

NORGE

[B] (11) UTLEGNINGSSKRIFT Nr. 128774



STYRET
FOR DET INDUSTRIELLE
RETTSVERN

(51) Int. Cl. C 22 d 3/12

(52) Kl. 40c-3/12

(21) Patentsøknad nr. 3231/71

(22) Inngitt 31.8.1971

(23) Løpedag 31.8.1971

(41) Søknaden alment tilgjengelig fra 2.3.1972

(44) Søknaden utlagt og
utlegningsskrift utgitt 7.1.1974

(30) Prioritet begjært fra: 1.9.1970 Sveits,
nr. 13100/70

-
- (71)(73) SCHWEIZERISCHE ALUMINIUM AG,
CH-3965 Chippis, Sveits.
- (72) Wolfgang Schmidt-Hatting, Rue des Cerisiers,
CH-3965 Chippis, Sveits.
- (74) Siv.ing. Karsten B. Halvorsen.
- (54) Celle for elektrolytisk fremstilling
av aluminium.

For fremstilling av aluminium ved elektrolyse av aluminiumoksyd (Al_2O_3) løses dette i en fluoridsmelte. Elektrolysen utføres ved en temperatur fra ca. 940 til 975°C. Aluminium, som skilles ut ved katoden, samler seg under fluoridsmelten på bunnen av cellen. Anoden av amorft kull rager ned i smelten. Ved den elektrolytiske spaltning av aluminiumoksydet dannes det oksygen på anodene, og dette oksygen forbinder seg med kullet i anodene til CO og CO_2 .

Prinsippet for en aluminium-elektrolysecelle går frem av fig. 1 som viser et skjematisk og ikke dimensjonsriktig lengdesnitt.

128774

Fluoridsmelten 10, elektrolytten, befinner seg i et stålkar 12 som er forsynt med en kullforing 11 og forsynt med en varme-isolasjon 13. Det katodisk utskilte aluminium 14 ligger på bunnen 15 av cellen. Overflaten 16 av det flytende aluminium, danner katoden. I kullforingen 11 er det lagt inn katodebarrer 17 av jern, som fører strømmen ut fra bunnen av cellen. Anoder 18 av amorf kull rager ned i fluoridsmelten 10, og disse fører likestrøm til elektrolytten. Ved hjelp av strömlederstenger 19 og låseanordninger 20 er de forbundet med anodeskinnene 21. Elektrolytten 10 er dekket av en skorpe 22 av størket smelte og et leirjordskikt 23 over skorpen. Avstanden mellom undersiden av anodene 24 og aluminiumoverflaten 16 også kalt interpolavstanden, lar seg forandre ved heving og senkning av anodeskinnene 21 ved hjelp av et hev-verk 25, som er montert på søyler 26. Som følge av angrepet under elektrolysen ved frigjøringen av oksygen forbrukes anoden på undersiden daglig ca. 1,5 til 2 cm avhengig av celletypen.

Fig. 2 viser et skjematisk og ikke dimensjonsriktig tverrsnitt av en elektrolysecelle, ifølge patent nr. 125.895.

Katodestengene 17 har to oppgaver. De samler strømmen fra den aktive del 27 i kullbunnen under anodene 18 og leder strømmen ut av cellen, og virker dessuten som ren strömleder utenfor den aktive del i kullbunnen. De er der betegnet 28. Der hvor de samler strømmen, og er betegnet 29, øker strömstyrken i katodebarrene til begge sider i retning utover. Fra hver celle fører katodeskinnene 30 strømmen fra den ytre ende av katodebarrene 17 til anodebjelkene 21 ved den etterfølgende celle.

For nedsettelse av varmetapene er her tverrsnittet i katodebarrene av jern nedsatt utenfor den aktive del 27 i kullbunnen. Hermed reduseres varmestrømmen fra smelten gjennom barren og ut.

Elektrolytten har en vesentlig dårligere elektrisk ledningsevne enn det flytende aluminium, som befinner seg på bunnen av cellen. Forholdet mellom de to ledningsevnene utgjør fra ca. 10^{-3} : 1 til 10^{-4} : 1. Hvis strömuttaket gjennom katodebunnen ikke

128774

nøyaktig tilsvarer strömtilførselen på hvert sted gjennom anodene i elektrolytten, må det opptre vannrette strömtetthetskomponenter i smelten, som er betinget av den stedvise forskjell mellom tilførsel og uttak av strøm. Den store forskjell i elektrisk ledningsevne for de to væsker som ligger over hverandre, betinger en avbøyning av strömlinjene i grenseflaten mellom elektrolytt og flytende aluminium. Resultatet er at strömlinjene i elektrolytten forløper tilnærmet loddrett. I metallet derimot kan det opptre sterke vannrette strömtetthetskomponenter, som på enkelte steder kan være større enn de loddrette. De forskjellige strömtetthetskomponenter i elektrolytten og i det flytende aluminium har i samvirke med den magnetiske induksjon mellom de to media, til resultat en forskjell i trykk, som bare kan kompenseres gjennom en metallopphvelving. Denne kan utgjøre flere cm fordi det opphvelvede metall "svømmer" i elektrolytten og dermed bare har en spesifikk vekt som tilsvarer tetthetsforskjellen mellom elektrolytt og metall.

Videre kan de vannrette strömtetthetskomponenter i samvirke med den magnetiske induksjon fremkalle en kraftfeltfordeling i det flytende metall, som ikke er rotasjonsfri. Resultatet er en metallströmning forbundet med en sterk metallopphvelvning, som på sin side er fremkalt av induserte strömtetthetskomponenter på grunn av denne bevegelse av en strömløder i magnetfeltet. Metallopphvelvingen og metallbevegelsen senker strömutbyttet (forholdet mellom den virkelig utvunnet mengde aluminium og den teoretiske utskilte mengde ifölge Faraday). Når strömutbyttet faller, stiger det elektriske energiforbruk (kWh/kg Al).

Når det derfor bare finnes loddrette strömtetthetskomponenter i metallet og i smelten er en metallopphvelvning uten metallbevegelse ikke mulig. Allikevel kan det finnes en rotasjonsbevegelse i metallet, som den fölgende ligning for volumkreftene k viser:

128774

$$K = \frac{\delta j_z}{\delta x} B_x + \frac{\delta j_z}{\delta y} B_y + \frac{\delta j_z}{\delta z} B_z - \frac{\delta B_z}{\delta x} j_x - \frac{\delta B_z}{\delta y} j_y - \frac{\delta B_z}{\delta z} j_z$$

Her betyr j_x , j_y og j_z strømtetthetskomponentene i metallet i de tre akseretningene og B_x , B_y og B_z de tilsvarende komponenter av det magnetiske induksjon.

Hvis det sørges for at strømuttaket gjennom kullbunnen på undersiden av det flytende metall tilsvarer strømtilførselen på oversiden av metallet, er følgende komponenter lik null:

j_x og j_y , og dermed også de tre aksiale avledninger av j_z .

Bare det siste ledd av rotasjonsdrivkraften må bringes til å forsvinne, idet $\delta B_z / \delta z$ er liten eller lik null fordi j_z alltid er tilstede (normal elektrolysestrøm).

Normalt opptrer vannrette strømtetthetskomponenter i begge akseretninger. Komponenten tvers på celle-lengdeaksen dannes ved at katodeflaten, på grunn av for stor avstand mellom utsiden av anoden og kullforingen på sideveggen, er større enn anodeflaten. Ved gal dimensjonering av varmeisolasjonen på sideflatene av karet (ovnskantene) er en direkte strøm fra anoden i ovnskanten mulig, og denne vil eventuelt danne vannrette strømtetthetskomponenter. Videre kan strömleiderne av jern i kullbunnen utenfor den aktive del av denne også oppta strøm når de på dette sted ikke er tilstrekkelig elektrisk isolert overfor kullforingen på sideveggene i cellekaret. Ved for svak dimensjonering av katodebarrene av jern i kullbunnen opptrer det dessuten en stor fortrenkning av elektrolysestrømmen utover i kullbunnen, som eventuelt kan danne kraftige vannrette strømtetthetskomponenter.

For de komponenter som er parallelle med celle-lengdeaksen kan de samme grunner anføres. Dertil kommer at ved gal dimensjonering av tverrsnittet av katodeskinnene, som leder

128774

strømmen fra en celle til den etterfølgende celle i serien, kan det også oppstå kraftige vannrette strømtetthetskomponenter i det flytende aluminium, som på enkelte steder kan være større enn de loddrette. Formålet med den foreliggende oppfinnelse er mest mulig å undertrykke de vannrette strømtetthetskomponenter i en aluminium-elektolysecelle for en strømstyrke på ca. 70 kA eller mer. På bakgrunn av flere års undersøkelse er det blitt utviklet en celle, som oppviser en rekke oppfinneriske trekk som nå skal beksrives og til slutt sammenfattes og sammen sikrer resultatet.

Det har vist seg at de vannrette strømtetthetskomponenter tvers på celle-lengdeaksen lar seg redusere vesentlig når den vannrette avstand mellom innsiden av foringen på celleveggen og den underkant av anoden som ligger nærmest denne ikke overskrider f.eks. 55 til 60 cm. Hvis varmeisolasjonen og kullforingen tilsammen er 20 cm tykk blir det tilbake en vannrett avstand på høyst 40 cm mellom den ytre underkant av anodene og ovnskanten, dvs. innsiden av kullforingen på sideveggene. Den minste vannrette avstand mellom den ytre underkant av anodene og ovnskanten ligger på 25 til 30 cm. Hvis det sørges for at varmemotstanden i isolasjonen 13 mellom kullforingen 11 og sideveggen i stålkarer 12 regnet på en kvadracentimeter veggflater ligger mellom $0,5 \times 10^3$ og 1×10^3 h°C/kcal, danner det seg ved varmebortføring en fast kryolittskorpe på siden, som minsker den katodiske, strømsamlende aluminiumflate og innskrenker vesentlig strømgangen i sideretningen i ovnskanten.

Det er kjent å omgi katodebarrene av jern innenfor cellekaret, utenfor den aktive del av kullbunnen, med et elektrisk isolasjonsmaterial, for å hindre strømmen å komme inn på dette sted. Det har vist seg at denne forhåndsregel må tas med når det gjelder å undertrykke de vannrette strømtetthetskomponenter.

Strömfortrengningen utover lar seg overhodet ikke helt unngå, fordi cellebunnen (kull og katodebarren) har en vesentlig dårligere elektrisk ledningsevne enn det flytende aluminium, som befinner seg over. Det har vist seg nødvendig å gi

128774

katodebarrene 29, i den aktive del 27 av kullbunnen det største tverrsnitt som kan tillates av mekaniske grunner. For strömledningen utover i bunnen skal forholdet mellom jern og kull være minst 17 : 100 og høyst 20 : 100. Benyttes mindre jerntverrsnitt 29 opptrer utillatelig høye vannrette strömtetthetskomponenter i det flytende aluminium. Hvis det derimot benyttes mer enn 20% av jerntverrsnittet 29 i bunnen, inntrer en mekanisk svekkelse av kullforingen, og denne svekkelse skyldes at den varmeutvidelseskoeffisient for jern er større enn for kull.

Oppfinnelsen angår en celle for fremstilling av aluminium ved elektrolyse av aluminiumoksyd hvor de vannrette strömtetthetskomponenter er undertrykket i vesentlig grad.

Det særegne ved cellen er at tverrsnittet av de enkelte katodeskinner 30 er dimensjonert slik at spenningsfallet er likt i hver katode-skinne 30 regnet fra tilførselsstedet for den siste av de tilsluttede katodebarrer 17 til midten av anodebjelken 21 i den etterfølgende celle, under hensyn til at det i hver katodeskinne 30 flyter en ström, som bestemmes ved å multiplisere antallet av de tilsluttede katodebarrer med den samme ström fra alle katodebarrene, og at det ved beregningen for den etterfølgende celle i stedet for et sammenhengende strömuttak fra anodebjelken 21, forutsettes punktformet uttak av hele celleströmmen i midten av anodebjelken.

Fig. 3 viser et lengdesnitt gjennom en aluminium-elektrolysecelle og tilsvarende fig. 1. Fig. 4 viser et tverrsnitt tilsvarende fig. 2. Fig 3 og 4 skiller seg fra fig. 1 og 2 bare ved at de viser hvorledes katodebarrene 17, innenfor cellekaret, men utenfor den aktive del 27 av kullbunnen, er omgitt av et elektrisk isolasjonsmaterial.

For å bedre forståelsen av oppfinnelsen henvises til fig. 5 som, som eksempel viser skinneföringen utenfor elektrolysecellene A, B og C. Hver elektrolysecelle har på hver langsida tre grupper D, E, F av katodebarrer av jern, Hver katodebarre-gruppe har tre katodebarrer G, H, og J og en separat skinne K. I dette

128774

eksempel foregår fordelingen av den elektriske strøm på anodeskinnene 21 i forholdet $2/3 : 1/2$ fra venstre mot høyre. L viser retningen av den elektriske strøm i ovnsserien (elektrolysecelle-serien).

En fullstendig ovnsserie omfatter et antall elektrolyseceller fra noen få og opp til 100 eller flere. Antallet av katodebarrer av jern for hver celle avhenger av dimensjonen på cellen, av strømstyrken og av forskjellige andre faktorer. En 100.000 amperecelle kan f.eks. omfatte mellom 10 og 20 katodebarrer, dvs. at det på begge langsidene stikker frem fra 10 til 20 katodebarre-ender. Ofte er katodebarrene av jern todelt i midten av kullbunnen, og to halvparter er anordnet således at de har en felles akse, men ikke berører hverandre.

Hva antallet katodeskiner angår kan det gå fra en katodeskinne for hver katodebarre og til en enkelt katodeskinne felles for alle katodebarrene.

Anodebjelkene kan bestå av en eller flere strömskiner. I fig. 2 og 3 består den av to strömskiner.

I lengderetningen for cellen finnes det ingen gjennomgående strömløder av jern til tross for det kan det oppstå sterke vannrette strömtetthetskomponenter i det flytende aluminium i cellelengderetningen, hvis det ikke ved en passende dimensjonering av katodeskinnene, som leder strömmen fra celle til anodene i den etterfølgende celle i serien sørges for at alle katodebarrene i cellebunnen fører mest mulig samme ström. Dette lar seg oppnå ved en kobling, som er vist på fig. 6.

Fig. 6 viser motstandsskjemaet for to aluminiumelektrolyseceller. Her flyter elektrolyse-likeströmmen fra venstre mot høyre. I den venstre celle er de symbolske motstander, for oversiktens skyld, ikke vist for anode-delen. Den høyre celle er den som følger etter den venstre. Det antall katodebarrer som er vist i dette eksempel kan være mindre eller større.

128774

R_B er den tilhørende del av bunnmotstanden for en katodebarre av jern, regnet fra det flytende aluminium til den ytre ende av katodebarren.

Denne videre utforming av oppfinnelsen er gjenstand for det samtidige patent nr (ansökning nr. 3230/71).

Katodeskinnen 31 samler strømmen fra n_1 ytre katodebarre-ender. Frem til begynnelsen av anodebjelken i neste celle har skinnen 31 motstander R_1 . Tilsvarende samler den annen katodeskinne, med egenmotstand R_2 strømmen fra n_2 ytre katodebarre-ender, den tredje skinne med egenmotstand R_3 samler strømmen fra n_3 ytre barreender, osv. I dette eksempel er $n_1 = n_2 = n_3 = 3$. R_T er motstanden i anodebjelken i neste celle, regnet til midten M av bjelken og med halvt anodebjelke-tverrsnitt. I betegner den halve cellestrøm. Det opptrer ingen vannrette strømtetthetskomponenter i det flytende aluminium i celle-lengderetningen, når spenningsfallet er likt i hver katodeskinne fra tilførselsstedet for den siste katodebarre (punktene A, B, C, osv.) og til midten M av anodebjelken i den etterfølgende celle, og når det i skinnen 31 flyter en strøm lik $n_1 I_B$, i skinnen 2 en strøm $n_2 I_B$, i skinnen 3 en strøm $n_3 I_B$, osv.

Beregningen må foretas som om strømmen I ikke tas ut langs hele lengden av anodebjelken i den etterfølgende celle, men på ett sted, nøyaktig i midten av cellen (punkt M). Denne spenningslikhet oppnås ved at motstandene R_1 , R_2 , R_3 osv. og R_T innstilles slik i forhold til hverandre etter kjente regler fra elektroteknikken, at den ovenfor angitte betingelse for spenningslikhet oppnås.

PATENTKRAV

Celle for fremstilling av aluminium ved elektrolyse av aluminiumoksyd,

k a r a k t e r i s e r t v e d at tverrsnittet av de enkelte katodeskinner (30) er dimensjonert slik at spenningsfallet er likt i hver katodeskinne (30) regnet fra tilførselsstedet for den siste av de tilsluttede katodebarrer (17) (punktene A,B,C,osv.,

128774

til midten (M) av anodebjelken (21) i den etterfølgende celle, under hensyn til at det i hver katodeskinne (30) flyter en strøm, som bestemmes ved å multiplisere antallet av de tilsluttede katodebarrer med den samme strøm (I_B) fra alle katodebarrene, og det ved beregningen for den etterfølgende celle, i stedet for et sammenhengende strömuttak fra anodebjelken (21), forutsettes et punktformet uttak av hele cellestrømmen i midten (M) av anodebjelken.

(56) Anførte publikasjoner: Ingen.

128774

Fig. 1

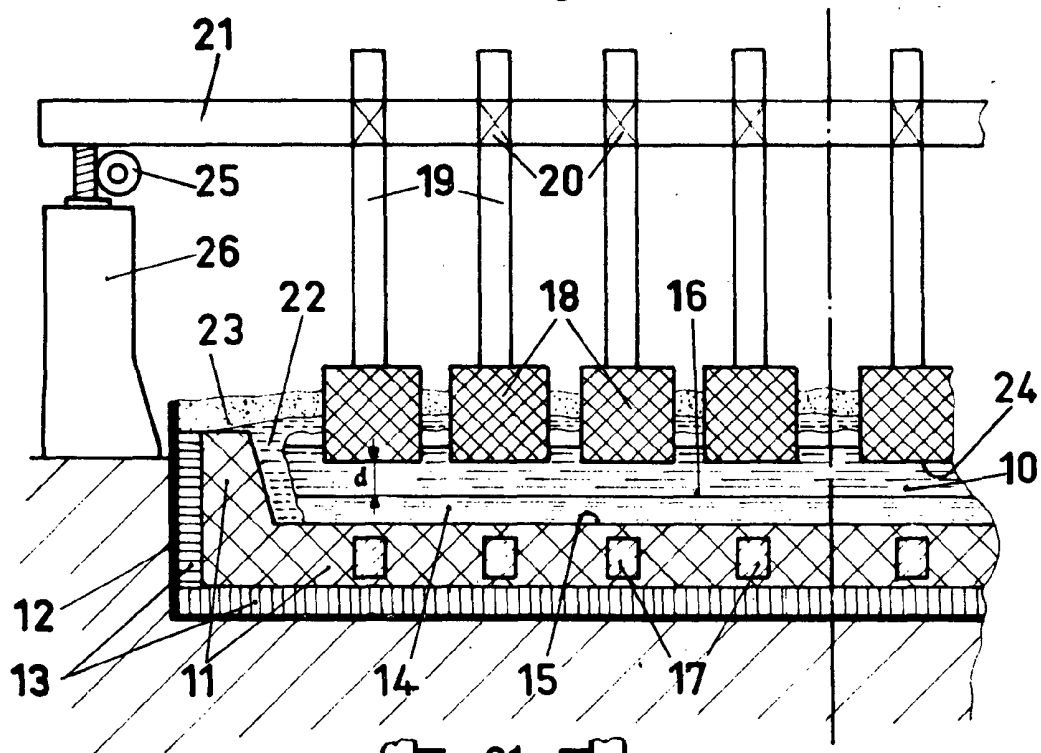
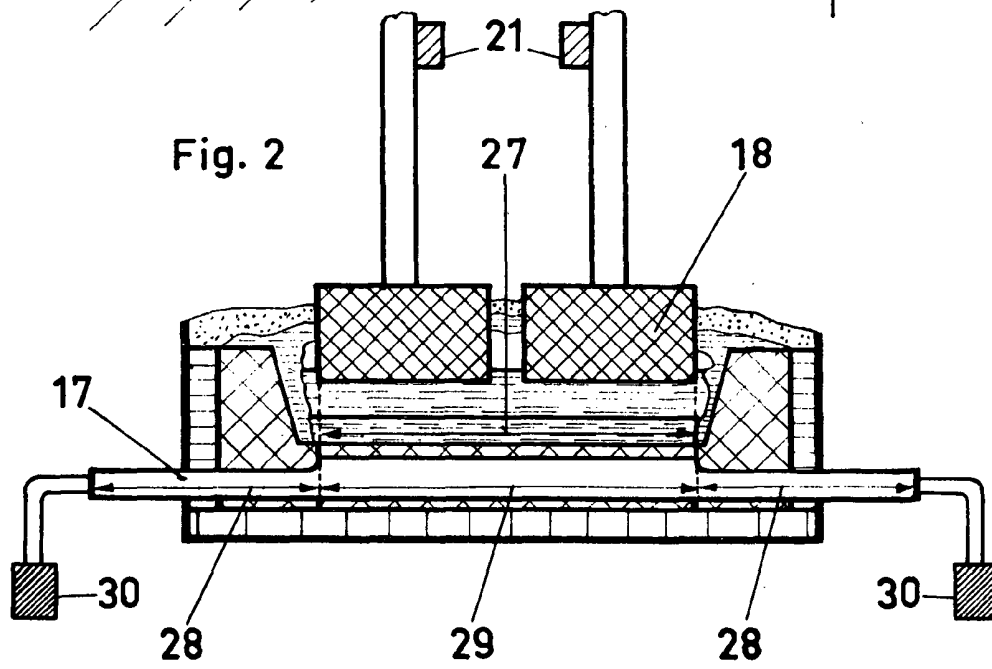


Fig. 2



128774

Fig. 3

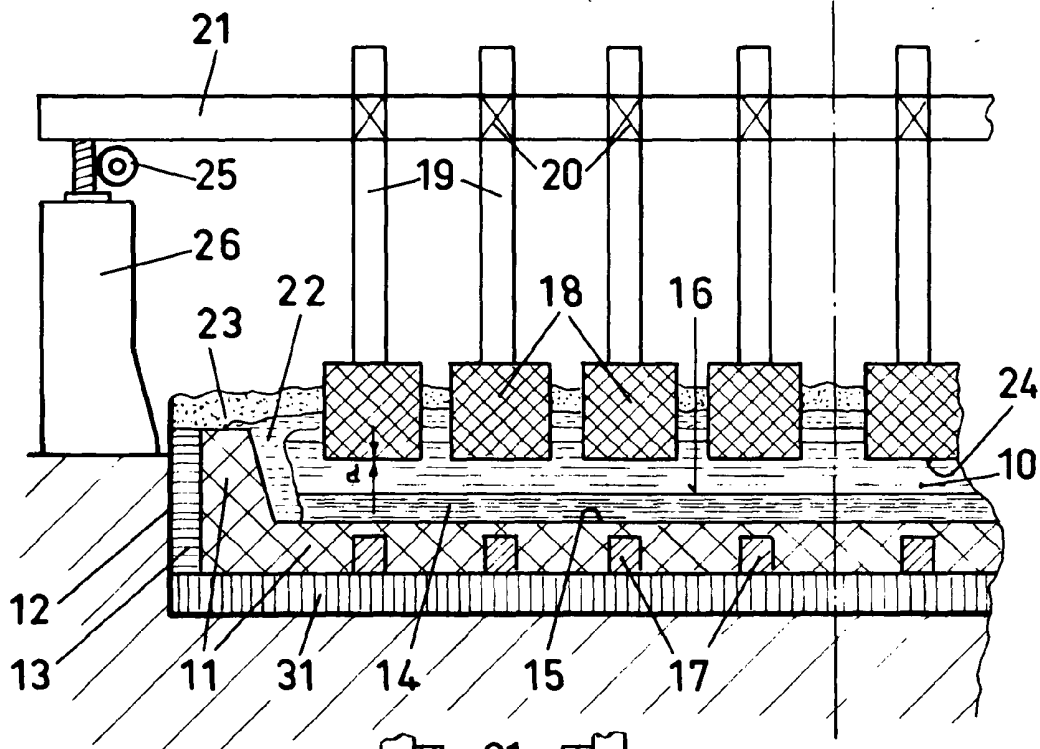
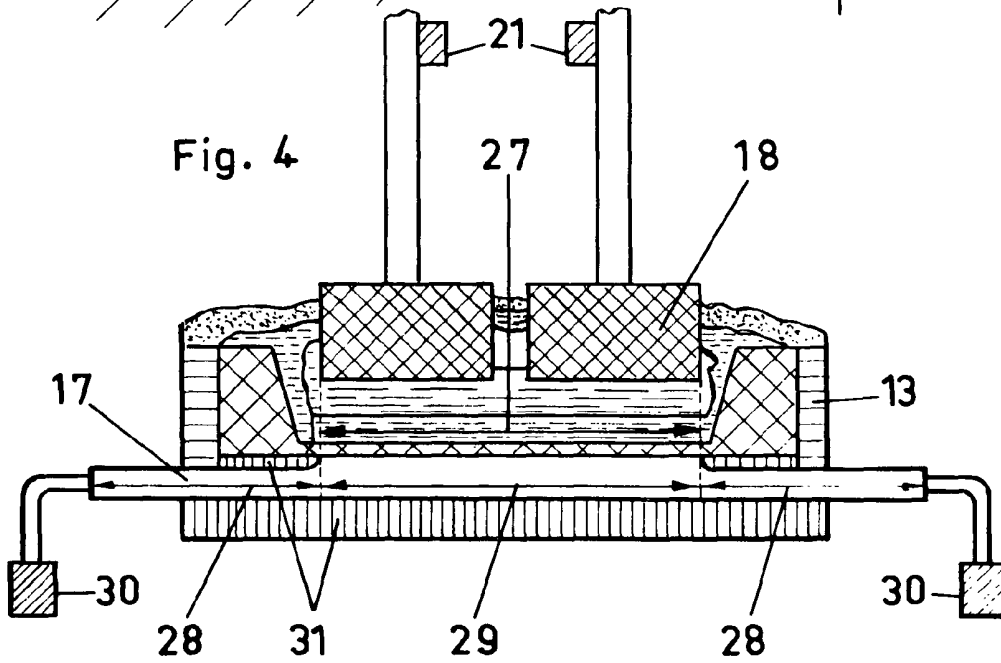


Fig. 4



128774

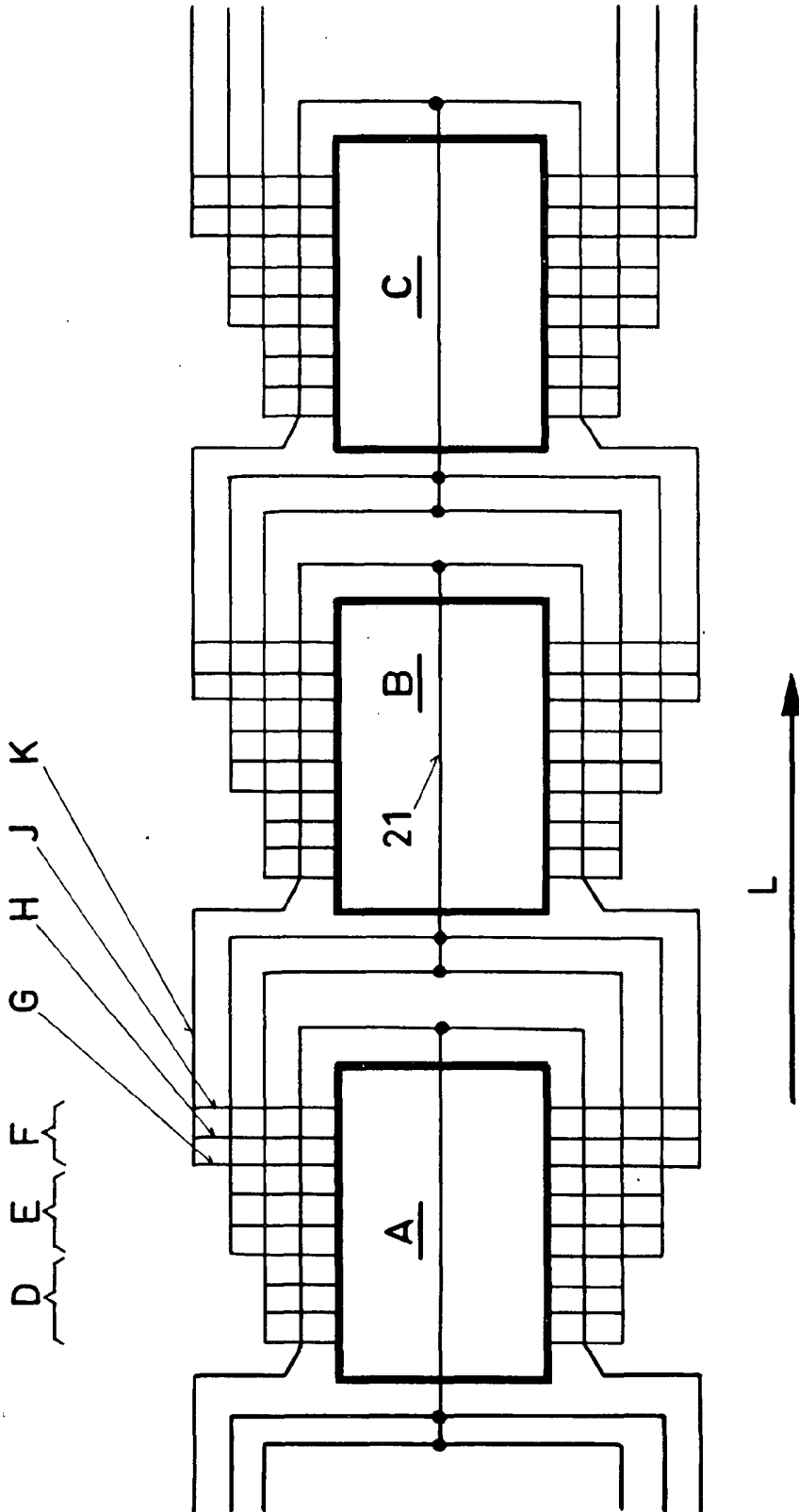


Fig. 5

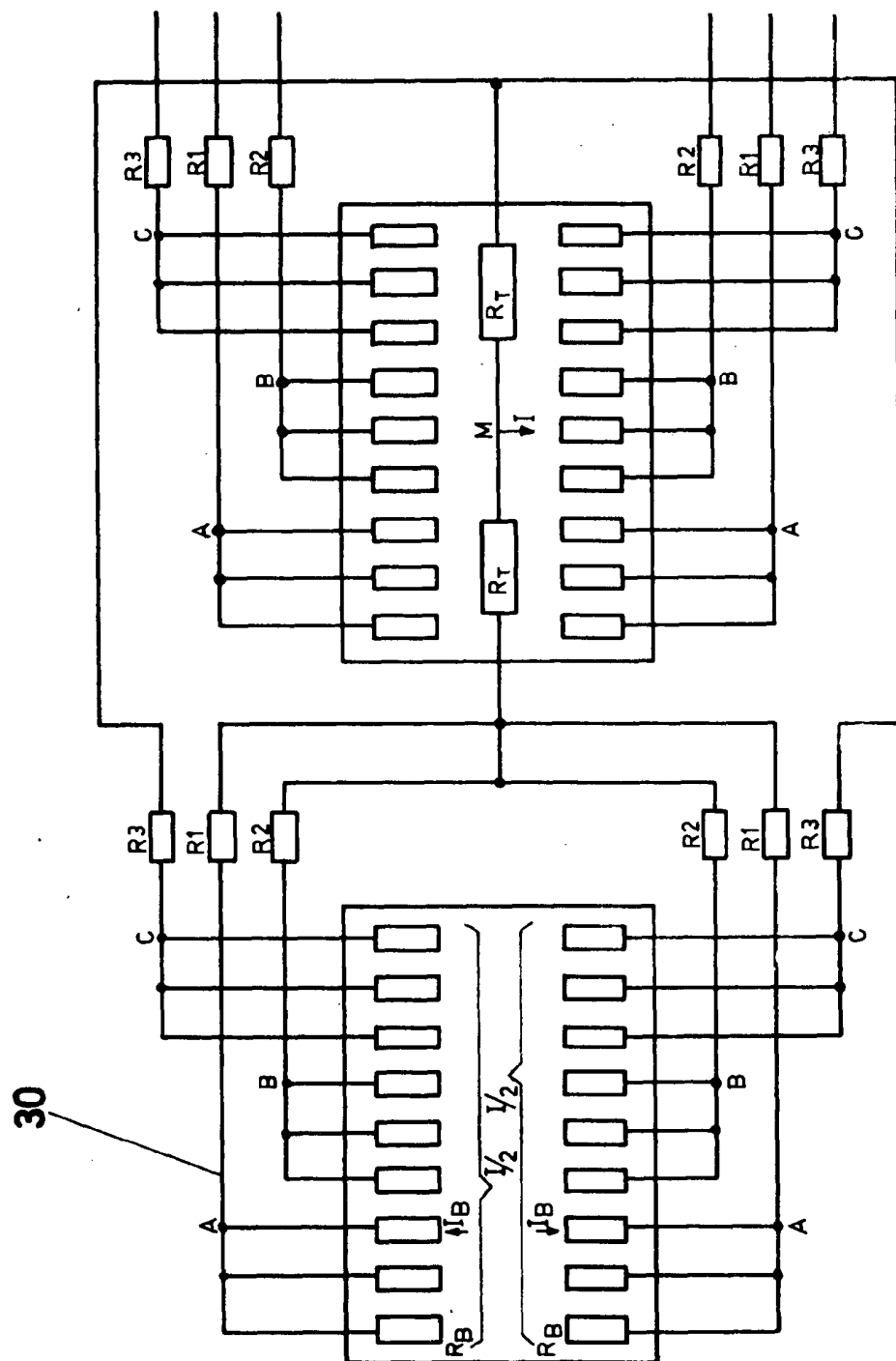


FIG. 6