedre del (14,16) som i sin helhet befinner seg i flytende aluminium (26), eller dens overflatebelegg består imidlertid av et isolerende material som er bestandig overfor flytende aluminium.

(56) Anførte publikasjoner

USA (US) patent nr. 4376690 (C25C 3/08).



Foreliggende oppfinnelse angår en katode bestående av elementer som kan utskiftes hver for seg og for anvendelse i en smelteelektrolysecelle, særlig for fremstilling av aluminium.

Ved fremstilling av aluminium fra aluminiumoksyd ved elektrolyse er oksydet oppløst i en fluoridsmelte som for største delen består av kryolitt. Det katodiske aluminium som utskilles under prosessen samler seg under fluoridsmelten på cellens karbonbunn, således at overflaten av det flytende aluminium selv danner cellens katode. Anodene, som ved vanlige fremstillingsprosesser består av amorft karbon, er festet til overliggende anodebjelker og er ovenfra neddykket i smelteelektrolytten. Som en følge av den elektrolytiske spalting av aluminiumoksydet dannes det ved karbonanodene oksygen som kombineres med anodenes karbonmaterial til dannelsen av  $\text{CO}_2$  og  $\text{CO}$ . Elektrolyseprosessen finner vanligvis sted ved en temperatur omkring  $940 - 970^\circ\text{C}$ . I løpet av denne prosess utarmes elektrolytten på aluminiumoksyd. Ved en nedre konsentrasjon på omkring 1 - 2 vekt% aluminiumoksyd i elektrolytten inntreffer den såkalte anodeeffekt, som fører til en spenningsstigning fra for eksempel 4 - 4,5 V til 30 V og høyere verdier. Senest ved dette tidspunkt må skorpen av størknet elektrolytt brytes opp og aluminiumoksydkonsentrasjonen økes ved tilsats av fersk aluminiumoksyd (oksydleire).

Ved fremstilling av aluminium ved smelteelektrolyse er det vel kjent å anvende katoder som fuktes av aluminium. For anvendelse i kjente elektrolyseceller for fremstilling av aluminium er det også foreslått anvendelse av katoder av titandiborid, titankarbid, prolytisk grafitt, borkarbid og andre materialer, innbefattet sådanne blandinger av disse materialer som kan sintres sammen.

Sammenlignet med vanlige elektrolyseceller med en interpolaravstand på ca. 6 - 6,5 cm har anvendelse av katoder som kan fuktes med aluminium, men bare er svakt løsbare eller slett ikke i flytende aluminium, klare fordeler. Det katodisk

155104

2

utskilte aluminium flyter utover den katodeflate som vender mot den aktive anodeflate, selv når det foreliggende aluminiumsjikt er meget tynt. Det er derfor mulig å lede det utskilte flytende aluminium ut av gapet mellom anode og katode og bringe det til oppsamling i et basseng utenfor dette gap.

Som en følge av det tynne aluminiumsjikt på katodeflaten vil det ikke forekomme uregelmessigheter i aluminiumlagets tykkelse på grunn av elektromagnetiske krefter og konveksjonskrefter, hvilket er velkjent fra vanlige elektrolyseprosesser. Dette betyr at interpolaravstanden kan nedsettes uten at dette medfører nedsatt strømutbytte, hvilket innebærer et meget mindre energiforbruk pr. fremstilt metallenhet.

I US-PS nr. 3.400.061 er det foreslått en elektrolysecelle hvor fuktbare katoder er festet til cellens karbonbunn. Katodeplatene er svakt skråstilt i forhold til horisontalplanet mot midten av cellen. Størrelsen av gapet mellom anode og katode, nemlig interpolaravstanden, er meget mindre enn i vanlige celler. Dette har som følge at det er vanskeligere for elektrolytten å sirkulere mellom anode og katode. Etter hvert som aluminium utskilles blir kryolitten sterkt utarmet på aluminiumoksyd, hvilket gjør cellen utsatt for anodeeffekt. Bare en liten del av cellegulvets flateområde er tilgjengelig for oppsamling av det flytende metall. For at driftstiden mellom metalluttappingene fra cellen ikke skal bli uøkonomisk kort, må imidlertid aluminiumbassenget gjøres dypt, hvilket igjen innebærer ekstra isolasjon av cellegulvet.

Det bør også bemerkes at forbindelsesefugene mellom karbongulvet og de fuktbare katodeplater stiller fordringer til fugemassen som det er vanskelig å imøtekomme. Denne masse øker også den elektriske motstand i cellegulvet. Som ved konvensjonelle elektrolyseceller består gulvet av elektrisk ledende og således dårlig varmeisolerende karbonmaterial.

Fuktbare katoder er også anvendt i den prosess som er angitt i

den offentliggjorte tyske patentansøkning nr. 2.656.579. I dette tilfelle er sirkulasjonen av kryolittsmelten forbedret ved at katodeelementene er forankret i det elektrisk ledende cellegulv, mens området under anodene rager ut av det aluminiumbasseng som dekker resten av cellens gulvflate. Katodeelementene utgjøres i dette tilfelle av rør som er lukket i bunnen samt er fullstendig fylt av aluminium og utført i et material som kan fuktes av flytende aluminium. Over aluminiumbassenget, hvilket vil si mellom rørene, letter mellomrom mellom katodeelementene elektrolyttens sirkulasjon. Høyden av disse mellomrom samt høyden av rørene velges slik at det ikke finner sted noen strømovergang av betydning mellom anoden og aluminiumbassenget. Det utstyr for strømtilførsel til katodeelementene som er angitt i eksemplene i den ovenfor nevnte tyske patentansøkning er alle beheftet med ulempene ved strømtilførsel gjennom karbonbunnen. Elektrolyttens strømning er en virvelstrømning omkring hvert katodeelement og finner sted uten noen foretrukket strømningsinnretning, således at det ikke vil foreligge noen optimal fordeling av aluminiumoksydkonsentrasjonen.

En videreutvikling av den ovenfor angitte tyske patentansøkning kan finnes i US-PS nr. 4.177.128. Rørene som valgfritt kan være av elektrisk ledende eller ikke ledende material er utstyrt med et nøyaktig tilpasset deksel utført i elektrisk ledende material. Dette deksel står over en nedoverragende forlengelse i forbindelse med det flytende aluminium i røret. I henhold til denne utførelseform anvendes imidlertid ved elektrisk ledende rør mer titandiborid enn angitt i den ovenfor omtalte tyske patentansøkning, mens elektrisk isolerende rør neppe er tilstrekkelig bestandig overfor kryolittsmelten. I ikke hermetisk avtettede rør dannes dessuten slam, som bare vanskelig oppløses på nytt og er praktisk talt umulig å fjerne.

En grunnleggende ulempe ved alle de hittil omtalte utførelseformer av fuktbare katoder er at disse katoder er permanent

155104

4

forankret i cellegulvet. Av økonomiske grunner må derfor det material som velges for sådanne fuktbare katoder være slik at materialets levetid er like lang eller lenger enn cellefor-  
ingens varighet under driftsforhold. Anvendelse av billigere material med kortere levetid eller enklere fremstillings-  
prosess ville bety at svikt i bare en liten andel av katode-  
elementene, for eksempel på grunn av feil i fremstillings-  
prosessen eller cellens drift, ville da innebære at hele  
cellen måtte tas ut av drift. Cellens karbonbunn med de inn-  
støpte katodeledere er vanligvis ytterst følsomme for feil som  
er oppstått under fremstillingen.

I tysk patentskrift nr. 2.838.965 er det derfor for en smelte-  
elektrolysecelle, særlig for fremstilling av aluminium, fore-  
slått en fuktbar katode som består av elementer som kan ut-  
skiftes hver for seg og hver er utstyrt med minst en strøm-  
tilførsel. Ved en sådan utførelseform med problemløst ut-  
skiftbare katodeelementer overvinnes åpenbart de mest tungt-  
veiende av de ovenfor omtalte ulemper, men noen ulemper er  
likevel igjen. De elektrisk ledende fuktbare elementer består  
av forholdsvis dyrt material, som dessuten er vanskelig å  
bearbeide. Med hensyn til størrelsen og den geometriske form  
av elementene er det satt visse grenser.

Det er derfor et formål for foreliggende oppfinnelse å frem-  
bringe en katode for en smelteelektrolysecelle for aluminium-  
fremstilling og bestående av elementer som kan utskiftes hver  
for seg og særlig med hensyn på formgivning og bearbeiding kan  
fremstilles mer økonomisk enn det tidligere har vært mulig.

Dette oppnås i henhold til oppfinnelsen ved at elementene er  
sammensatt av to stivt mekanisk sammenføyde, varmesjokkbe-  
standige deler, nemlig en øvre del som rager fra smelte-  
elektrolytten ned i det utskilte aluminium og en nedre del som  
i sin helhet befinner seg i det flytende aluminium, og de to  
deler er utført i innbyrdes forskjellige materialer, idet

- a) den øvre del eller dens overflatebelegg er utført i et material som ved driftstemperatur er en god elektrisk leder og kjemisk bestandig samt kan fuktes av aluminium, og
- b) den nedre del eller dens overflatebelegg er utført i et isolerende material som er bestandig overfor flytende aluminium.

De øvre deler av elementene er utført i materialer som er beskrevet i den relevante faglitteratur som egnet for fuktbare katodeplater og som tilfredsstiller de fordringer som stilles til sådant material. Som eksempler kan nevnes titandiborid, titankarbid, titannitrid, zirkoniumdiborid, zirkoniumkarbid, zirkoniumnitrid og blandinger av to eller flere av de nevnte materialer, som eventuelt også kan inneholde en liten andel bornitrid.

De elektrisk ledende, fortrinnsvis plateformede øvre deler av elementene rager som nevnt ned i det flytende aluminium, men berører ikke cellens karbonbunn.

De nedre deler av elementene behøver på den annen side ikke å kunne fuktes av aluminium og behøver heller ikke å være elektrisk ledende. Disse deler behøver bare å være bestandig overfor smeltet aluminium og ha tilstrekkelig mekanisk styrke samt en høy bestandighet overfor varmesjokk. Visse materialer som tilfredsstiller disse fordringer i tilstrekkelig grad er meget mer prisgunstige enn de materialer som benyttes i de øvre deler eller deres overflatebelegg og må kunne fuktes av aluminium og være elektrisk ledende.

De formede deler av isolerende materiale som anvendes som de nedre deler av elementene er meget lettere å tilvirke. Dette sammen med de lavere fremstillingsomkostninger for disse materialer gjør at disse deler blir 10 - 20 ganger billigere i masseproduksjon enn de øvre deler. Som et eksempel på sådanne isolerende materialer som aldri kommer i kontakt med smelte-elektrolytten, kan det nevnes sterkt sintret aluminiumoksyd,

keramikker som inneholder aluminiumoksyd, silisiumkarbid eller silisiumnitrid bundet med silisiumkarbid. Disse materialer har høyere egenvekt enn aluminium og er bestandige mot erosjon, hvilket er av betydning med hensyn til det slam som foreligger i det sirkulerende aluminium.

Både nedre og øvre del av et katodeelement kan istedet for å utgjøres av et homogent fast legeme bestå av en kjerne av billigere mekanisk stabilt material, slik som for eksempel stål, titan eller grafitt, som ved en eller annen kjent prosess er belagt med minst ett av de nevnte særlig egnede materialer. I det tilfelle grafitt anvendes som kjerne-material, kan en sintringsprosess anvendes for fremstilling av det sammensatte legeme.

Katodeelementene består fortrinnsvis av flere delelementer. Herunder er de elektrisk ledende delelementer som danner den øvre del hensiktsmessig av enklest mulig geometrisk form og kan for eksempel utgjøres av 1 - 2 cm tykke, vertikalt anordnede plater, idet avstanden mellom disse plater er større enn deres tykkelse. De lett formbare og bearbeidbare delelementer av isolerende material som danner den nedre del utgjør en bærer eller bærende konstruksjon for de øvre delelementer.

Ved anvendelse av en kombinasjon av delelementer er det mulig å forene enkle elektrisk ledende hardmetalldeler uten mekanisk eller annen formgivning etter sintringen, hvilket vil si med eventuelt store avvik fra de tilsiktede dimensjoner, for å oppnå en sammenstilling som både er formstabil og tillater visse påkjenninger fra transportutstyret under montering eller fjerning fra cellen uten at de relativt ømtåelige øvre deler ødelegges som en følge av støt, bøyepåkjenninger etc. Mekaniske virkninger som fremkommer under cellens drift er mindre farlige.

Dimensjonene og således også vekten av de elektrisk ledende deler, som i praksis krever den alt overveiende investeringsinnsats, er meget mindre enn ved alle tidligere kjente celler med faste katoder.

Dimensjonene av katodeelementenes horisontalflater velges hensiktsmessig på sådan måte at et helt tall mellom 1 og 7 multiplisert med de horisontale flatedimensjoner tilsvarer den overliggende anode. Fortrinnsvis er imidlertid de horisontale geometriske dimensjoner av et katodeelement og den tilsvarende anode av samme størrelsesorden.

Ved innsetning eller utskifting av et katodeelement behøver den ovenforliggende anode bare midlertidig å fjernes. Dette er en stor fordel av følgende grunner:

- a) defekte katodeelementer kan erstattes uten avbrudd av cellens drift,
- b) katodeelementer av annen utførelse kan monteres i celler hvis arbeidsfunksjon eller virkningsgrad ikke er tilfredsstillende.

Som allerede beskrevet i den publiserte tyske patentansøkning nr. 2.838.965 er strømtilførselen fra strømkilden til katodeoverflaten av avgjørende betydning for cellens drift. Den elektrolytt som befinner seg mellom anoden og katodeelementet utsettes nemlig under påvirkning av elektrolysestrømmen og de foreliggende magnetfelter for en magnetohydrodynamisk pumpevirkning.

Oppfinnelsen vil nå bli nærmere beskrevet ved hjelp av utførelseeksempler og under henvisning til de vedføyde tegninger, hvorpå:

Fig. 1 viser et vertikalt delsnitt gjennom det aktive område av en elektrolysecelle i lengderetningen av de aluminiumsfuktbare katodeplater.

Fig. 2 viser et vertikalt snitt langs linjen II-II i fig. 1 på tvers av katodeplatene.

Fig. 3 viser et horisontalt snitt langs linjen III-III i fig. 2.

Fig. 4 viser et vertikalt lengdesnitt gjennom en utførelsevariant av katodeplatene.

Fig. 5 viser et vertikalt lengdesnitt gjennom en ytterligere utførelsevariant av katodeplatene.

Et katodeelement 10 med en øvre del sammensatt av plater 12 som er elektrisk ledende og fuktbare av aluminium, samt en nedre del sammensatt av formede plater 14, 16 som er bestandige overfor flytende aluminium, er vist i fig. 1 - 3. I dette utførelseeksempel er de fuktbare katodeplater 12 forbundet mekanisk med isolerende plater 14 av samme dimensjon ved hjelp av runde bolter 18 på sådan måte at sammenstillingen er mekanisk stabil. Boltene 18 er fortrinnsvis utført i et mer lettbearbeidbart og billigere isolasjonsmateriale, idet de ikke kommer i kontakt med smelteelektrolytten.

Platene 14 av isolerende materiale oppviser på sin underside uttagninger 20 som er formtilpasset uttagninger 22 i støtteplatene 16, som også består av isolerende materiale.

Derved oppnås med enkle midler et mekanisk stabilt katodeelement, idet en gruppe av aluminiumfuktbare katodeplater 12 ved hjelp av en støttekonstruksjon av vesentlig billigere material sammenføres til en enhet. Massen av disse katodeelementer 10 er tilstrekkelig stor til at de ikke forskyves eller føres bort av strømmingene i badet.. I tilfelle det ønskes en ytterligere økning av den mekaniske stabilitet, kan det anvendes mellomstykker, for eksempel av kileform, og/eller sementmaterialer som er bestandige overfor flytende aluminium. Elementene kan også senere i tilstrekkelig grad tilpasses varmeutvidelser.

Støtteplatene 16 oppviser på sin underside utsparinger 24

som er anordnet hovedsakelig av tre grunner:

- a) det flytende aluminium 26 kan sirkulere fritt således at dannelse av bunnsлам motvirkes,
- b) materialomkostninger innspares,
- c) katodeelementet 10 kan lettere settes inn i og fjernes fra cellen.

De elektrisk ledende katodeplater 12 befinner seg i en interpolavstand  $d$  fra den avbrennbare karbonanode 28. Under elektrolyseprosessen forbrukes elektrolytten raskt i det smale gap mellom katodeplatene og anoden. Katodeplatene 12 er imidlertid forholdsvis smale, og av denne grunn kan strømminger i elektrolytten raskt fornye den elektrolytt som er utarmet på aluminiumoksyd i interpolargapet, selv når dimensjonen  $d$  ligger meget under den normale verdi på 6 - 6,5 cm. Det utskilte metall danner en uavbrutt metallfilm på de fuktbare katodeplater 12 og strømmer fra disse ned i bassenget 26.

Overflaten 32 av det flytende aluminium 26 må alltid ligge innenfor det høydeområdet som dekkes av de fuktbare katodeplater 12, og når cellen uttappes må man særlig sørge for at metallnivået aldri synker ned til det området som dekkes av de isolerende plater 14, 16. Dette ville i tilfelle frembringe et avbrudd i strømmen samt korroderende angrep og ødeleggelse av de isolerende plater.

Den elektrolyserende likestrøm flyter fra anodene 28 gjennom elektrolytten 30 over interpolargapet til katodeplatene 12. Strømmen går så inn i det flytende aluminium 26 og flyter gjennom karbongulvet 34 inn i katodestavene 36 av jern.

Ut i fra fig. 2 vil det innses at arbeidsflaten på anoden 28 har samme form som den tilsvarende katodeflate. Av denne grunn foretrekkes det i henhold til oppfinnelsen at det anvendes plater som strekker seg over hele bredden av den aktive anodeplate. I prinsipp kan det også anvendes fuktbare

katoder utformet som rør i samsvar med kjent teknikk. Dette ville imidlertid medføre tilsvarende uttagninger i anodens arbeidsflate, som i sin tur ville danne gasslommer under elektrolyseprosessen og tilsvarende nedsatt strømutbytte.

I elektrolysecellens karbonbunn 34 kan det være utformet føringsspor 35 som forhindrer en forskyvning av katodeelementene 10 i sideretning.

I fig. 4 er det vist en utførelsevariant av en katodeplate 12. Utforming av et vindu 38 tillater innsparing av konstruksjonsmateriale og forbedrer strømningsbetingelsene i elektrolytten. På undersiden oppviser platen 12 et svalehalefremspring 40 som kan innpasses i en tilsvarende utsparing i bæreplaten 14. Støttekonstruksjonen av isolerende material er da således utformet at platen ikke kan sideforskyves.

En ytterligere utførelsevariant av de fuktbare katodeplater 12 er vist i fig. 5. Såvel utforming av et vindu 38 som de avskrånede undersider er utført for på den ene side å spare inn fuktbart katodemateriale og på den annen side å optimalisere strømningsforholdene i elektrolysebadet. Katodeplaten 12 er ved hjelp av en midtre nedoverrettet forlengelse 42 festet i en støtteplate 14.

Den ovenfor anvendte betegnelse "isolerende materiale" omfatter også dårlig elektrisk ledende materialer. Derimot må det aldri anvendes elektrisk godt ledende materialer i støttekonstruksjonen, idet:

- a) disse materialer er dyrere og vanskeligere å fremstille, og
- b) kontaktvirkninger og erosjon ville opptre på overgangstedene til de godt ledende katodeplater 12.

En bærekonstruksjon 14, 16 er i seg selv ingen gjenstand for foreliggende oppfinnelse, og en hvilken som helst egnet

utførelse som er anvendt på andre områder av teknikken kan anvendes for dette formål.

Katodeelementene i henhold til oppfinnelsen kan også anvendes ved ombygning av eksisterende celler, idet en passende enhet tilpasset anodedimensjonene og metallnivået i cellen ganske enkelt anbringes på karbonbunnen. Dette vil gjøre det mulig å nedsette interpolaravstanden med små ekstra omkostninger, således at strømutbyttet kan økes. Det bør særlig bemerkes at en sådan celleoppbygning kan utføres uten at cellen tas ut av drift og at en senere utskifting av defekte katodeelementer ikke utgjør noe problem.

PATENTKRAV:

1. Katode for en smelteelektrolysecelle for aluminiumfremstilling og bestående av elementer (10) som kan utskiftes hver for seg,

k a r a k t e r i s e r t v e d at elementene (10) er sammensatt av to stivt mekanisk sammenføyde, varmesjokkbestandige deler, nemlig en øvre del (12) som rager fra smelteelektrolytten (30) ned i det utskilte aluminium (26) og en nedre del (14, 16) som i sin helhet befinner seg i det flytende aluminium, og de to deler er utført i innbyrdes forskjellige materialer, idet:

- a) den øvre del (12) eller dens overflatebelegg er utført i et materiale som ved driftstemperatur er en god elektrisk leder og kjemisk bestandig samt kan fuktes av aluminium, og
- b) den nedre del (14, 16) eller dens overflatebelegg er utført i et isolerende material som er bestandig overfor flytende aluminium.

2. Katode som angitt i krav 1,

k a r a k t e r i s e r t v e d at den øvre del av elementene (10) består av vertikalt anordnede plater (12), som med sin horisontale sideflate fortrinnsvis strekker seg langs hele den effektive arbeidsflate av den tilsvarende anode (28).

155104

12

3. Katode som angitt i krav 2,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at avstanden mellom platene (12) er større enn platenes tykkelse.
4. Katode som angitt i krav 1 - 3,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at elementene (10) er ytterligere stabilisert ved hjelp av mellomstykker og/eller sement som er bestandig overfor flytende aluminium.
5. Katode som angitt i krav 1 - 4,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at et heltall multippel mellom 1 og 7 av de horisontale overflatedimensjoner av et element (10), tilsvarer de horisontale overflatedimensjoner av den overliggende anode (28).
6. Katode som angitt i krav 1 - 5,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at det er anordnet et vindu (28) i de elektrisk ledende katodeplater (12).
7. Katode som angitt i krav 1,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at den øvre del (12) og/eller den nedre del (14, 16) har en kjerne av stål, titan eller grafitt, som er forsynt med nevnte overflatebelegg.
8. Katode som angitt i krav 1,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at den øvre del (12) eller dens overflatebelegg er utført i titandiborid, titankarbid, titannitrid, zirkoniumdiborid, zirkoniumkarbid, zirkoniumnitrid eller blandinger av disse materialer.
9. Katode som angitt i krav 8,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at materialet i den øvre del (12) eller dens overflatebelegg inneholder en liten mengde iblandet bornitrid.

155104

13

10. Katode som angitt i krav 1,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at den nedre del (14, 16)  
eller dens overflatebelegg består av godt sintret aluminium-  
oksyd, aluminiumoksydholdige keramikker, silisiumkarbid eller  
silisiumnitrid bundet til silisiumkarbid.

155104

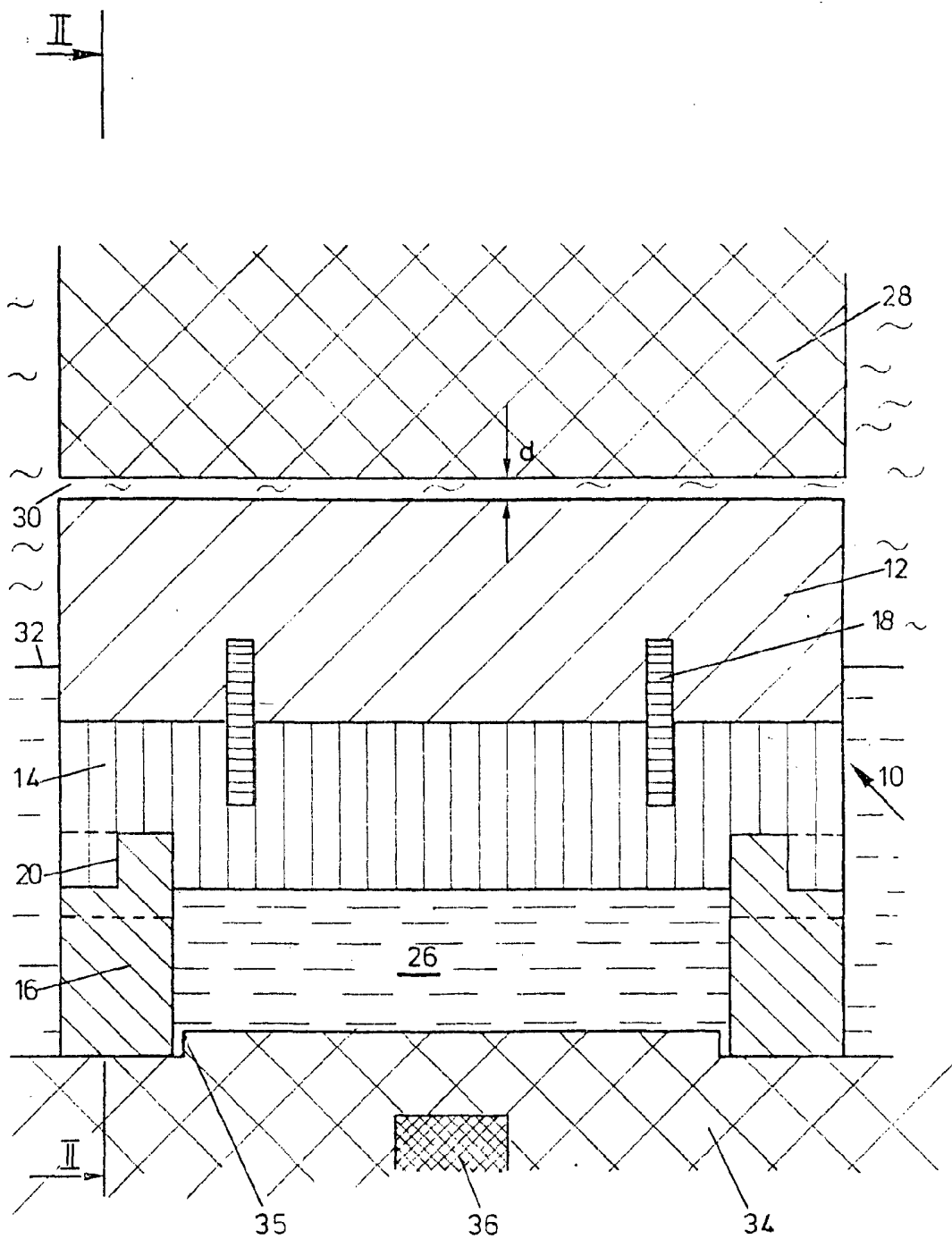


Fig.1

155104

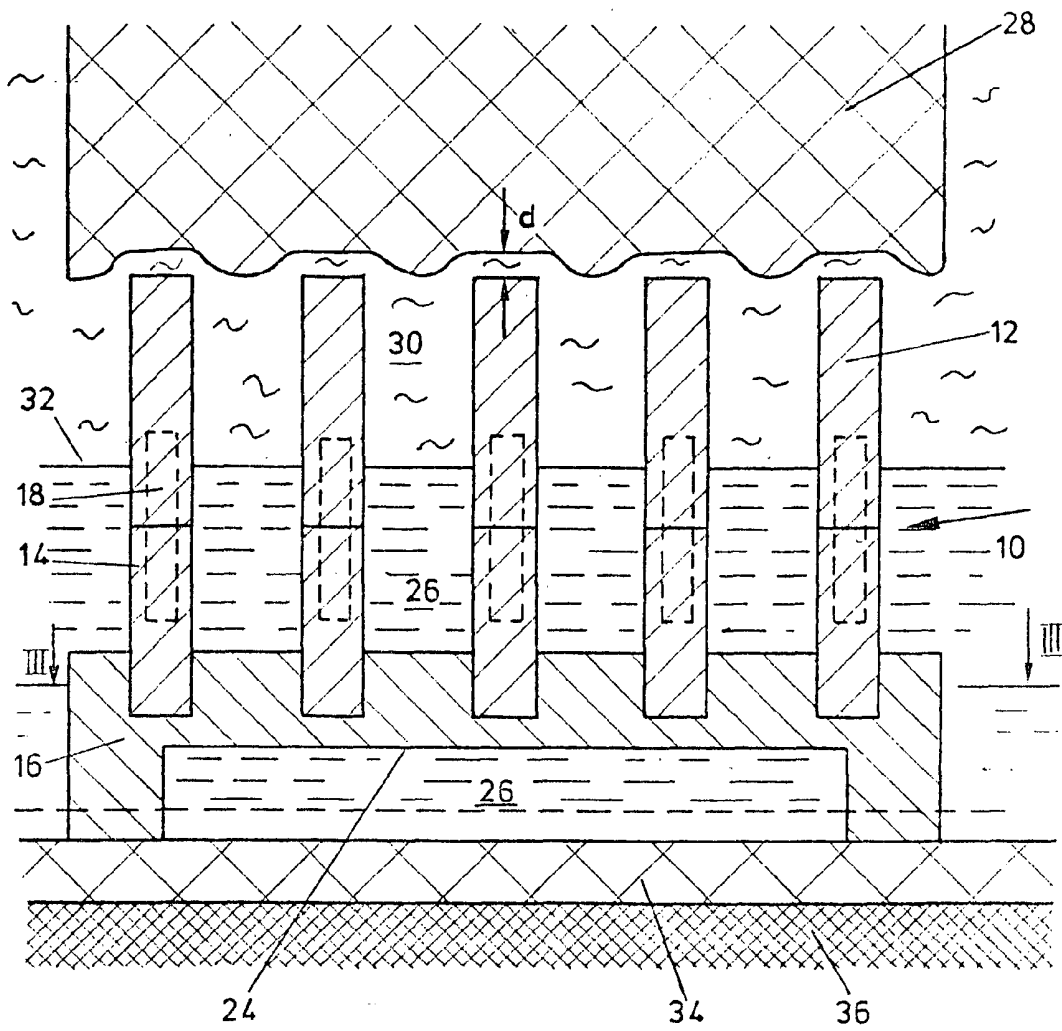


Fig. 2

155104

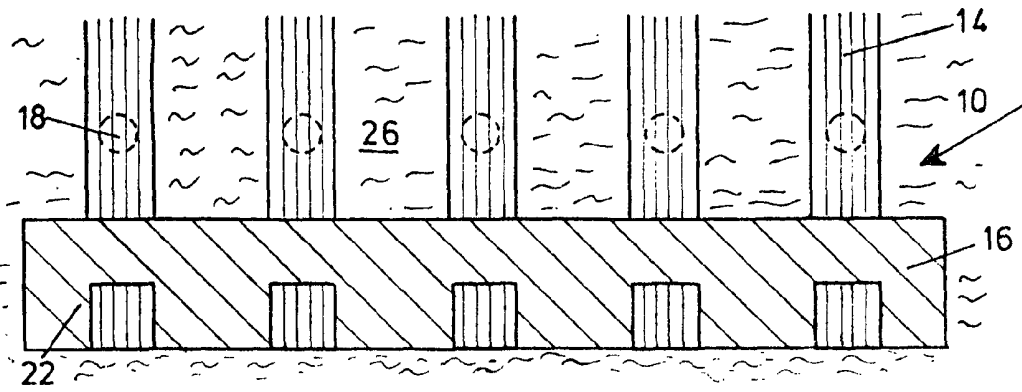


Fig. 3

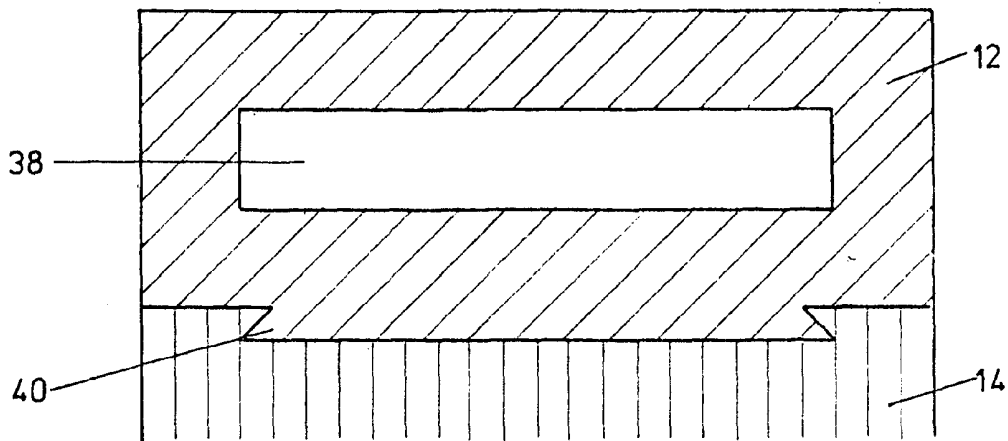


Fig. 4

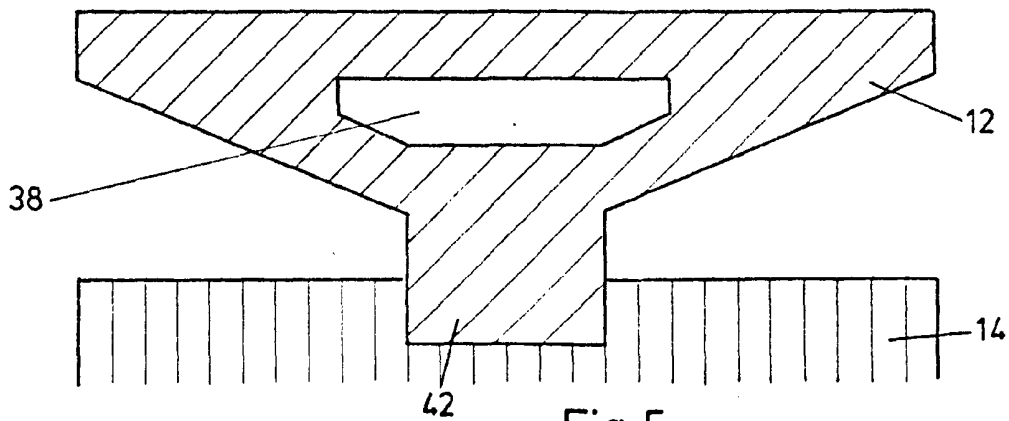


Fig. 5