



NORGE

[NO]

**STYRET
FOR DET INDUSTRIELLE
RETTSVERN**

[B] (11) UTLEGNINGSSKRIFT Nr. 150364

**[C] (45) PATENT-MEDDELT
3. OKT. 1984**

(51) Int. Cl.³ C 25 C 3/16

(21) Patentsøknad nr. 780180

(22) Inngitt 18.01.78

(24) Løpedag 18.01.78

(41) Alment tilgjengelig fra 20.07.78

(44) Søknaden utlagt, utlegningsskrift utgitt 25.06.84

(30) Prioritet begjært 19.01.77, Frankrike, nr 7702213

(54) Oppfinnelsens benevnelse Anordning til forbedring av strømtilførselen til elektrolyseceller for fremstilling av aluminium.

(71)(73) Søker/Patenthaver ALUMINIUM PECHINEY,
B.P. 26,
Lannemezan,
Frankrike.

(72) Oppfinner PAUL MOREL,
Le Vesinet,
JEAN-PIERRE DUGOIS,
Saint-Jean-De-Maurienne,
BERNARD LANGON,
Lannemezan,
Frankrike.

(74) Fullmektig Bryns Patentkontor A/S, Oslo.

(56) Anførte publikasjoner Norsk (NO) patent nr 83883 (40c 3/02).

Foreliggende oppfinnelse angår en anordning til forbedring av strømtilførselen til elektrolyseceller for fremstilling av aluminium ved elektrolyse av aluminiumoksyd oppløst i smeltet kryolitt, der cellene er langstilt, det vil si rettet inn i lengderetningen. De celler som benyttes er omtrent utelukkende av langstrakt, rektangulær form og de er elektrisk seriekoblet. Det er mulig å anbringe cellene i fabrikkhallen enten side ved side, det vil si slik at langsiden av hver celle står perpendikulært på aksens for rekken, eller ende mot ende, det vil si at langsiden av hver celle står parallelt med aksens for rekken.

I norsk patent nr. 83 883 er det beskrevet anordninger for sammenkobling av langstilte elektrolyseceller der anordningen hovedsaklig består av katodestaver som ved hver tverrende av cellen er koblet til en enkel samleskinne for katodene til mating av tilsvarende stigeledninger for anodene i cellen som ligger på nedstrømsiden, der hver stigeledning er delt i grener som er forbundet med halvparten av anodene. Denne utførelse har tilbøyelighet til å skape en overbelastning av strøm på toppen av cellen på nedstrømsiden og fører ikke til noen heldig symmetri når det gjelder den vertikale komponent for magnetfeltet på hele cellen.

Det er vanlig å betegne endene av cellene med uttrykkene "oppstrøm" og "nedstrøm" som viser til strømmens retning gjennom rekken. Hver celle omfatter et metallskall med karbonblokker som virker som katode og metallstaver som er innført i karbonblokkene samler den strøm som forlater cellen. Denne strøm bringes til samlerskinner som leder strømmen gjennom stigeledere på siden til den derpå følgende celle gjennom ledere som danner den bjelke anodene henger ned fra. Elektrolysebaner ligger på karbonblokkene og danner etterhvert laget av flytende aluminium på disse som utgjør katoden.

Ved denne anordning er det forholdsvis vanlig at katodeutgang fra hver celle føres over til den derpå følgende nedstrøms-celle via oppstrømdenden. I tillegg til dette er det kjent
5 at fremstillingskostnadene for disse celler blir vesentlig mindre når de økes i størrelse. Det er normalt å drive slike celler med strømstyrker som ligger opptil og kanskje sterkt overskrider hundretusen ampere. Ved slike energimengder vil påvirkningen av det magnetfelt som frembringes
10 ved at strømmen passerer i lederne, ikke lenger kunne settes ut av betraktning. Laplace-kreftene vil i elektrolysebadet føre til en hydrostatisk deformasjon av skilleflaten mellom bad og metall og de hydrodynamiske bevegelser av metallet, som får dette til å bevege seg permanent, medfører dispersjon
15 av metallet i badet, noe som reduserer cellens virkningsgrad. Disse krefter skaper også en betydelig ujevnhet i laget av flytende aluminium, noe som kan føre til kortslutning med anodene, uregelmessig nedslitning av anodene og svingende bevegelser i det flytende aluminium som til og med kan føre
20 til at flytende aluminium renner over cellens sider.

Produsenter av celler har vært meget opptatt av kontrollen med disse magnetfelter og kompensasjon av deres virkninger og mange løsninger er blitt foreslått. Tysk patent nr.
25 1.010.744 beskriver en fremgangsmåte til forbedring av strømtilførselen til elektrolyseceller som er rettet inn i lengderetningen, der strømtilførselen til hver celle foregår enten via oppstrømdenden og nedstrømdenden eller via oppstrømdenden og en stigeleder på siden, men de to kretser oppstrømdende/
30 nedstrømdende, eller oppstrømdende /stigeleder er koplet sammen med en ekvipotensial leder, noe som har den ulempe at lederne blir meget tyngre og det blir nødvendig å bestemme nøyaktig ledernes tverrsnitt for fordeling av strømmen på en hensiktsmessig måte. I fransk patent nr. 1.143.879 er
35 det beskrevet en fremgangsmåte til reduksjon av ujevnheten i det smeltede metall i elektrolyseceller med høye amperestyrker og mer bestemt i langsgående rekker av celler som er

forsynt med kontinuerlige ano-der (såkalte "Söderberg-anoder") Denne framgangsmåte bygger på en analyse av de forskjellige komponenter av magnetfeltet som induseres ved
 5 føring av kontinuerlig elektrolysestrøm inn i cellen og inn i forbindelseslederne.

For dette formål går man ut fra det sentrale punkt 0 i bunnen av digelen i elektrolysecellen, og det settes opp et
 10 system av rektangulære koordinater i tre dimensjoner, nemlig den horisontale akse 0x som løper i strømmens retning, parallelt med cellens langsider, 0y-aksen i samme horisontalplan er perpendikulær på 0x og dermed parallell med kortsidene av cellen, og 0z-aksen som stiger vertikalt og dermed er
 15 perpendikulær på xOy-planet og man får aksesystemet Oxyz.

$\vec{B}$ er verdien av det magnetiske felt i et gitt punkt og B_x , B_y og B_z er projeksjonene av $\vec{B}$ og 0x, 0y og 0z. $\vec{J}$ er verdien av strømtettheten og J_x , J_y og J_z er projeksjonene
 20 av $\vec{J}$ på 0x, 0y og 0z. Den fremgangsmåte som er oppfinnelses-gjenstanden i fransk patent nr. 1.143.879 består i utlikning av de magnetiske virkninger ved punktet 0. Disse virkninger er tilbake i resten av cellen, men de er forholdsvis svake og deres verdi har en viss symmetri i forhold til punktet
 25 0 og gir derfor tilstrekkelig stabilitet når det gjelder cellens drift. For å oppnå dette resultat, kan det vises at de følgende betingelser må tilfredsstilles i punktet 0:

$$B_y = 0$$

$$\frac{dB_y}{dz} = 0$$

Fig. 4 og 5 viser et lengdesnitt gjennom to celler og de to celler sett ovenfra og de utgjør en del av en langsgående rekke som arbeider ved 70.000 amp., der lederne er blitt anordnet i henhold til den lære man har i fransk patent
 35 1.143.879, slik at de to betingelser

$$B_y = 0 \text{ og } \frac{dB_y}{dz} = 0 \text{ i punktet 0}$$

tilfredsstilles.

De 22 katodeuttak (11 på hver side av cellen og dette tall er bestemt ut fra betraktninger om strømtetthet i lederne slik fagfolk kjenner til), er delt i to grupper på åtte og tre staver. De to grupper på åtte oppstrømsstaver 3, er forbundet med lederne 4 som mater oppstrømsenden av den tilstøtende celle via en stigeleder 5, mens de to grupper på tre nedstrømsstaver 3' er forbundet med lederne 4' som mater nedstrømsenden av den tilstøtende celle gjennom en stigeleder 5'.

Selv om anordningen på fig. 1, 2 og 3 neppe tillater at 50.000 apm. overskrides, tillater anordningen på fig. 4 og 5 en stabil og regulær strøm på 70.000 amp. med en strømvirkningsgrad på mellom 86 og 87%.

Denne anordning har imidlertid vist seg å være utilstrekkelig ved strømmstyrker utover 100.000 amp. og selv ved lavere strømnivåer vil et magnetfelt eksistere og hindre oppnåelse av en virkningsgrad på 87%, noe som av aluminiumprodusenter ansees for utilstrekkelig idag.

Foreliggende oppfinnelse som nu vil bli beskrevet, angår en anordning til forbedring av strømtilførselen til en rekke elektrolyseceller for produksjon av aluminium rettet inn i lengderetningen, der en meget betydelig økning av virkningsgraden blir mulig med uforandret elektrolysestrøm. Det blir imidlertid også mulig å forandre rekken av kontinuerlige anoder til en rekke av forhåndsbrante anoder med noen få modifikasjoner. Dessuten blir det mulig å øke elektrolysestrømmen og dermed produksjonen av aluminium bortimot 30% uten å modifisere størrelsen av cellene, samtidig med at man får en strømvirkningsgrad minst lik 88% på grunn av den bedre utlikning av virkningen av de induserte magnetfelter og de dermed følgende Laplace-krefter. Oppfinnelsen går ut på å skille katodeutgangene på hver side av cellen i minst to grupper som er stort sett like i antall og ved å mate bjelken i den påfølgende celle separat både ved opp-

strømmenden og ved hjelp av en stigeleder på hver side av cellen koplet til et mellomliggende punkt på bjelken mellom oppstrømmenden og nedstrømmenden. Ved denne anordning forbindes lederne hver gruppe av katodestaver med oppstrømmenden og med de mellomliggende punkter på krysshodet via stigelederne på siden av hver påfølgende celle, idet lederne er separate og har deres tverrsnitt beregnet slik at hver krets fører en stort sett lik del av den totale elektrolysestrøm.

I en spesiell utførelsesform for oppfinnelsen, er katodestavene på hver side av cellen i rad "n" delt opp i to adskilte grupper inneholdende et stort sett likt antall staver, der oppstrømgruppen mater oppstrømmenden av krysshodet for cellen i rad n+1 og nedstrømgruppen mater kollektoren som står stort sett i midten av krysshodet via stigeleder på hver side av cellen.

I en annen spesiell utførelsesform for oppfinnelsen som er særlig egnet for meget høye strømstyrker, f.eks. 150.000 amp. og til og med høyere, er katodestaven på hver side av cellen i rad n delt opp i tre adskilte grupper, der oppstrømgruppen mater nedstrømmenden av krysshodet for den tilstøtende celle i rad n+1, idet den sentrale gruppe mater en første stigeleder på hver side av cellen anbragt stort sett på den første tredjedel av bjelkens oppstrømsside, mens nedstrømgruppen mater en ytterligere stigeleder på hver side av cellen anbragt omtrent 2/3 (fra oppstrømmenden) langs bjelken.

Oppfinnelsen er kjennetegnet ved de i kravene gjengitte trekk og vil i det følgende bli forklart nærmere i det følgende under henvisning til tegningene der, like henvisningstall betegner like deler på de forskjellige figurer og der:

Fig. 1, 2, 3, 4 og 5 angår teknikkens stand som er behandlet ovenfor,

fig. 6 og 7 viser et meget skjematisk vertikalt lengdesnitt gjennom elektrolyseceller og elektrolysecellene sett ovenfra, med anordningen fra den ene ende til den andre der
5 lederne er anbragt i henhold til oppfinnelsen,

fig. 8 og 9 viser skjematisk både som lengdesnitt og sett ovenfra, en annen utførelsesform for lederne i henhold til oppfinnelsen, beregnet for celler med meget høy strømstyrke,
10

fig. 10, 11 og 12 viser fordelingen av strøm i anode- og katodeledere i henhold til teknikkens stand i henhold til oppfinnelsen. De svarer til de anordninger av ledere som er vist på fig. 2, 4 og 6,
15

fig. 13, 14, 15, 16, 17 og 18 viser styrken av de magnetiske felt med forskjellige punkter i skilleflaten mellom bad og aluminium i en celle i henhold til teknikkens stand (fig. 13, 14, 15), og i henhold til oppfinnelsen (fig. 16, 17, 18), og
20

fig. 19 og 20 viser et vertikalt lengdesnitt og et planriss av anordningen av lederen i henhold til oppfinnelsen benyttet på celler med på forhånd brente anoder.
25

På de forskjellige figurer er forbindelseslederne vist skjematisk for å gjøre tegningene oversiktlige, men de viste anordninger er ikke nødvendigvis identiske med deres egentlige plassering. Særlig gjelder dette katodeuttakene som i alminnelighet anbringes i et horisontalplan. På fig. 6 og 7 er cellen i rad n i rekken matet via lederen som kommer fra foregående celle i rad $n-1$ beliggende på oppstrømsiden, og denne mater den påfølgende celle i rad $n+1$ som ligger på nedstrømsiden via ledere som er anordnet på identisk måte. Pilene viser den vanlige retning for sirkulasjon av strømmen i de forskjellige ledere.
30
35

De to grener av bjelken for cellen n blir matet via oppstrømmenden og via to mellomliggende punkter A og A'.

- 5 De 11 katodeuttak på hver side av cellen er delt i to grupper, en gruppe på seks på oppstrømsiden (henvisning 3) og en gruppe på fem på nedstrømsiden (henvisning 3'). De seks katodeuttak på oppstrømsiden 3 mater bjelken 6 for cellen n+1 via oppstrømmenden og via kollektoren 4 og stigelederen 5.
- 10 De fem katodeuttak 3' på nedstrømsiden mater det mellomliggende punkt A via kollektoren 4' og stigelederen 5.

- Da cellen er symmetrisk, finnes den samme anordning på den annen side for matning av de to grener av bjelken A og A'.
- 15

- Selv om utførelsesformen for oppfinnelsen tillater en viss frihet når det gjelder fordelingen av katodeuttakene mellom oppstrømgruppen og i nedstrømgruppen såvel som når det
- 20 gjelder valg av plassering av punktene A og A' på bjelken, er det klart at de beste resultater fåes når katodeuttakene fordeles i to stort sett like grupper og når punktene A og A' ligger stort sett i samme nivå som det tversgående midtplan for anoden. Totallengden for gruppen av ledere som mater
- 25 oppstrømmenden av krysshodet, vil derfor være stort sett lik den totale lengde av gruppen av ledere som mater de mellomliggende punkter A og A' på bjelken og dette gjør det mulig å benytte staver med samme tverrsnitt i de to kretser.
- 30 Fig. 8 og 9 viser et vertikalt lengdesnitt og et planriss av to celler som står i en rekke ende mot ende, der forbindelseslederne for cellene også er anordnet i henhold til oppfinnelsen. Dette er en rekke for meget høye strømstyrker (150.000 amp.) der katodeuttakene omfatter femten
- 35 staver på hver side av cellen og et totalt antall på tredivet blir da delt i tre grupper på hver side.

Nedstrømgruppen på fem staver (3) for cellen i rad n er

150364

8

koplet til enden av bjelken 6 for cellen i rad $n+1$ via lederen 4 og stigelederen 5 på siden.

- 5 Gruppen på fem sentrale staver (3') for cellen i rad n er koplet til et mellomliggende punkt 1 som ligger i den første tredjedel av lengden på oppstrømsiden og da ved hjelp av lederen 4' og stigelederen 5' på siden.
- 10 Nedstrømgruppen på fem staver (3") for cellen i rad n er koplet til et ytterligere mellomliggende punkt B for cellen i rad $n+1$ og punktet ligger to tredjedeler ned på lengden. Koplingen foregår ved hjelp av lederen 4" og stigelederen 5" på siden. Da cellen er symmetrisk, finnes den samme
- 15 anordning på den annen side for matning av punktene A' og B' i krysshodet.

Det skal påpekes på fig. 6 og 7 såvel som fig. 8 og 9 at lederne 4 og 5 på den ene side og lederne 4' og 5' på den

20 annen side eller lederne 4-5, 4'-5', 4"-5" har stort sett samme lengde og dermed kan man bruke staver med samme tverrsnitt.

Fig. 10, 11 og 12 viser fordelingen av strøm i anoden og katodelederne langs en rekke celler som står ende mot ende.

25 Fig. 10 viser en i og for seg kjent rekke der krysshodet for hver celle bare mates via oppstrømsenden fra katodestaver i den foregående celle. Fig. 11 viser en rekke i henhold til fransk patent nr. 1.143.879 der bjelken for hver celle mates

30 av to ender, der oppstrømsenden fra åtte oppstrømkatodestaver i foregående celle og nedstrømhodene, danner tre nedstrømsstaver i den foregående celle. Fig. 12 viser oppfinnelsesgjenstanden der bjelken for hver celle mates via oppstrømhodet fra seks oppstrømkatodestaver i foregående celle og

35 ved et mellomliggende punkt som ligger omtrent på midten av bjelken fra de fem nedstrømkatodestaver i den foregående celle.

På disse tre figurer er lengden av cellene og den horisontale projeksjon av forbindelseskretsene vist som abscisser med en vilkårlig skala og strømmens amperestyrke også med en vilkårlig skala.

De kurver som representeres av bokstaven A gjelder anodelederne, mens bokstaven K gjelder katodelederne. De vertikale piler viser posisjonen der katodestrømmen fra cellen n-1 blir anodestrøm i cellen n, plassert vilkårlig i midten av rommet som skiller nedstrømmenden av én celle fra oppstrømmenden av den derpå følgende celle.

Da cellene er symmetriske om et langsgående vertikalt plan, er bare lederne (anode og katode) på en side blitt betraktet, og på grunn av det faktum at det finnes elleve katodestaver på hver side, er styrkene blitt gjengitt som en brøkdel på $1/11$, der 1 er lik halvparten av den totale strømstyrke som flyter gjennom rekken.

Man vil se at fordelingen av strømmen langs anode- og katodelederne forbedres i utpreget grad, og særlig at fallet i anodestrøm (punktet -3) som finnes på fig. 11 mellom nedstrømmenden og punktet M er forsvunnet (minustegnet angir at anodestrømmen sirkulerer i motsatt retning sammenlignet med hovedretningen for strømmen i rekken). Fordelene ved oppfinnelsen er ennå mer fremtredende når man tenker på verdiene av det magnetiske felt som induseres i forskjellige punkter i en elektrolysecelle i planet for skilleflaten mellom bad og aluminium. Fig. 13, 14 og 15 angår en elektrolysecelle i henhold til fransk patent nr. 1.143.879 (matet ved de to ender) og fig. 16, 17 og 18 angår en celle i henhold til oppfinnelsen. På fig. 13 og 16 angir de øvre tall komponenten B_x for det magnetiske felt og de nedre tall komponentet B_y for det magnetiske felt i ni punkter ved anodeflaten i cellen, nemlig: ved de fire hjørner, i midten av de fire sider og i sentrum.

På fig. 14 og 17 angir tallet verdien av det resulterende B_{xy} (vektoriell sammensetning av B_x og B_y).

- 5 Man ser at utførelsesformen for oppfinnelsen fører til en meget vesentlig reduksjon av B_{xy} ved de to ender og en betydelig reduksjon av forskjellen mellom feltet i sentrum og feltet ved enden av cellen. På fig. 15 og 18 representerer tallene verdien av de vertikale felt B_z ved kjente
10 utførelser (fig. 15) og i henhold til oppfinnelsen (fig. 18).

- Man ser også at utførelsesformen i henhold til oppfinnelsen fører til en fremtredende reduksjon av B_z i hjørnene og en vesentlig reduksjon i uoverensstemmelsen mellom forskjellige verdier av dette felt langs langsidene.
15

- Sluttelig oppnår man ved foreliggende oppfinnelse, sammenlignet med fransk patent nr. 1.143.879 en ytterligere stor fordel, nemlig en vesentlig besparelse i aluminiumstaver
20 som skal danne matekretsene.

- Hvis kretsene på fig. 5 (teknikkens stand) sammenlignes med de på fig. 7 (i henhold til oppfinnelsen), ser man at i henhold til oppfinnelsen er kretsene $3 + 4 + 5$ og $3' + 4' + 5'$ av lik og minimal lengde, mens i henhold til teknikkens
25 stand kretsen $3' + 4'$ og $5'$ er tydelig lenger enn kretsen $3 + 4 + 5$. For å hindre katoden i den foregående celle i å bli ubalansert, er det nødvendig å bruke en strømtetthet (i A/cm^2) for kretsen $3' + 4' + 5'$ som er tydelig mindre
30 enn kretsen $3 + 4 + 5$ og dermed også forskjellig fra den såkalte "økonomiske" strømtetthet. Da denne lave strømtetthet flyter i den lengste krets, fører dette til en stor økning i vekten av lederne, noe som også øker proporsjonalt med størrelsen av cellene, mens anordningen i henhold til
35 oppfinnelsen, der strømtettheten Δ er lik i hver krets, kan strømtettheten velges som den optimale og mest økonomiske verdi Δ .

For en celle som skal føre 90.000 ampere vil forskjellen i vekt i forbindelseslederne være 8% mindre for en celle i henhold til oppfinnelsen, en besparelse på 1000 kg aluminiumstaver/celle. For en celle på 150.000 ampere vil denne besparelse være på 1800 kg.

Erfaring har vist at tilstedeværelse av en og til og med to av stigelederne på siden av hver side av elektrolysecellen ikke hindrer maskiner i å utføre sitt arbeid ved cellen, f.eks. skorpebrytere, utstyr for tilførsel av aluminiumoksyd og utstyr for tapping av flytende aluminium når de er av typen en halv galge eller en kjørbar kran som beskrevet, særlig i fransk patent 1.245.598 og 1.526.766.

Eksempel.

En "langsgående" rekke av elektrolyseceller med Söderberg-anoder som arbeider ved 70.000 ampere og var koplet i overensstemmelse med fig. 4 og 5 (teknikkens stand) fremstilte 485 kg aluminium/celle/dag, svarende til en strømvirkningsgrad (Faradays virkningsgrad) på 86%, noe som nå betraktes som ikke tilfredsstillende.

Uten å endre karene ble Söderberg-anodene 7 byttet ut med på forhånd brente anoder 10 i henhold til fig. 19 og 20, der to ganger fire anoder er vist for å forenkle tegningene, mens det virkelige tall var to ganger ti.

Forbindelsen ble utført i henhold til fig. 6 og 7 etter oppfinnelsen for å redusere forstyrrelser skapt av det magnetiske felt. På grunn av at de kontinuerlige anoder var byttet ut med på forhånd brente anoder, var det mulig å øke strømsstyrken i rekken og denne ble forandret fra 70.000 til 90.000 amp., det vil si en økning på 28,6%. Produksjonen av aluminium økte til 640 kg/celle/dag, svarende til en Faradayvirkningsgrad på 88%.

På tross av økningen på 28,6% i strømsstyrke, noe som ville

ha ført til en tilsvarende økning i magnetfeltene hvis plasseringen av lederne ikke var blitt forandret, arbeidet den modifiserte rekke stabilt og ensartet. Utførelsen i
5 henhold til oppfinnelsen førte derfor til en forbedring i den eksisterende rekke ved å øke Faradays virkningsgrad meget betydelig på grunn av reduksjonen i forstyrrelser skapt av magnetfeltet, og den tillot også økning i strømstyrke, samtidig med at man opprettholdt en høy virknings-
10 grad.

Det er også mulig med spesielle plasseringer av lederne i henhold til oppfinnelsen for å kompensere for det magnetfelt som induseres av den tilstøtende rad av celler.

15

20

25

30

35

P a t e n t k r a v

- 5 1. Anordning til forbedring av strømtilførselen til langstilte elektrolyseceller for fremstilling av aluminium, ved reduksjon av forstyrrelser som settes opp av det indu-
- serte magnetfelt, der cellene omfatter katodeuttaksstaver (3) og overliggende anodebjelker (6), k a r a k t e r i-
- 10 s e r t v e d at katodeuttaksstavene (3) på hver side av cellene er koblet sammen i adskilte grupper (3, 3') med stort sett likt antall staver i hver gruppe og ved at anodebjelken (6) i cellen i rad (n) er tilsluttet oppstrøm-
- gruppen av katodeuttaksstaver i cellen i rad (n - 1) ved
- 15 oppstrømsenden og ved at et punkt mellom endene av anodebjelken er koblet med en stigeleder (5) på hver side til nedstrømgruppene av katodeuttaksstavene i cellen i rad (n - 1).
- 20 2. Anordning som angitt i krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at katodeuttaksstavene (3) på hver side av cellene er delt opp i to adskilte grupper (3, 3') inneholdende stort sett like antall staver, og ved at anodebjelken (6) for cellen i rad (n) er innrettet til å bli
- 25 tilført strøm både via oppstrømsenden fra oppstrømgruppen av katodeuttaksstaver i cellen i rad (n - 1) og via en stigeleder (5) på hver side koblet til et punkt på anodebjelken (6) omtrent på midten av denne fra nedstrømgruppen av katodeuttaksstaver i cellen i rad (n - 1).
- 30 3. Anordning som angitt i krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at katodeuttaksstavene (3) på hver side av cellene er delt i tre uavhengige grupper (3, 3', 3'') inneholdende omtrent like antall staver, og ved at anodebjelken
- 35 (6) for cellen i rad (n) er innrettet til å bli tilført strøm både via oppstrømsenden fra oppstrømgruppen (3) av katodeuttaksstaver i cellen i rad (n - 1) via en første stigeleder (5') på hver side, koblet til et punkt på bjelken

150364

14

(6) liggende stort sett på oppstrømsiden, en tredjedel av
avstanden fra den sentrale gruppe (3') av katodeuttaks-
staver i cellen (n - 1) og via en andre stigeleder (5")
5 på hver side koblet til et punkt på bjelken liggende stort
sett på oppstrømsiden, 2/3 av avstanden fra nedstrøm-
gruppen (3") av katodeuttaksstaver i cellen i rad (n - 1).

10

15

20

25

30

35

Fig. 1

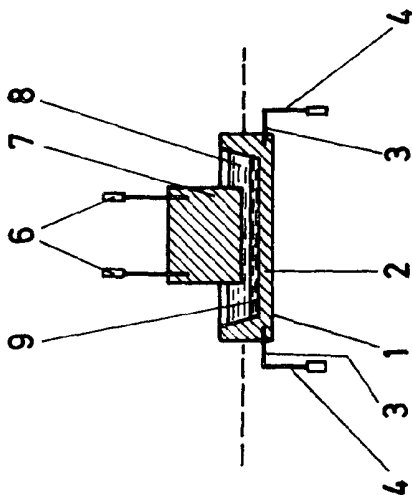


Fig. 2

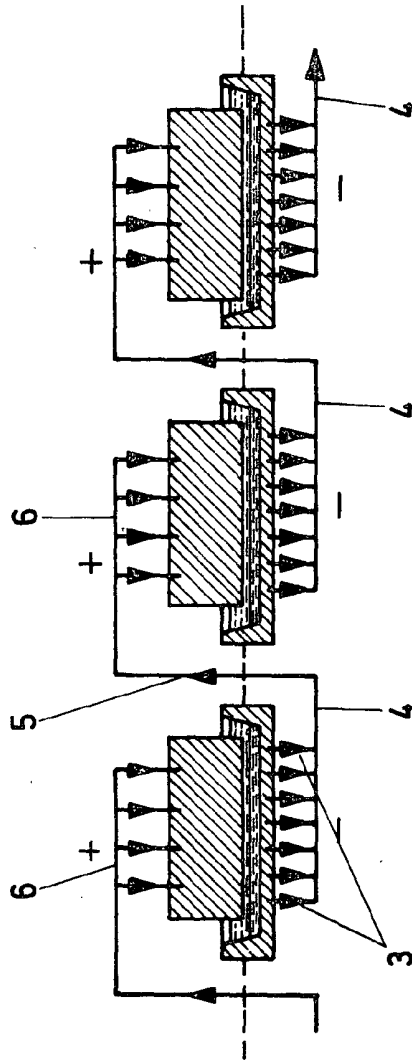
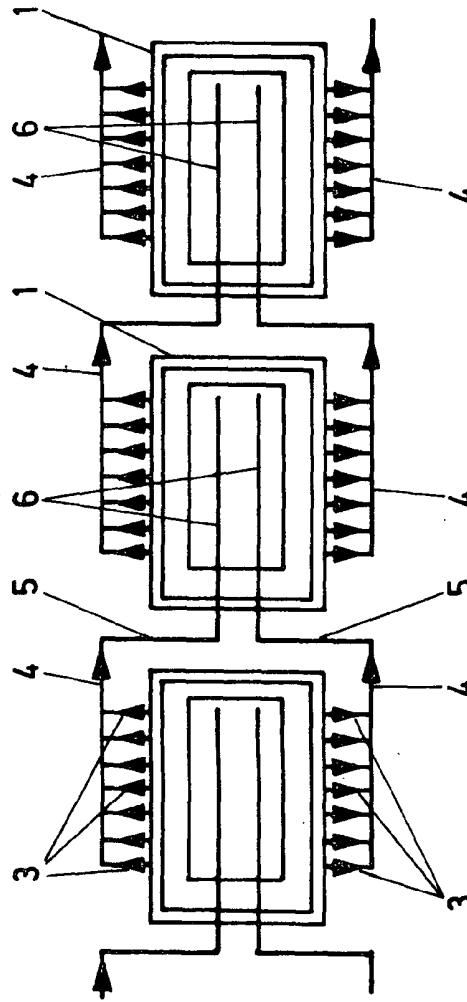
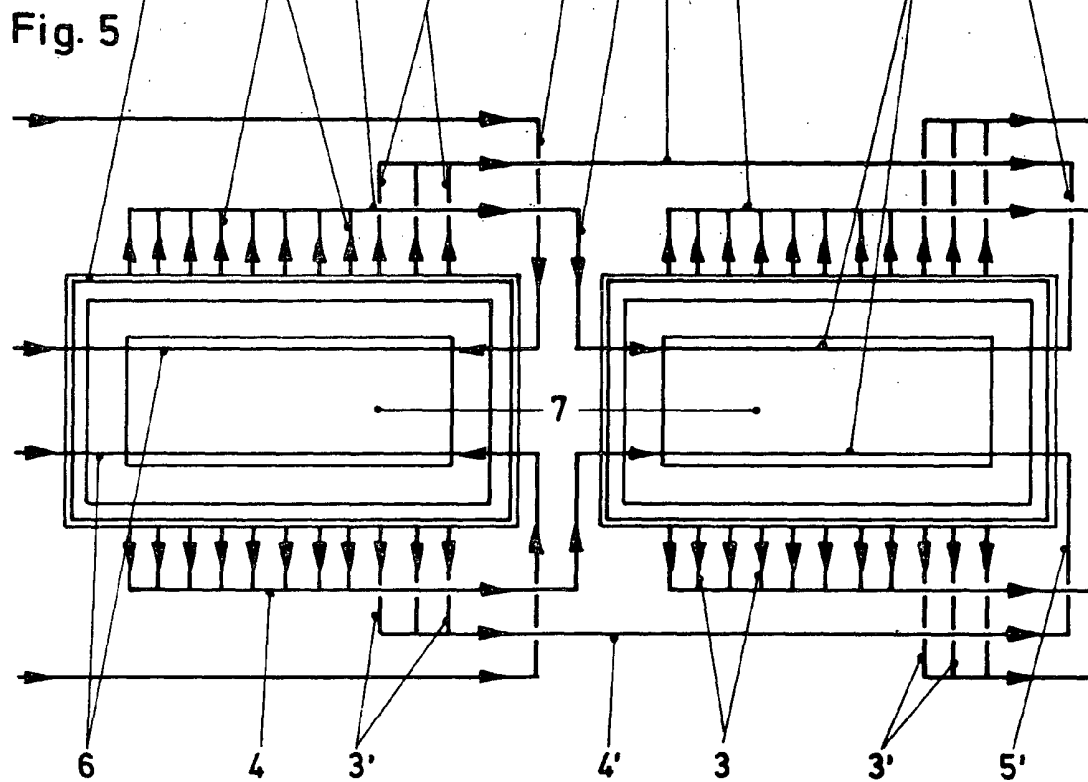
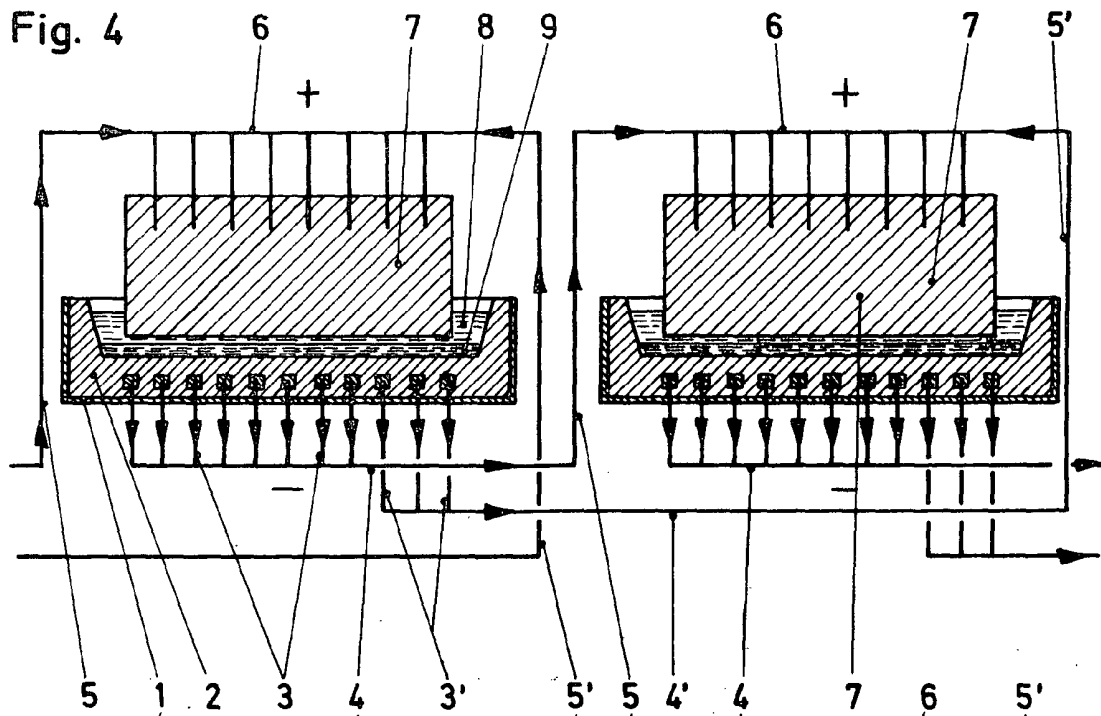


Fig. 3





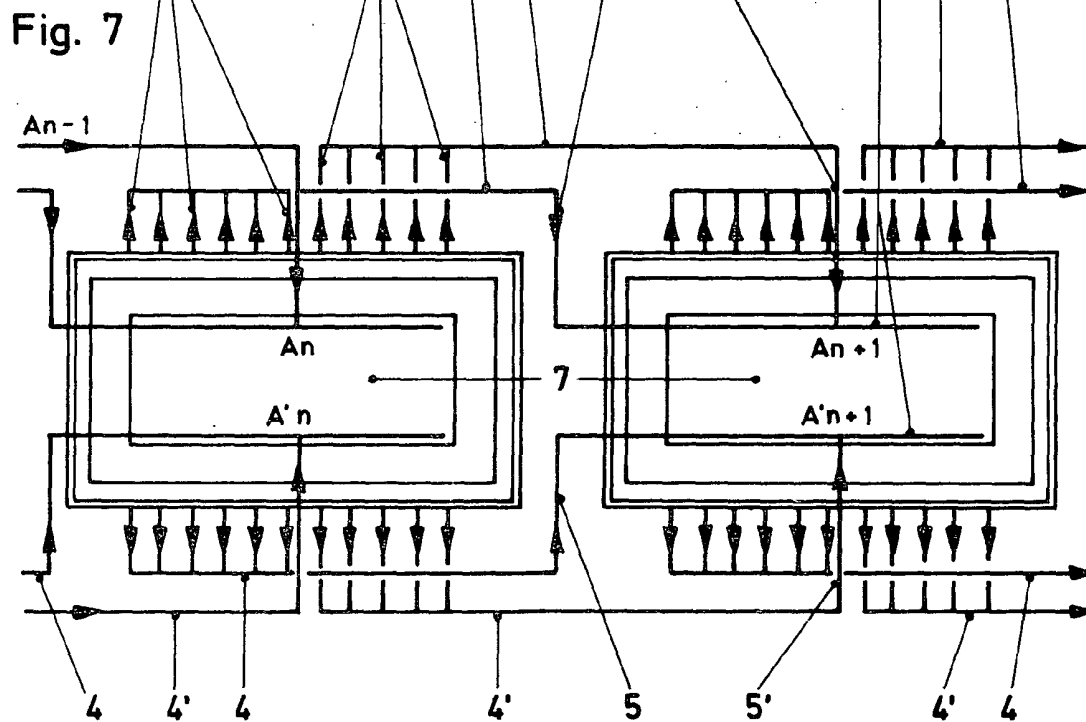
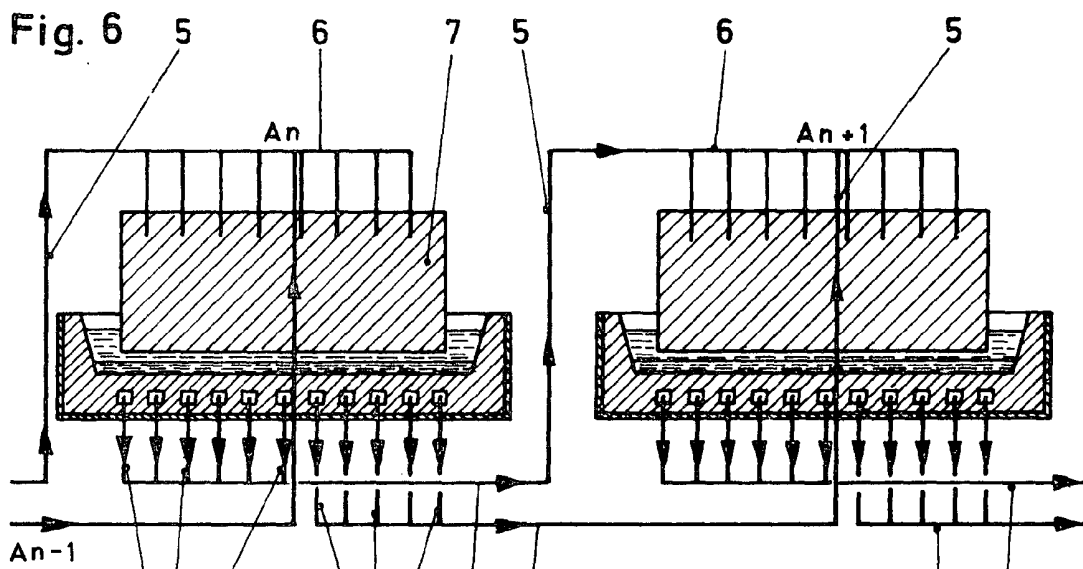


Fig. 8

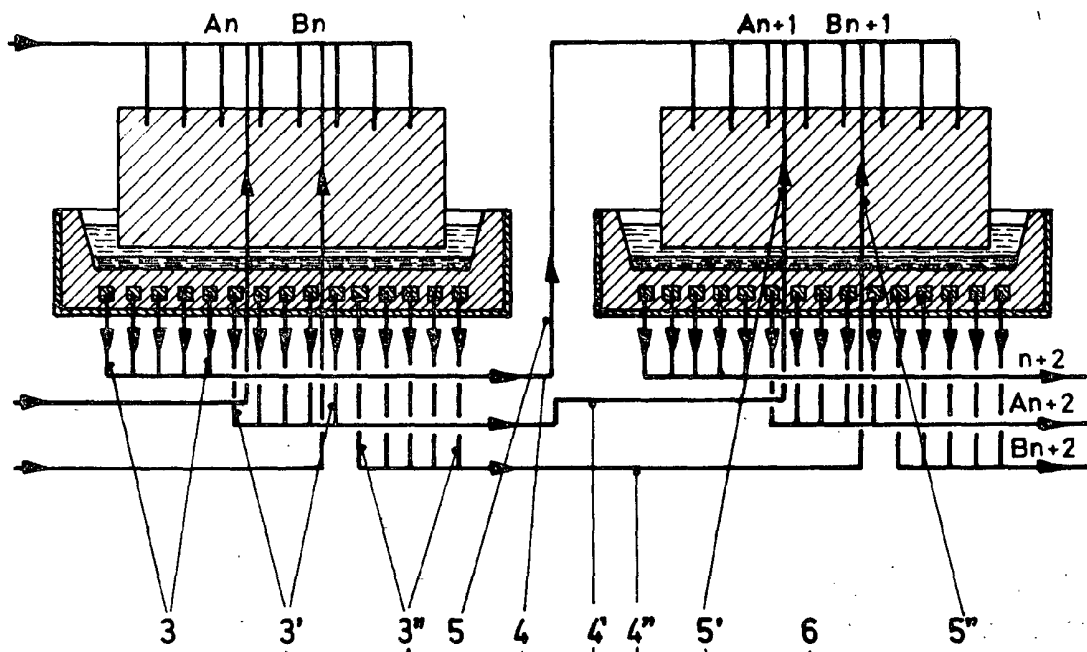


Fig. 9

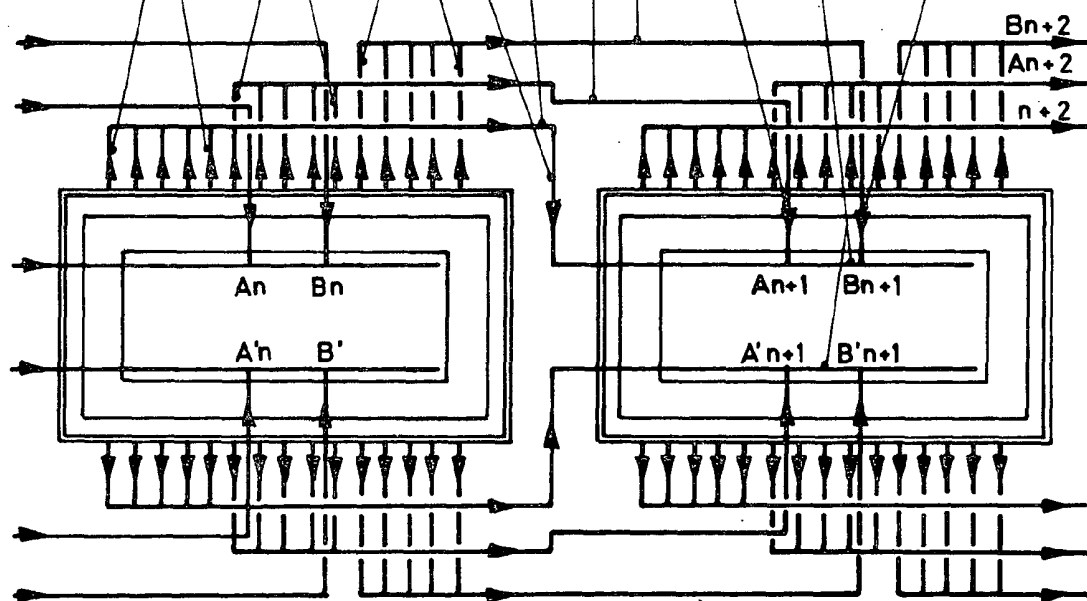


Fig. 10

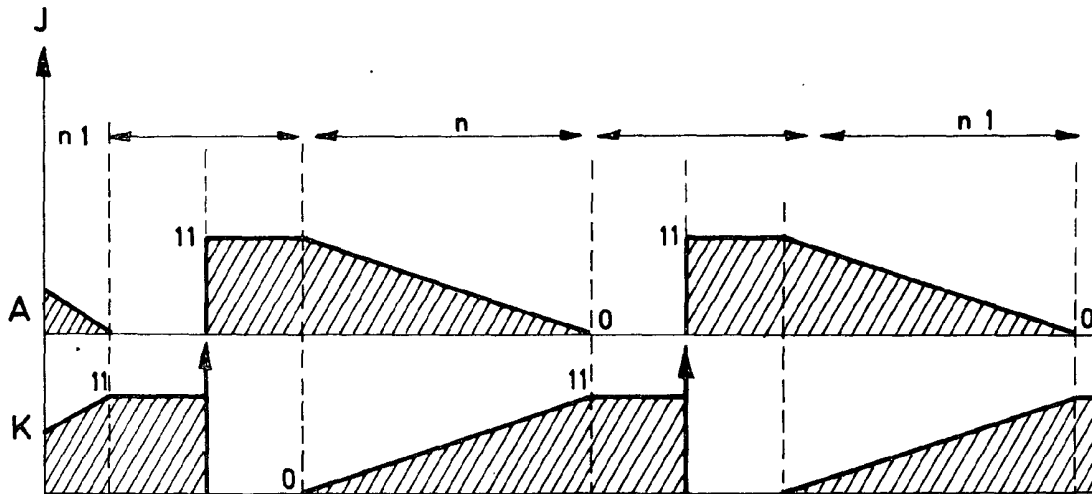


Fig. 11

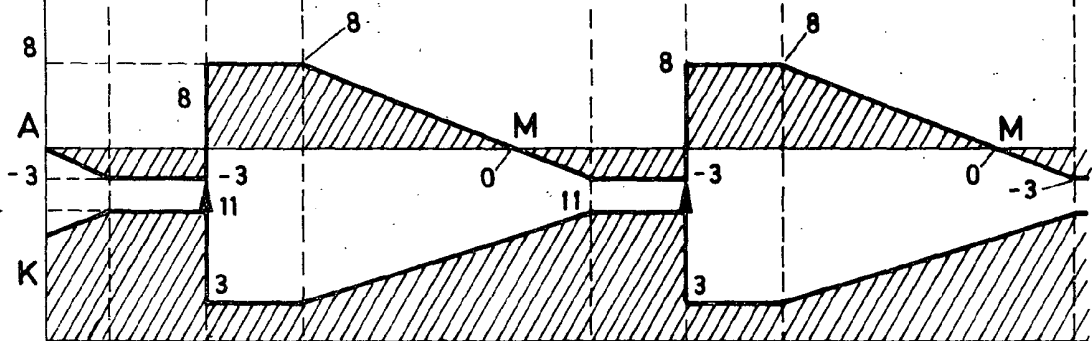
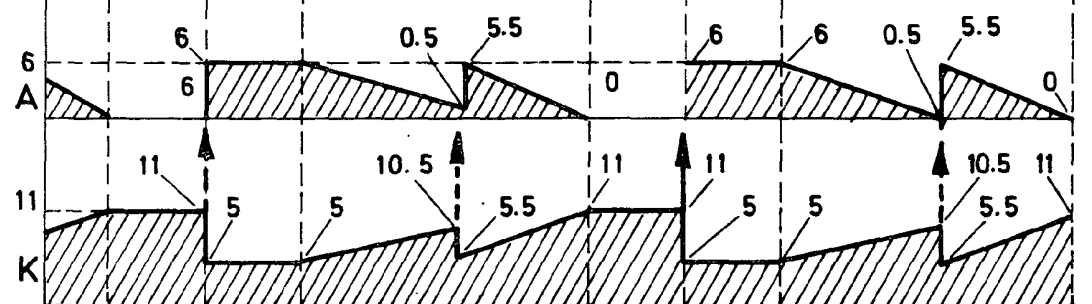


Fig. 12



150364

Fig. 13

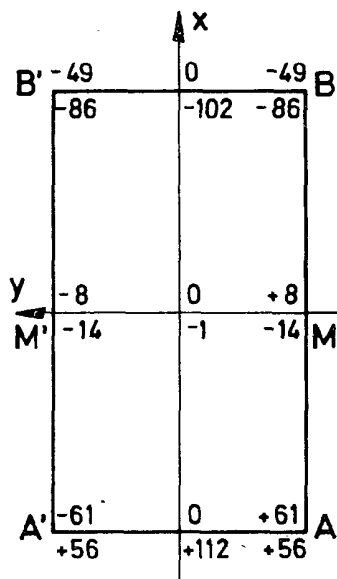


Fig. 14

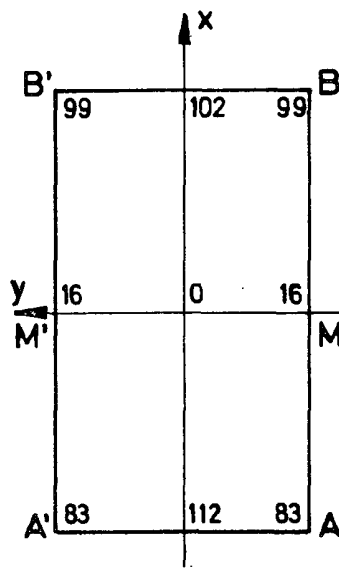


Fig. 15

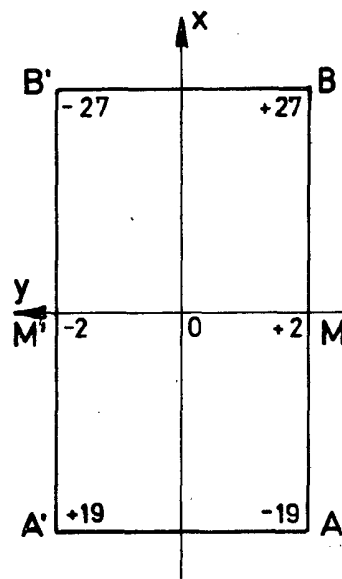


Fig. 16

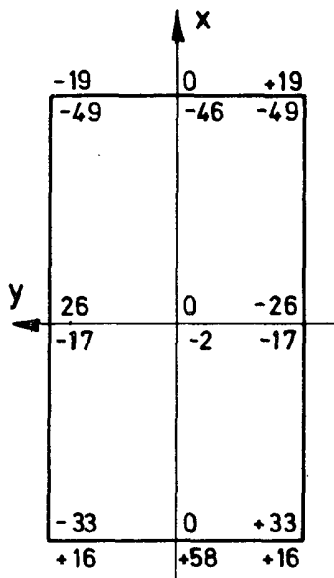


Fig. 17

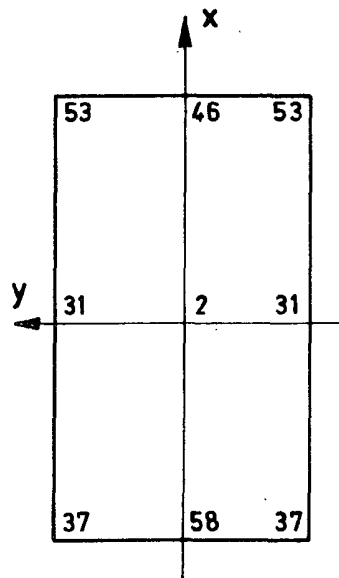


Fig. 18

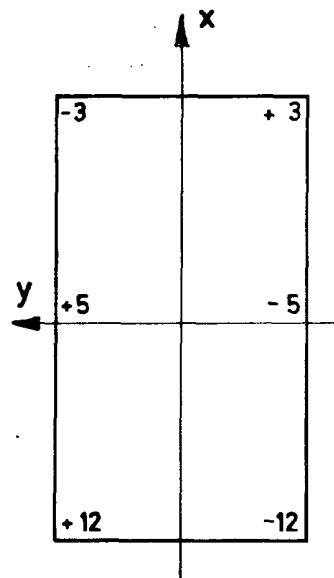


Fig. 19

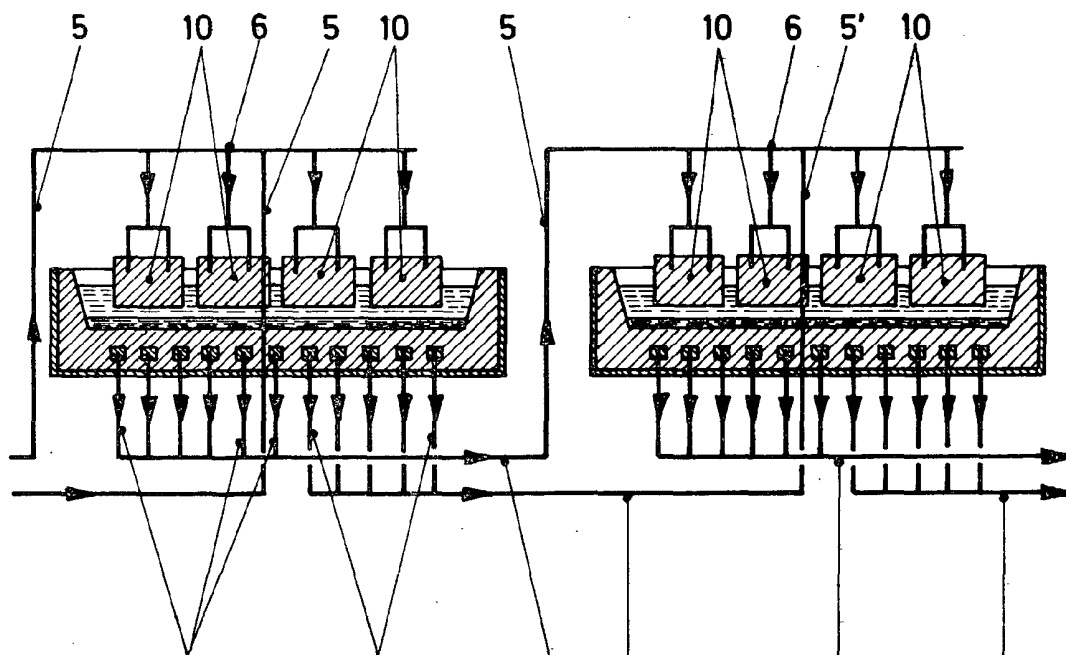


Fig. 20

