



Patent dodatkowy
do patentu

Kl. 40 c, 3/12

Zgłoszono: 18.IX.1963 (P 102 579)

Pierwszeństwo: 19.IX.1962 dla zastrz.
1, 2
03.IX.1963 dla zastrz.
3—9
Francja

MKP C 22 d, 3/12

Opublikowano: 2.X.1970

UKD

Twórca wynalazku: Jacques Chambran

Właściciel patentu: Pechiney Compagnie de Produits Chimiques et Electrometallurgiques, Paryż (Francja)

Sposób utrzymywania żądanej zawartości tlenku glinowego przy termoelektrolizie dla otrzymania aluminium oraz urządzenie do stosowania tego sposobu

Przedmiotem wynalazku jest sposób utrzymywania żądanej zawartości tlenku glinowego przy termoelektrolizie dla otrzymania aluminium z zasygnalizowaniem zjawiska anodowego za pomocą anody wykrywającej oraz urządzenie do stosowania tego sposobu.

Tak zwane zjawisko anodowe lub iskrzenie elektrolizera jest w przemyśle aluminiowym zjawiskiem powszechnie znanym i groźnym. Przy tym na skutek polaryzacji anody pojawiają się wahania napięcia o znacznej wielkości. Gdy jeden z elektrolizerów jednego z szeregów wykazuje zjawisko anodowe, to prowadzi to w wielu przypadkach do zakłóceń w działaniu innych elektrolizerów szeregu. Poczyniono już próby, aby zasygnalizować zjawisko anodowe, gdyż okazało się, że dla dobrej pracy elektrolizerów jest konieczne, aby okresowo, na przykład raz na 24 godziny, dopuścić do iskrzenia elektrolizera.

Polaryzacja anody występuje, gdy koncentracja tlenku glinowego w kąpielu spada poniżej pewnej wartości. Dla otrzymania aluminium w skali wielkoprzemysłowej drogą termoelektrolizy jest więc szczególnie korzystne, aby istniała możliwość zasygnalizowania wystąpienia zjawiska anodowego, a tym samym obniżenia zawartości tlenku glinowego do pewnej określonej wartości progowej na tyle wcześnie, aby — nim dojdzie w elektrolizerze do iskrzenia — możliwe było jeszcze ładowanie.

Znany jest sposób, według którego — na pod-

stawie faktu, że przed wystąpieniem zjawiska anodowego anoda pokrywa się zjonizowanymi gazami — rozwinięto metodę natychmiastowego zasygnalizowania wystąpienia zjawiska anodowego. Zjonizowane cząstki gazu na powierzchni anody powodują wahanie prądu z częstotliwością w zakresie kiloherców (kHz). Wytworzoną przez samą anodę energię wielkiej częstotliwości wykorzystuje się więc w stosunkowo skomplikowanym układzie wzmocnienia jako kryterium dla oczekiwanej niebawem polaryzacji anody i przez to wyzwała się sygnały dla wymaganego ładowania. Niezależnie od tego, że sposób ten jest wyjątkowo skomplikowany, jest on także podatny na zakłócenia i mało dokładny.

Znany jest już także sposób sygnalizowania mającego niebawem wystąpić zjawiska anodowego, przy czym zastosowano anodę pomocniczą, która jest stale zasilana większą gęstością prądu niż anody robocze. Wobec tego, że zjawisko polaryzacji anodowej jest zależne od koncentracji tlenku glinowego w kąpielu i gęstości prądu na omawianej anodzie, zjawisko anodowe występuje wcześniej na anodzie zasilanej większą gęstością prądu i służy przez to jako wskaźnik, że należy oczekiwać iskrzenia na anodach roboczych.

Anoda pomocnicza osadzona jest głębiej niż anody robocze, aby uzyskać większą gęstość prądu na powierzchni anodowej. Przez to ugar anodowy anody pomocniczej jest znacznie większy niż ugar

anod roboczych. Z tego powodu jest prawie niemożliwe utrzymanie odpowiedniego odstępu anodowego między anodą spodową a anodą węglową. Na skutek niepewności w utrzymaniu odstępu anodowego także wskazania są zmienne i niepewne. Do tego dochodzi fakt, że na skutek głębszego osadzenia anody pomocniczej jej temperatura jest wyższa. Różnica temperatury w stosunku do anod roboczych powiększa błąd dokładności pomiaru.

Celem wynalazku jest usunięcie wymienionych niedogodności oraz opracowanie takiego sposobu i urządzenia, które by ponadto zapobiegały zakłóceniom w pracy elektrolizerów, powodowały zmniejszenie zużycia anod oraz fluorku, zwiększenie wydajności prądowej oraz aby przy tym umożliwiała automatyzację procesu elektrolizy.

Zgodnie z wynalazkiem utrzymanie pożądanej zawartości tlenu glinowego przy termoelektrolizie dla otrzymania aluminium z zasygnalizowaniem zjawiska anodowego za pomocą anody wykrywającej o większej gęstości prądu niż na anodach roboczych i następującym po tym dodaniem tlenu glinowego do kąpieli uzyskuje się w ten sposób, że do anody wykrywającej doprowadza się okresowo impuls prądu stałego o gęstości większej od gęstości na anodach roboczych, przeważnie 1,5 do 10-krotnej, w szczególności 1 do 10 A/cm², specjalnie 2 do 6 A/cm². Połączona mechanicznie z układem anodowym elektrolizera anoda wykrywająca jest w czasie impulsu izolowana elektrycznie w stosunku do tego układu, a poza tym czasem połączona z tym układem.

Napięcie impulsowe, na anodzie wykrywającej mierzy się, a impulsy powtarza się tak długo, dopóki napięcie impulsowe na anodzie wykrywającej nie przekroczy wartości granicznej ponad napięcie maksymalne przy poprzedzających impulsach, przeważnie wartość 1,05 do 2-krotną i przez to oznaczony jest moment, w którym zawartość tlenu glinowego w kąpieli opadła poniżej wartości progowej. Wartość progowa zależy od zastosowanej gęstości prądu impulsowego. Po tak otrzymanych zasygnalizowaniach zjawiska anodowego ładuje się tlenek glinowy.

Wartość graniczną napięcia impulsowego nastawia się celowo na wartość progową minimalnej zawartości tlenu glinowego rzędu 2 do 5, przeważnie 3 procentów wagowych. Jeśli pracuje się z górną i dolną wartością graniczną napięcia impulsowego odpowiednio do maksymalnej i minimalnej wartości progowej tlenu glinowego, to nastawia się górną wartość graniczną napięcia impulsowego celowo na maksymalną wartość progową tlenu glinowego do 8, przeważnie 4 do 6 procentów wagowych i kończy się ładowanie przy osiągnięciu górnej wartości granicznej. Jednocześnie sposobem według wynalazku można także w znany sposób dokonać nastawienia elektrod roboczych.

Do realizacji sposobu według wynalazku stosuje się urządzenie z anodą wykrywającą, której powierzchnia podstawowa jest mała w stosunku do całkowitej powierzchni anodowej. Anoda ta jest połączona mechanicznie i elektrycznie z układem

anod roboczych, przewidziano jednak elementy łączeniowe, aby wyłączyć anodę wykrywającą w czasie trwania impulsów z układu anod roboczych. Urządzenie według wynalazku ma także elementy łączeniowe i elementy do wytworzenia żądanych impulsów prądu stałego w żądanych czasach zarówno do pomiaru napięcia impulsowego, jak i do zasygnalizowania osiągnięcia ustalonej wartości granicznej napięcia impulsowego dla uruchomienia urządzenia ładującego.

Jeśli pracuje się z górną i dolną wartością graniczną napięcia impulsowego odpowiednio do górnej i dolnej wartości progowej zawartości tlenu glinowego w elektrolicie, to urządzenie według wynalazku ma dodatkowe elementy łączeniowe dla zasygnalizowania osiągnięcia górnej wartości granicznej i przez to górnej wartości progowej tlenu glinowego z przerwaniem działania urządzenia ładującego. Powierzchnia podstawowa anody wykrywającej powinna wynosić mniej niż 0,1%, przeważnie mniej niż 0,02% całkowitej powierzchni anodowej.

Anoda ta ma przeważnie kształt pręta i znajduje się, izolowana, w pionowym otworze anody roboczej, na przykład w runce z materiału izolacyjnego, który może być zużyty przez elektrolit. Do tego nadaje się na przykład kwarc lub korund. W przypadku anod Soederberga anoda wykrywająca może być odizolowana od tej anody roboczej za pomocą elektrycznie izolującej ogniotrwałej substancji wewnątrz tulei metalowej. Zamiast tej izolacji można także zastosować otulinę azbestową.

Na skutek zastosowania sposobu według wynalazku, zapowiadania zjawiska anodowego i ładowania we właściwym czasie można znacznie obniżyć częstotliwość wymaganych zjawisk anodowych w pracujących w sposób ciągły elektrolizerach. W ten sposób jest celowe, aby dopuścić do iskrzenia poszczególnych elektrolizerów jedynie co około 10 dni.

Jak wspomniano, z powodu zjawiska anodowego i polaryzacji anody zawartość tlenu glinowego w elektrolicie nie powinna spaść poniżej pewnej wartości. Skoro jednak rozpuszczalność tlenu glinowego w elektrolicie jest ograniczona, także maksymalne stężenie tlenu glinowego ma znaczenie. Nie można zatem przeładować tlenu glinowego, gdyż istnieje niebezpieczeństwo, że nie rozpuszczony w elektrolicie tlenek glinowy opada na spód i powoduje przez zakrycie elektrody spodowej powiększenie oporności elektrolizera.

Powierzchnia podstawowa anody wykrywającej powinna być w stosunku do całkowitej powierzchni anodowej mała. W praktyce jest celowe, aby powierzchnia anody wykrywającej była rzędu 0,1 całkowitej powierzchni anodowej. Większe powierzchnie anodowe dla anody pomocniczej nie są celowe, gdyż natężenie prądu impulsowego dla utrzymania żądanej gęstości prądu impulsowego zależy od powierzchni anody. Przez powierzchnię anodową lub całkowitą powierzchnię anodową rozumie się całkowite powierzchnie wszystkich anod w jednym elektrolizerze, które leżą w istocie równolegle do powierzchni elektrody spodowej.

Anoda wykrywająca może być połączona z resztą układu anodowego w ten sposób, że jest wprawdzie połączona z nim mechanicznie w sposób trwały, podczas gdy w czasie impulsu jest jednak elektrycznie izolowana. Jest celowe, aby

dopasować gęstość prądu impulsowego do gęstości prądu anod roboczych. Stwierdzono, że polaryzacja anody wykrywającej jest zależna od gęstości prądu impulsowego i zawartości tlenu glinowego w kąpiel. Im większa jest gęstość prądu impulsowego, przy tym

większej zawartości tlenu glinowego należy oczekiwać polaryzacji anody wykrywającej. Według wynalazku średnią zawartość tlenu glinowego w elektrolizerze można utrzymywać na

wyższym poziomie, niż zwykle przyjęto, na przykład około 1%.

Powiększenie średniej zawartości tlenu glinowego prowadzi do zmniejszenia średniej wartości siły przeciwelektromotorycznej przy elektrolizie, jak też do zwiększenia, w tym przypadku do ponad 2%, średniej wartości wydajności prądowej elektrolizerów. Wreszcie w ten sposób następuje także nieznaczne obniżenie temperatury topnienia elektrolitu o około 3 do 5°C na jeden procent wagowy tlenu glinowego, równoznacznie z nieco niższą temperaturą roboczą. Okazało się, że takie obniżenie temperatury jest na ogół korzystne, szczególnie ze względu na ugar elektrod.

Jak wspomniano, ustala się natężenie prądu impulsowego i przez to gęstość prądu impulsowego na powierzchni anody wykrywającej ze względu na wartość progową stężenia tlenu glinowego. Należy także uwzględnić czas włączenia. Przez czas włączenia rozumie się czas między wystąpieniem przepięcia na anodzie wykrywającej i chwilą, w której występuje, na skutek zubożenia elektrolitu w tlenek glinowy, zjawisko anodowe na anodach roboczych.

Natężenie prądu impulsowego i tym samym gęstość prądu impulsowego na anodzie wykrywającej nastawia się, jak wspomniano, na anodzie wykrywającej na określoną wartość progową zawartości tlenu glinowego i to między mniej więcej 2,5 i 5 procentów wagowych, w szczególności około 3%.

Jeśli przekroczy się wartość progową, urządzenie sygnalizujące daje sygnał do potrzebnego ładowania, zanim nie dojdzie jeszcze w elektrolizerze do polaryzacji anod roboczych.

Sposób według wynalazku można także tak przeprowadzić, że uwzględnia się górną wartość progową dla stężenia tlenu glinowego, a więc wartość, do której należy ładować tlenek glinowy. Wartość ta wynosi w przybliżeniu maksymalnie 8%, a przeważnie od 4 do 6% rozpuszczonego tlenu glinowego. W tym przypadku zarówno przy przekroczeniu dolnej jak i przekroczeniu górnej wartości progowej daje się sygnał.

W tym celu konieczne jest nastawienie natężenia prądu impulsowego i tym samym gęstości prądu impulsowego na górne i dolne wartości graniczne. Dolna wartość graniczna natężenia prądu impulsowego jest przez to przyporządkowana

dolnej wartości progowej dla stężenia tlenu glinowego w elektrolizie w wysokości 2 do 5%, przeważnie około 3%. Górna wartość graniczna natężenia prądu impulsowego jest przyporządkowana górnej wartości progowej stężenia tlenu glinowego, to jest około 4 do 6%, przeważnie około 5%.

Ładowanie następuje przeważnie w zmniejszonych dawkach w stosunkowo krótkich odstępach czasu. Przy przekroczeniu dolnej wartości progowej ładuje się ilość tlenu glinowego większą od ilości odpowiadającej przeciętnemu zapotrzebowaniu na jednostkę czasu. To trwa tak długo, dopóki nie osiągnie się górnej wartości progowej. Ładowanie przerywa się teraz na skutek drugiego sygnału i podejmuje się dopiero wtedy, gdy występuje znowu pierwszy sygnał, a więc przy przekroczeniu dolnej wartości progowej. W ten sposób może elektrolizer w ciągu długich okresów roboczych pracować przy minimalnym osadzaniu się tlenu glinowego na elektrodzie spodowej.

Można utrzymać stały ciąg impulsów lub skracać się go z biegiem czasu. Stosuje się w praktyce przerwy impulsu od 2 do 180 minut.

Automatyzację według wynalazku można zastosować dla każdego elektrolizera oddzielnie lub dla całego szeregu elektrolizerów. Nie ma miejsca zakłócenie w pracy elektrolizera w danym momencie nie impulsowanego. Napięcie anody wykrywającej mierzy się na ogół między trzonem anody wykrywającej i prostopadłe doń stojącej szyny prądu katodowego. Często jednak jest bardziej korzystne, aby wyznaczyć napięcie między trzonem anody wykrywającej i dodatnim doprowadzeniem prądu do następnego elektrolizera.

Według sposobu według wynalazku można sterować elektrolizery następujące po sobie w szeregu kolejno jedną rozdzielnicą. Nadawanie impulsów do poszczególnych elektrolizerów przez anody wykrywające odbywa się więc kolejno. Podczas impulsów określa się także napięcie.

Okazało się szczególnie korzystne, w połączeniu z realizacją sposobu według wynalazku także wprowadzenie automatycznej regulacji odstepu elektrod elektrolizerów i to przez rezystancję wewnętrzną. Pomiaru rezystancji wewnętrznej elektrolizera można dokonać w znany sposób. Przez to osiąga się nadzwyczajną stabilność elektrolizy w całym szeregu elektrolizerów.

Zasilanie obwodu prądu pomiarowego prądem stałym może być dokonane niezależnie od zasilania elektrolizerów z zewnętrznego źródła prądu. Możliwe jest także jednak pobranie prądu z jednego elektrolizera i zasilanie nim obwodu prądu pomiarowego następnego elektrolizera. Ten pobór prądu jest tak nieznaczny, że nie ma to wpływu na sposób pracy tego elektrolizera.

Gdy pojawi się ewentualnie istniejące przepięcie, dłuższy czas impulsu nie jest wymagany. Czas impulsu wynosi przeważnie mniej niż 1 minuta. Czas ten celowo nie powinien być przedłużony poza moment, w którym napięcie ustabilizowało się.

Jak poprzednio wykazano, powierzchnia anody wykrywającej powinna być mała w stosunku do powierzchni anod roboczych. Na ogół wynosi ona

0,1%, przeważnie mniej niż 0,02%. W praktyce anoda wykrywająca ma wtedy powierzchnię poniżej 100 cm², przeważnie około 20 cm². Przy tak małych powierzchniach anod wykrywających potrzebne natężenia prądu impulsowego są także małe, to znaczy na ogół poniżej 12 A. To się odnosi zarówno do anod wstępnie wypalanych, jak i do anod Soederberga.

Przedmiot wynalazku jest przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym: fig. 1 przedstawia schematyczny przekrój urządzenia realizującego sposób według wynalazku, w którym anoda wykrywająca jest jedną z anod roboczych elektrolizera; fig. 2 — wykres charakterystyk napięcia impulsowego w funkcji czasu t (w sekundach) bez i z polaryzacją anody wykrywającej; fig. 3 — wykres charakterystyk napięcia impulsowego w funkcji czasu t (w minutach), skąd widać stosunki pod koniec ciągu impulsów; fig. 4 i 5 — dwa przerywacze pneumatyczne dla anod wykrywających; fig. 6 i 7 — układy połączeń automatycznej wersji realizacji sposobu według wynalazku, a mianowicie rys. 6 z układem anod wykrywających, których powierzchnia jest mniejsza niż 0,1%, przeważnie mniejsza niż 0,02% całkowitej powierzchni anodowej i rys. 7 ze wstępnie wypalaną anodą roboczą jako anodą wykrywającą; fig. 8 i 9 — schemat szczególnego kształtu zastosowanej według wynalazku anody wykrywającej w anodzie wstępnie wypalanej; fig. 10 i 11 — schematyczny przekrój pionowy anod wykrywających w anodach Soederberga; fig. 12 — linią przerywaną podano charakterystykę zawartości w kąpeli tlenku glinowego w funkcji czasu t (w godzinach) przy ładowaniu tlenku glinowego w znany sposób i linią ciągłą zawartość tlenku glinowego przy ładowaniu sposobem według wynalazku.

Na fig. 1 anoda wykrywająca swym trzonem 1 i swą izolacją 2 jest odizolowana od przyłącza anodowego 3. Jak i inne elektrody robocze anoda wykrywająca jest sztywno połączona z przyłączem anodowym 3 za pomocą sworzni i oczka (nie pokazanych). Zacisk 4 do odbioru prądu obejmuje trzon 1 anody wykrywającej. Od zacisku prowadzi kabel 17 do płyty stykowej 18 dla połączenia z płytą stykową 19, która jest połączona z przyłączem 3 kablem zasilającym. Płyta stykowa 18 przez połączenie ze stykiem 8, który jest dodatnim biegunem źródła prądu impulsowego, może wytworzyć zestyk. Przesunięcie płyty stykowej 8 odbywa się za pomocą suwaka 9.

Szyna katodowa 10 wanny elektrolizera jest ustawiona prostopadle do anody wykrywającej. Jest ona połączona kablem instalacyjnym 11 i 12 z szyną, która jest ujemnym biegunem 13 źródła prądu pomocniczego dla prądu stałego. Elektryczne połączenie między 12 i 13 może być ustalone lub przerywane za pomocą członu nastawczego 14. W wannie elektrolizera znajdują się elektrolit 15 i ciekłe aluminium 16 nad katodą spodową.

Na fig. 1 anoda wykrywająca pokazana jest w chwili nadawania impulsu.

Po impulsie suwak 9 zamyka styk między pły-

tami 18 i 19, połączenie między anodą wykrywającą i dodatnim biegunem źródła prądu stykiem 8 jest przerywane i przez to ponownie wytworzone połączenie z anodą wykrywającą i przyłączem anodowym 3. W tej samej chwili człon nastawczy 14 przerywa elektryczne połączenie między ujemnym biegunem źródła prądu impulsowego i szyną katodową 10 przez odsunięcie szyny 13. Przez to elektroda wykrywająca działa poza czasem impulsu tak jak inne elektrody robocze.

Przy zdejmowaniu danych pomiarowych dla wykresów na fig. 2 i 3 i przykładów I do VII mierzy się napięcie między kablem instalacyjnym 11 i zaciskiem 4 anody wykrywającej. Podane wartości dla natężenia prądu i napięcia są wartościami z przykładów I do VII i dlatego nie przedstawiają wartości granicznych.

Krzywa A na fig. 2 podaje stosunki przy doprowadzeniu impulsów prądu stałego do anody wykrywającej bez polaryzacji, a krzywa B — z polaryzacją. Napięcie elektrolizera poza czasami impulsowymi wynosi 4 V. Napięcie V1 wynosi bez polaryzacji 6,9 V, a V2 z polaryzacją 16 V w stanie równowagi.

Skoro tylko napięcie impulsowe osiągnęło wartość graniczną V3 — na przykład 9 V, ładuje się do kąpeli tlenek glinowy. Widać, że wznosząca się część krzywej B między napięciami V1 i V3 opisana jest w około pół sekundy i że polaryzacja anody następuje w praktyce momentalnie.

Na wykresie na fig. 3 napięcie elektrolizera V jest podane w funkcji czasu t . Normalne napięcie elektrolizera wynosi 4 V. Przy trzech pierwszych impulsach nie zachodzi jeszcze polaryzacja anody wykrywającej, gdyż maksymalne napięcie impulsowe wynosi dopiero około 7,6 V. Przy pierwszym impulsie w czasie p i przy następnych impulsach pojawia się polaryzacja anody wykrywającej, maksymalne napięcie anodowe leży między 14,7 a 18,2 V, w czasie P anoda wykrywająca jest spolaryzowana. Czas włączenia T pomiędzy punktami pomiarowymi p i P wynosi tutaj 75 minut. Do kąpeli ładuje się tlenek glinowy, skoro tylko zasygnalizowano zjawisko anodowe; napięcie elektrolizera spada znów do 4 V. Po wyłączeniu anody wykrywającej przy wyższym przepięciu napięcie spada do punktu pomiarowego P.

Na wykresach z fig. 2 i 3 czas impulsu wynosi około 18 sekund, a przerwy między impulsami około 6 minut.

Na fig. 4 i 5 pokazano łączniki dla włączania i wyłączania anody wykrywającej, która służy także jako elektroda robocza. Łączniki składają się z dwóch pneumatycznych przerywaczy, uruchamianych jednocześnie tym samym stycznikiem, które przyłączone są do dodatniej szyny prądowej 47 dwóch następujących po sobie elektrolizerów. Przerywacze wywołują włączenie i wyłączenie anody poprzedniego w szeregu elektrolizera, która jednak jest wymienna z innymi anodami elektrolizera. Trzon 22 tej anody i trzony 29 i 30 anod sąsiadujących z anodą wykrywającą, są połączone z szyną prądową 47.

Położony przed tym przerywacz (fig. 4) powo-

duje połączenie lub rozłączenie anody wykrywającej z lub od dodatniego bieguna źródła prądu stałego (przylącze 8 jest elektrycznie połączone z tym biegunem) lub z dodatnią szyną poprzedzającego elektrolizera stykiem przechylnym 26, uruchamianym suwakiem 27. Przez 24 oznaczono płyty izolacyjne, przez 25 zderzak elektryczny, połączony z dodatnią szyną 47 poprzedzającego elektrolizera, a przez 28 sprężyny dociskowe. Położony za tym przerywacz (fig. 5) zamyka i otwiera obwód anody wykrywającej i łączy lub rozłącza dodatnią szynę 47 następującego elektrolizera z ujemnym biegunem 13 źródła prądu impulsowego i to stykiem przechylnym 26 uruchamianym suwakiem 27.

Na fig. 6. podano układ połączeń jednego elektrolizera z szeregu elektrolizerów. Anoda wykrywająca 44 każdego elektrolizera z szeregu ma powierzchnię mniejszą niż 0,1%, przeważnie mniejszą niż 0,02% całkowitej powierzchni anodowej. Styczniki przełączające 72 służą do kolejnego przyłączenia anod wykrywających do dodatniej szyny ich elektrolizera i do ich obwodu prądu impulsowego, przy czym natężenie prądu nastawione jest na wskazania dolnej wartości progowej zawartości tlenu glinowego. Przekazniki lub przekazniki wyborcze 80 wytwarzają połączenie anod wykrywających z obwodem prądowym dla ustalania napięcia.

W tym jest przekaznik napięciowy 82, który przyłączony jest zawsze tylko do jednej anody wykrywającej szeregu elektrolizerów; skoro tylko anoda wykrywająca pokazuje przecięcie, włączają się lampy sygnalizacyjne 90 tego elektrolizera przekaznikiem sygnalizacyjnym 84. Komutator 71 łączy jednocześnie styczniki przełączające 72 i przekazniki 80 jednego elektrolizera, doprowadzając do nich prąd zmienny a_1 , a_2 ; przekaznik napięciowy 82 steruje przekaznikiem sygnalizacyjnym 84 i przez to lampę sygnalizacyjną 90 za pomocą prądu zmiennego a_1 , a_2 , skoro tylko w obwodzie prądu impulsowego anody wykrywającej panuje trwałe przecięcie.

Przewody zbiorcze U^+ i U^- łączą dodatnie względnie ujemne bieguny każdej anody wykrywającej z dodatnimi względnie ujemnymi biegunami przekaznika napięciowego 82. Komutator 71 pracuje kolejno na oba elektrolizery 5, 6, a także 7, zaznaczony tylko przewodem 74 do połączenia z dodatnią szyną prądową. Dla lepszej przejrzystości układu połączeń pokazano drogę dopływającego prądu zmiennego a_1 , a_2 grubymi liniami. Dla uproszczenia rys. 6 i 7 pokazano anodę wykrywającą 44 poza anodą roboczą 41.

Połączenie pomiędzy trzonem anody wykrywającej i dodatnią szyną prądową poprzedniego elektrolizera może zawierać opornik nastawny 49. Służy on do nastawiania wartości granicznej anody wykrywającej 44 podczas nadawania impulsu i przez to wskazania wartości progowej dla zawartości tlenu glinowego.

Za pomocą opornika dodatkowego 48 można nastawiać gęstość prądu na powierzchni podstawowej

anody wykrywającej na gęstość prądu całkowitej powierzchni anodowej.

Pobór prądu z elektrolizera 5 dla nadania impulsu anodzie wykrywającej następnego elektrolizera 6 jest praktycznie do pominięcia i nie ma żadnego wpływu na normalny przebieg elektrolizy.

Na fig. 7 podano układ połączeń szeregu elektrolizerów z anodami wykrywającymi 144 dla każdego elektrolizera z szeregu wstępnie wypalonymi, z których jedna służy jako anoda wykrywająca. Przekazniki 172 sterują stycznikami 174, a te pneumatyczne przerywacze 192 i 193, na przykład według rys. 4 i 5. Przerywacze 192 przyłączają anody wykrywające do dodatniego bieguna r^+ źródła prądu stałego 201, a przerywacze 193 przyłączają dodatnie szyny prądowe 47 elektrolizerów do ujemnego bieguna r^- źródła prądu 201. Przekaznik zwłoczny 200 służy do przyłączania i odłączania źródła prądu stałego do jego zasilania prądem zmiennym.

Natężenie prądu źródła prądu stałego 201 odpowiada wartości progowej zawartości tlenu glinowego. Przekazniki wybierakowe 80 przyłączają elektrody wykrywające do obwodu prądu pomiarowego. Za pomocą przekazników napięciowych 82 i przekazników sygnalizacyjnych 84 do uruchomienia lamp sygnalizacyjnych 90 oznaczony jest elektrolizer, którego anoda wykrywająca pokazuje przecięcie; komutator 71 steruje jednocześnie przekaznikami 172, przekaznik zwłoczny 200 i przekazniki wyborcze 80 prądem zmiennym a_1 , a_2 , a mianowicie kolejno elektrolizery szeregu i przez to przekazniki napięciowe 82, przekazniki sygnalizacyjne 84 i lampy sygnalizacyjne 90, jak pokazano na układzie połączeń na fig. 6.

Fig. 8 do 11 przedstawiają przykłady wykonania zastosowanych według wynalazku anod wykrywających 44 z masy węglowej, przeważnie grafitu, na przykład w formie cylindrycznego pręta w pionowym otworze anody i izolowanego elektrycznie w stosunku do niej.

Według przykładu wykonania na fig. 8 i 9 jedna ze wstępnie wypalonych anod roboczych 52 jest przewiercona, a anoda wykrywająca wstawiona w to przewiercenie. Elektryczna izolacja anody wykrywającej 44 od anody roboczej 52 następuje za pomocą rury 43 z substancji izolacyjnej, zużywającej się w elektrolizie, na przykład z kwarcu lub korundu.

Według przykładu wykonania na fig. 10 i 11 przez węglową masę 116 anody Soedenberga przepchnięta jest anoda wykrywająca. Elektryczna izolacja anody wykrywającej 44 od anody roboczej 116 następuje na przykład za pomocą tulei 113 z ogniotrwałego i izolacyjnego materiału, jak tlenku glinowego. Można także zastosować osłonę z tlenku glinowego 118 w powłoce metalowej 114 (na przykład żelaznej) dookoła anody wykrywającej 44 lub osłonę z azbestu nasyczonego krzemianem. Przylegającą tuleję 113 można nałożyć znanym sposobem przez natryskiwanie płomieniowe. Anoda pokrywająca może być zbudowana z nałożonych na siebie elementów przez połączenia gwintowane 117.

Do realizacji sposobu według wynalazku nadają się także urządzenia automatyczne dla wytworzenia w pewnej kolejności impulsów prądu stałego z dolną i górną wartością graniczną natężenia prądu; te dolne i górne wartości graniczne natężenia prądu impulsowego są nastawione na wskazania dolnej i górnej wartości progowej zawartości tlenku glinowego. Zasilanie prądem anod wykrywających kolejnych elektrolizerów lub jednego elektrolizera może być automatycznie włączane i wyłączane. Można także mierzyć napięcie na anodach wykrywających podczas trwania impulsu, wyzwoić pierwszy sygnał dla ładowania elektrolizera, skoro tylko jego zawartość tlenku glinowego spadła poniżej dolnej wartości progowej, i wyzwoić drugi sygnał dla oznaczenia elektrolizera, skoro tylko jego zawartość tlenku glinowego osiągnęła górną wartość progową.

Całe urządzenie może odpowiadać przykładowo układom połączeń na fig. 6 lub 7. Mogą także istnieć transformatory regulacyjne dla kilku natężeń prądu anody prądu stałego 20, a mianowicie dla dolnego i górnego natężenia prądu impulsowego oraz człony nastawcze dla sterowania na zmienną pracę z dolnym i górnym natężeniem prądu impulsowego, na przykład przekaźnik pomocniczy dla komutatora 71. Urządzenie ma także automatyczne elementy łączeniowe dla wskazania drugiego sygnału do oznaczenia elektrolizera, którego anoda wykrywająca pod wpływem impulsów

z górnym natężeniem prądu impulsowego nie wykazuje już polaryzacji.

Okresowo można, jak wyżej wspomniano, dopuścić do polaryzacji anodowej w jednym elektrolizerze. Skoro tylko to zjawisko wystąpi, trzeba ładować tlenek glinowy. Do tego jest na przykład przewidziany przekaźnik napięciowy, który reaguje, skoro tylko napięcie elektrolizera przekroczy wartość graniczną i zwalnia automatyczne ładowanie elektrolizera tlenkiem glinowym. Wynalazek jest objaśniony przykładami 1 do 7 uwidocznionymi w tablicy 1.

Pobór prądu przez elektrolizer jednego szeregu: 48000 A; 24 anody, każdorazowo z powierzchnią anodową około 2700 cm² na podstawie; natężenie prądu na anodę: 2000 A, przez co gęstość prądu na powierzchni podstawy anody: 0,741 A/cm². Jedna z anod jest wyposażona stosownie do rys. 1 w anodę wykrywającą. Źródłem prądu pomocniczego jest prostownik, dający maksymalną moc 10000 A przy 35 V.

I — natężenie prądu impulsowego w A,
D — gęstość prądu w A/cm² na podstawie anody wykrywającej podczas impulsu,
v₁, v₂, v₃ — powyższe wartości graniczne napięć,
T — czas włączenia w minutach,
Q — procent wagowy tlenku glinowego w elektrolizie w chwili wystąpienia przepięcia na anodzie wykrywającej.

Tablica 1

Przykład	I A	D A/cm ²	$\frac{D}{d}$	v ₁ V	v ₂ V	v ₃ V	$\frac{v_3}{v_1}$	min. T	% Q wag.	Uwagi
1	3000	1,11	1,5	4,8	8,2	6,8	1,42	5		
2	4000	1,48	2	5,6	12	7,3	1,3	32		
3	5000	1,85	2,5	6	12,8	7,3	1,22	60		
4	5800	2,15	2,9	6,9	16	9	1,3	72		Fig. 2
5	6000	2,22	3	7,6	18	9,1	1,2	76	3	Fig. 3
6	6800	2,52	3,4	8,2	21,2	9,1	1,1	105		
7	10000	3,70	5	13,5	35,5	15	1,1	130	5	

Można oczywiście połączyć także dwa z powyższych przykładów i kolejno lub na zmianę — jak wyżej wspomniano — wskazać zawartość tlenku glinowego poniżej dolnej wartości progowej 3% z przykładu 5 i powyżej górnej wartości progowej 5% z przykładu 7.

Przykłady 8 do 10 uwidocznione w tablicy 2.

Pobór prądu przez elektrolizer: 56000 A; 28 wstępnie wypalonych anod, każdorazowo, z powierzchnią podstawy 2500 cm². Natężenie prądu na ano-

dę: 2000 A; gęstość prądu 0,8 A/cm². Jedna z anod jest zaopatrzona stosownie do rys. 6, 8 i 9 w anodę wykrywającą. Tworzący anodę wykrywającą pręt grafitowy ma średnicę 23 mm i długość 500 mm i jest izolowany w stosunku do anody roboczej warstwą kwarcu o grubości 23 do 30 mm.

Opornik dodatkowy 48' 2, 1 A, opornik regulujący można nastawiać dla przykładu 7 na 0,66 Ω dla przykładu 8 na 0,33 Ω i dla przykładu 9 na 0,17 Ω.

Tablica 2

Przykład	I	D	$\frac{D}{d}$	v ₁	v ₂	v ₃	$\frac{v_3}{v_1}$	T	Q
8	8	2	2,5	2,7	8	6	2,2		
9	12	3	3,75	4	8	6	1,5	75	3
10	16	4	5	5,3	8	6	1,1	130	

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób utrzymywania żądanej zawartości tlenku glinowego przy termoelektrolizie dla otrzymania aluminium z zasygnalizowaniem zjawiska anodowego za pomocą anody wykrywającej o wyższej gęstości prądu niż na anodach roboczych i z następnym dodaniem tlenku glinowego do kąpeli, **znamienny tym**, że do anody wykrywającej doprowadza się okresowo impuls prądu stałego o gęstości większej niż gęstość prądu anod roboczych, przeważnie 1,5 do 10-krotnej, w szczególności 1 do 10 A/cm², korzystnie 2 do 6 A/cm², przy czym połączoną mechanicznie z układem anodowym elektrolizera anodę wykrywającą izoluje się elektrycznie w czasie impulsu w stosunku do tego układu, a poza tym czasem przyłącza się do tego układu, oraz mierzy się napięcie impulsowe na anodzie wykrywającej a impulsy powtarza się tak długo, dopóki napięcie impulsowe na anodzie wykrywającej nie przekroczy wartości granicznej ponad maksymalne napięcie przy poprzednich impulsach, przeważnie wartość 1,05 do 2-krotną i przez to ustala się chwilę, w której zawartość rozpuszczonego tlenku glinowego w kąpeli spada poniżej wartości progowej, która zależy od zastosowanej gęstości prądu impulsowego i następnie ładuje się po tak otrzymanym zasygnalizowaniu zjawiska anodowego tlenek glinowy.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wartość graniczną ustawia się na wartość progową dla minimalnej zawartości tlenku glinowego rzędu około 2 do 5, przeważnie 3 procentów wagowych.

3. Sposób według zastrz. 1 lub 2, **znamienny tym**, że nastawia się górną wartość graniczną odpowiednio do wartości progowej dla maksymalnej zawartości tlenku glinowego do 8, korzystnie 4 do 6 procentów wagowych, i przy osiągnięciu tej górnej wartości granicznej kończy się ładowanie.

4. Urządzenie do stosowania sposobu według zastrz. 1 do 3, **znamienne tym**, że ma anodę wykrywającą (44) z materiału węglowego, zwłaszcza grafitu, która ma w stosunku do całkowitej powierzchni anodowej, mniejszą powierzchnię podstawową i jest połączona mechanicznie i elektrycznie z układem anod roboczych, przy czym jest okresowo od tego układu w czasie impulsów odłączona, oraz ma elementy łączeniowe do wytwarzania żądanych impulsów prądu stałego, do pomiaru napięcia impulsowego jak i do wykazania osiągnięcia założonej wartości granicznej napięcia impulsowego i dla uruchomienia urządzenia ładującego.

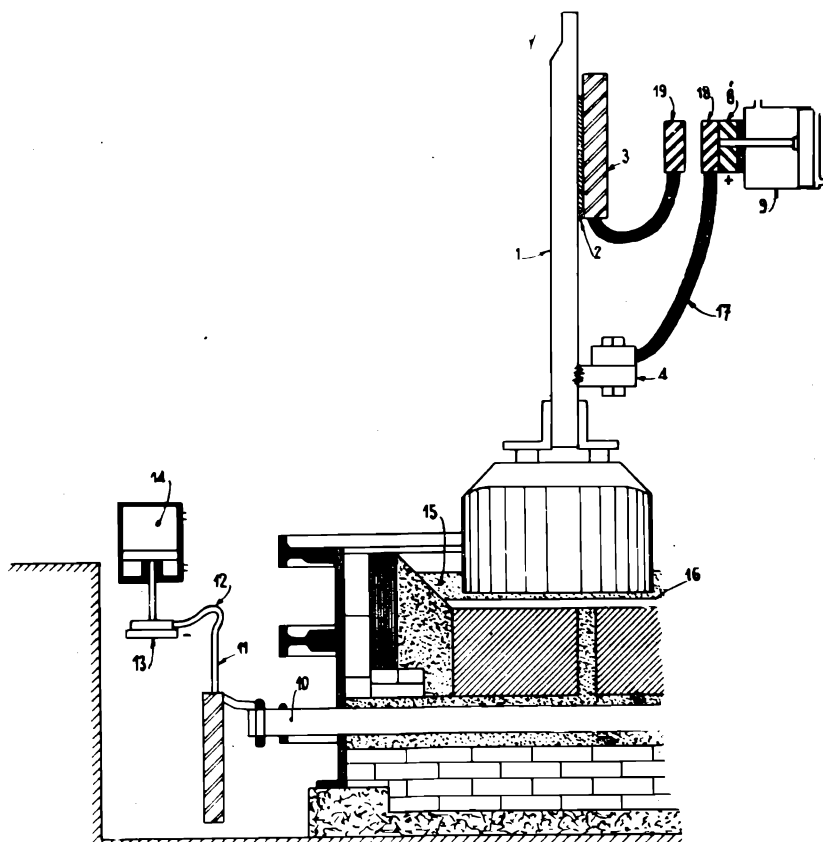
5. Urządzenie według zastrz. 4, **znamienne tym**, że ma dodatkowe elementy łączeniowe do wskazywania osiągnięcia założonej wartości granicznej odpowiednio do górnej wartości progowej tlenku glinowego i do przerywania działania urządzenia ładującego.

6. Urządzenie według zastrz. 4 lub 5, **znamienne tym**, że ma anodę wykrywającą (44), której powierzchnia podstawowa odpowiada wartości mniejszej niż 0,1%, korzystnie mniejszej niż 0,02% całkowitej powierzchni anodowej.

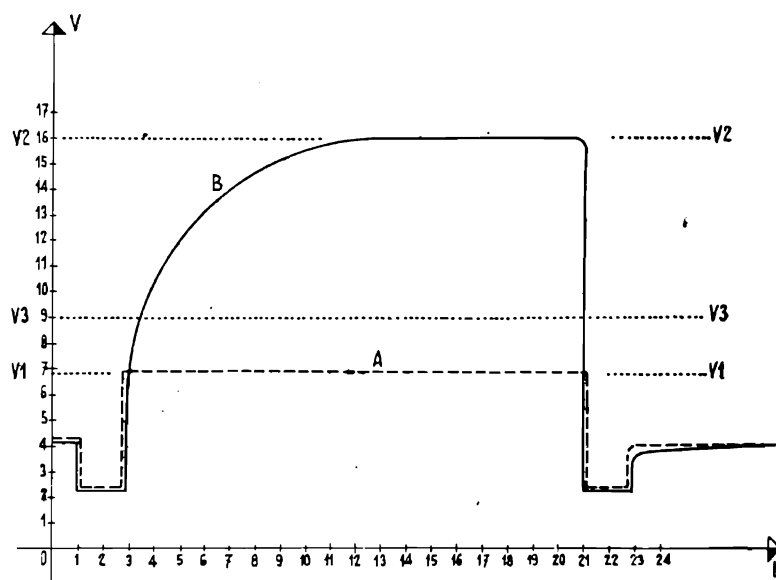
7. Urządzenie według zastrz. 6, **znamienne tym**, że ma anodę wykrywającą (44) w rurze (43) z materiału izolacyjnego, który zużywa się w elektrolizie, przeważnie kwarcu lub korundu.

8. Odmiana urządzenia według zastrz. 6, **znamienna tym**, że ma anodę wykrywającą (44) w otworze elektrody Soederberga, która to anoda jest izolowana warstwą (118) z elektrycznie izolującej ogniotrwałej substancji, otoczoną tuleją metalową (114).

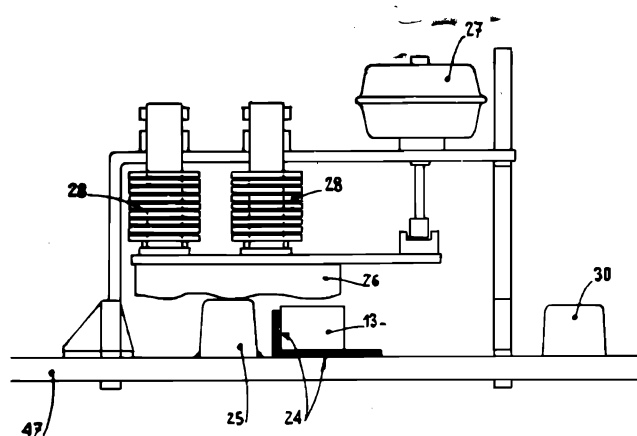
9. Odmiana urządzenia według zastrz. 6, **znamienna tym**, że ma anodę wykrywającą (44) w otworze elektrody Soederberga, która to anoda jest izolowana osłoną z azbestu impregnowanego krzemianem.



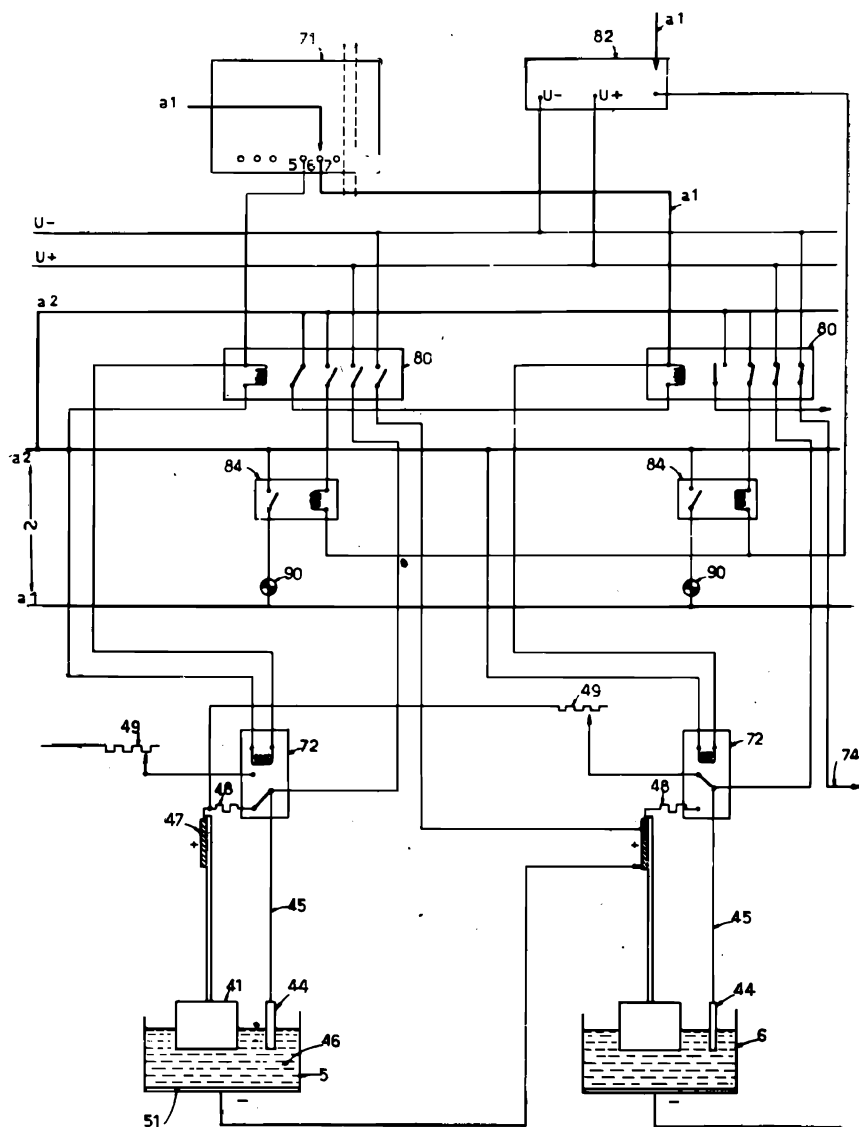
— Fig. 1 —



— Fig. 2 —



— Fig. 5 —



— Fig. 6 —

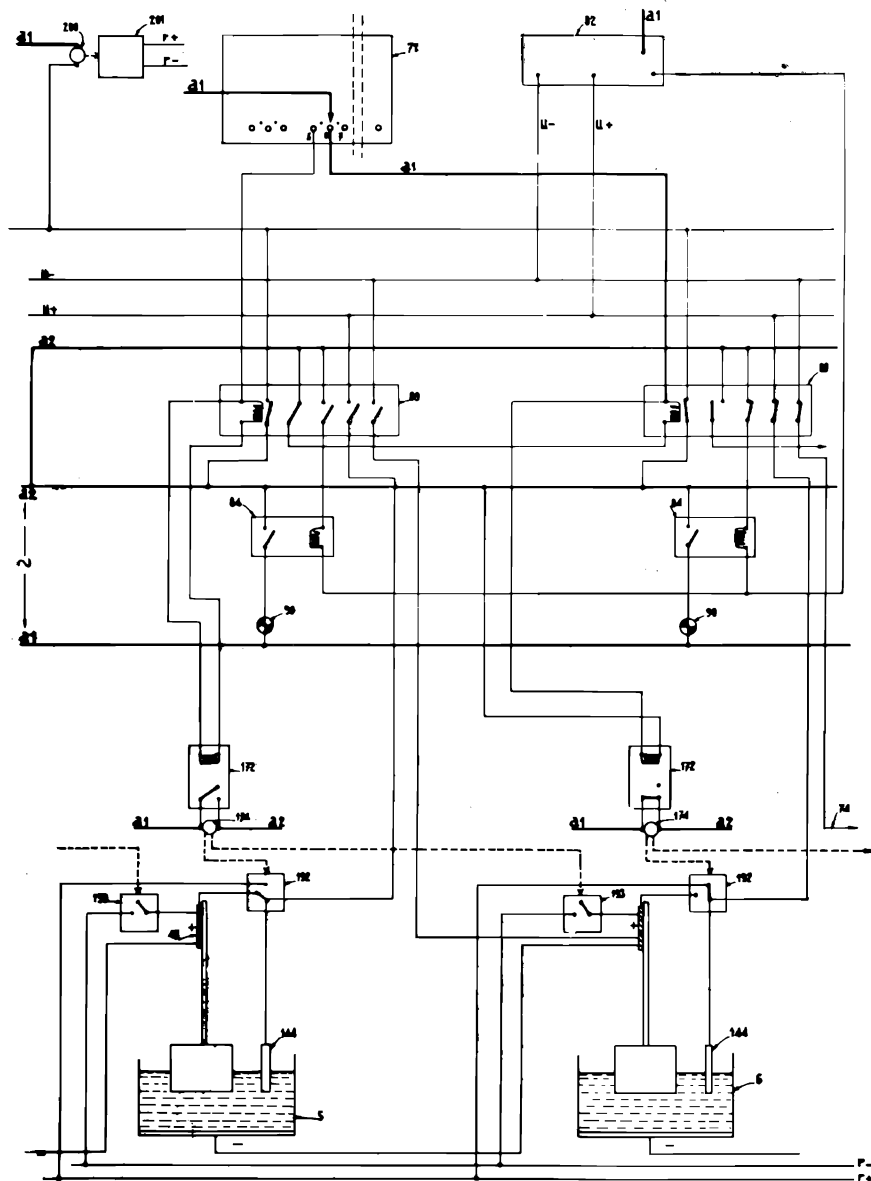
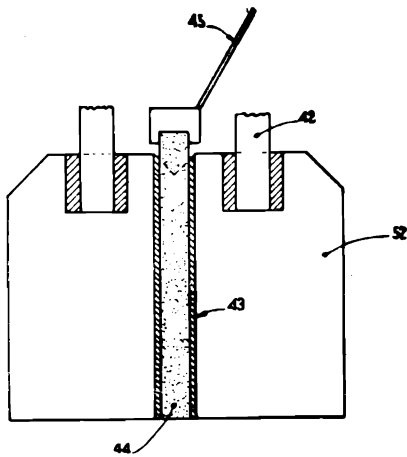
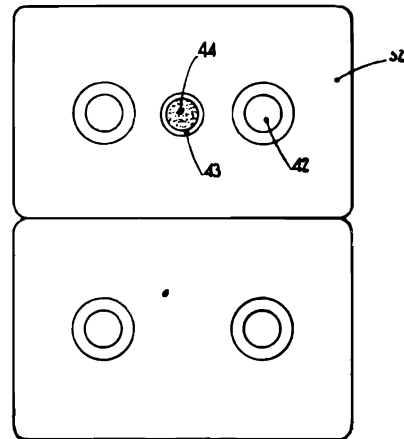


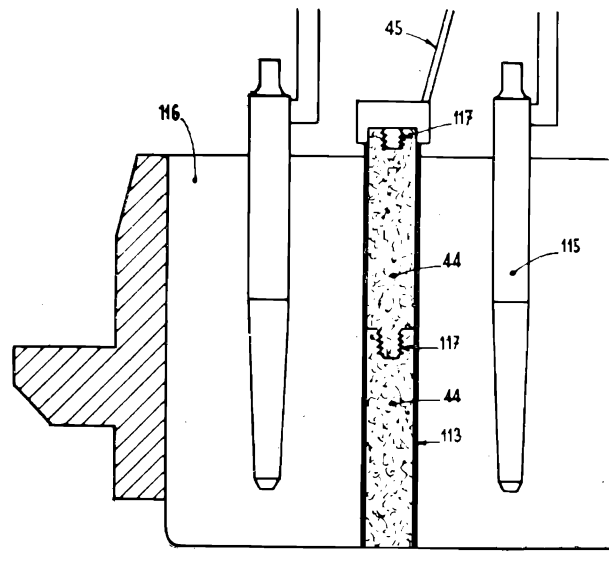
Fig. 7



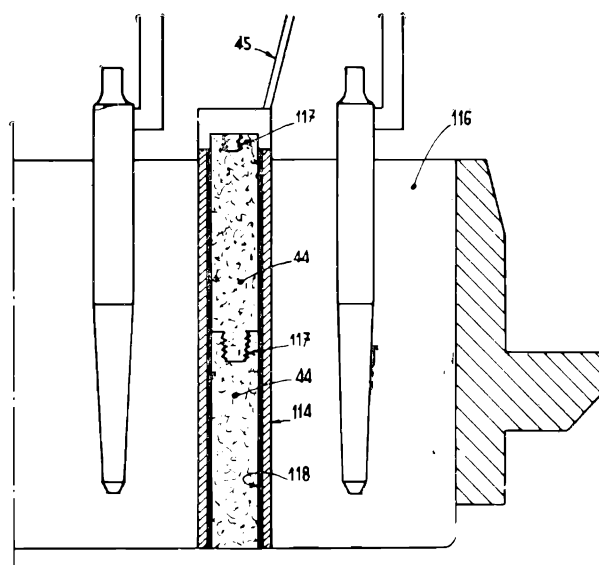
— Fig. 8 —



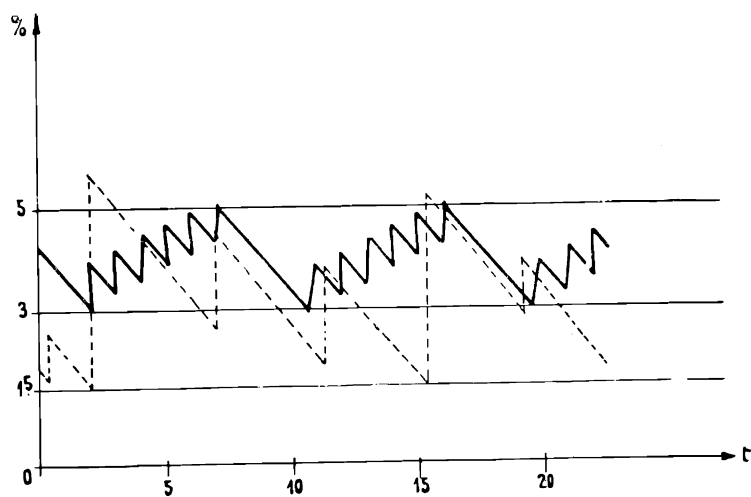
— Fig. 9 —



— Fig. 10 —



— Fig. 11 —



— Fig. 12 —