

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets

(11)

Veröffentlichungsnummer:

0 041 045**A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 81810185.9

(51) Int. Cl.³: **C 25 C 3/08**

(22) Anmeldetag: 15.05.81

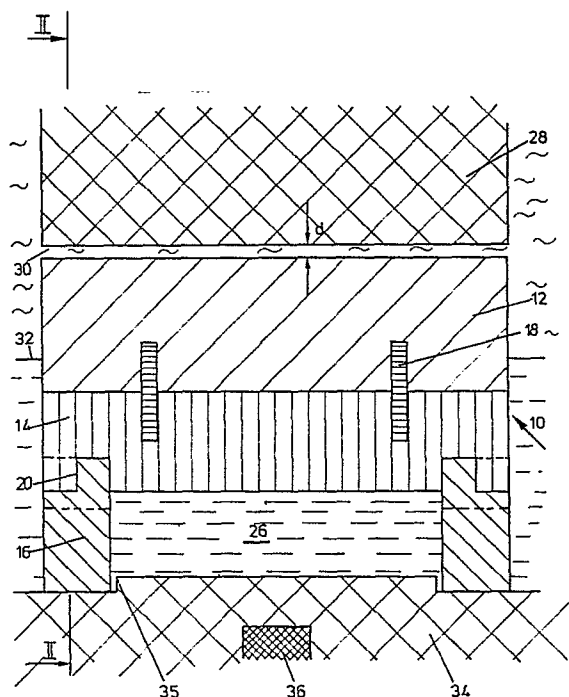
(30) Priorität: 23.05.80 CH 4038/80

(71) Anmelder: **SCHWEIZERISCHE ALUMINIUM AG,**
CH-3965 Chippis (CH)(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung: 02.12.81
Patentblatt 81/48(84) Benannte Vertragsstaaten: **AT BE CH DE FR GB IT LI NL**
SE(72) Erfinder: **Kugler, Tibor, Chlenglerweg 33,**
CH-8240 Thayngen (CH)(54) **Kathode für eine Schmelzflusselektrolysezelle.**

(57) Eine Festkörperkathode in einer Schmelzflusselektrolysezelle zur Herstellung von Aluminium besteht aus einzelnen auswechselbaren Elementen (10). Zwei gegen Wärmeschocks widerstandsfähige, starr miteinander verbundene Teile bilden diese Kathodenelemente.

Der obere, vom schmelzflüssigen Elektrolyten (30) in das abgeschiedene Aluminium (26) hineinragende Teil (12) bzw. dessen Beschichtung besteht aus einem bei Arbeitstemperatur elektrische gut leitenden, chemisch beständigen und von Aluminium benetzbaren Material.

Der untere, ausschliesslich im flüssigen Aluminium (26) angeordnete Teil (14, 16) bzw. dessen Beschichtung dagegen besteht aus gegen Aluminium beständigem Isolatormaterial.



ACTORUM AG

EP 0 041 045 A1

Kathode für eine Schmelzflusselektrolysezelle

Die Erfindung bezieht sich auf eine Kathode aus einzelnen auswechselbaren Elementen für eine Schmelzflusselektrolysezelle, insbesondere zur Herstellung von Aluminium.

- 5 Für die Gewinnung von Aluminium durch Elektrolyse von Aluminiumoxid wird dieses in einer Fluoridschmelze gelöst, die zum grössten Teil aus Kryolith besteht. Das kathodisch abgeschiedene Aluminium sammelt sich unter der Fluoridschmelze auf dem Kohleboden der Zelle, wobei die Oberfläche des flüs-
- 10 sigen Aluminiums die Kathode bildet. An Anodenbalken befestigte, bei konventionellen Verfahren aus amorphem Kohlenstoff bestehende Anoden tauchen von oben in die Schmelze ein. An den Kohleanoden entsteht durch die elektrolytische Zersetzung des Aluminiumoxids Sauerstoff der sich mit dem Kohlenstoff
- 15 der Anoden zu CO_2 und CO verbindet. Die Elektrolyse findet im allgemeinen in einem Temperaturbereich von etwa $940-970^\circ\text{C}$ statt. Im Laufe der Elektrolyse verarmt der Elektrolyt an Aluminiumoxid. Bei einer unteren Konzentration von ca. 1 - 2 Gew.-% Aluminiumoxid im Elektrolyten kommt es zum Anodenef-
- 20 fekt, der sich in einer Spannungserhöhung von beispielsweise 4 - 4,5 V auf 30 V und darüber auswirkt. Spätestens dann muss die aus erstarrtem Elektrolytmaterial gebildete Kruste eingeschlagen, und die Aluminiumoxidkonzentration durch Zugabe von neuem Aluminiumoxid (Tonerde) angehoben werden.
- 25 Es ist bekannt, bei der Schmelzflusselektrolyse zur Herstellung von Aluminium benetzbare Kathoden einzusetzen. Bei der Abscheidung von Aluminium werden für zum Stand der Technik gehörende Elektrolysezellen Kathoden aus Titandiborid, Titantankarbid, pyrolytischem Graphit, Borkarbid und weiteren
- 30 Substanzen vorgeschlagen, wobei auch Gemische dieser Substanzen, die zusammengesintert sein können, eingesetzt werden.

Gegenüber konventionellen Elektrolysezellen mit einer Interpolardistanz von ca. 6 - 6,5 cm bieten mit Aluminium benetzbare und in Aluminium nicht oder nur wenig lösliche Kathoden entscheidende Vorteile. Das kathodisch abgeschiedene Aluminium fließt schon bei Ausbildung einer sehr dünnen Schicht auf der der aktiven Anodenfläche zugewandten Kathodenoberfläche. Es ist deshalb möglich, das abgeschiedene flüssige Aluminium aus dem Spalt zwischen Anode und Kathode abzuleiten und einem ausserhalb des Spaltes angeordneten Sumpf zuzuführen.

10 Dank der dünnen Aluminiumschicht der Kathodenoberfläche bilden sich die aus der konventionellen Elektrolyse satstam bekannten Ungleichmässigkeiten in bezug auf die Dicke der Aluminiumschicht - unter dem Einfluss elektromagnetischer und konvektioneller Kräfte - nicht. Deshalb kann die Interpolardistanz ohne Einbusse an Stromausbeute reduziert werden, d.h. es wird ein wesentlich kleinerer Energieverbrauch pro Einheit reduziertes Metall erreicht.

In der US-PS 3 400 061 wird eine Elektrolysezelle vorgeschlagen, bei welcher am Zellenboden aus Kohlenstoff benetzbare Kathoden befestigt sind. Die Kathodenplatten sind in bezug auf die Horizontale, gegen die Zellenmitte, leicht geneigt. Die lichte Weite des Spaltes zwischen Anode und Kathode, d.h. die Interpolardistanz, ist wesentlich kleiner als bei konventionellen Zellen. Dadurch wird jedoch die Zirkulation des Elektrolyten zwischen Anode und Kathode erschwert. Bei der Abscheidung von Aluminium verarmt die Kryolithschmelze stark an Tonerde, wodurch die Zelle anfällig für Anodeneffekte wird. Für das Sammeln des flüssigen Metalls steht nur ein kleiner Teil der gesamten Bodenfläche der Zelle zur Verfügung. Um die Schöpfintervalle nicht unwirtschaftlich klein werden zu lassen, muss deshalb der Sumpf tief ausgebildet sein, was wiederum eine verstärkte Isolation des Zellenbodens bedingt.

Ausserdem ist zu beachten, dass die Verbindung zwischen dem Kohlenstoffboden und den benetzbaren Kathodenplatten schwer erreichbare Forderungen an die Verbindungsmasse stellt und den elektrischen Widerstand des Zellenbodens vergrössert.

- 5 Wie bei üblichen Elektrolysezellen besteht der Zellenboden aus elektrisch leitendem, also schwach wärmeisolierendem Kohlematerial.

- Auch nach dem Verfahren der DE-OS 26 56 579 werden benetzbare Kathoden eingesetzt. In dieser Vorveröffentlichung wird
10 die Zirkulation der Kryolithschmelze dadurch verbessert, dass die Kathodenelemente im elektrisch leitenden Zellenboden verankert sind und im Bereich unterhalb der Anoden aus dem auf der gesamten übrigbleibenden Zellenbodenfläche gesammelten Aluminiumsumpf herausragen. Die Kathodenelemente bestehen im
15 vorliegenden Fall aus unten geschlossenen Rohren aus mit Aluminium benetzbarem Material, wobei die Rohre vollständig mit Aluminium gefüllt sind.

- Oberhalb des Aluminiumsumpfs, d.h. zwischen den Rohren, erleichtern Spalten zwischen den Kathodenelementen die Zirkulation des Elektrolyten. Die Höhe dieser Spalten bzw. der
20 Rohre wird so gewählt, dass es zu keinem bedeutenden Stromübergang zwischen der Anode und dem Aluminiumsumpf kommt. Die in den Beispielen der oben erwähnten DE-OS dargestellten Stromzuführungen zu den Kathodenelementen sind alle mit den
25 Nachteilen der Stromzuführung durch den Kohleboden behaftet. Die Strömung des Elektrolyten ist eine Wirbelströmung um das Kathodenelement und erfolgt ohne bevorzugte Richtung, dadurch ist die Verteilung der Tonerdekonzentration nicht optimal.

- Eine Weiterausbildung der oben stehenden DE-OS findet sich in
30 der US-PS 4 177 128. Die wahlweise aus elektrisch leitendem oder elektrisch nicht leitendem Material bestehenden Rohre werden mit einem genau angepassten Deckel aus elektrisch leitendem Material versehen, welcher über einen abwärts ge-

richteten Fortsatz mit dem flüssigen Aluminium im Rohr verbunden ist. Nach dieser Ausführungsform wird jedoch bei elektrisch leitfähigen Rohren mehr Titandiborid als nach der oben erwähnten DE-OS gebraucht, während elektrisch isolierende Rohre gegen den schmelzflüssigen Kryolith kaum genügend resistent sind. Ausserdem wird in nicht hermetisch abgedichteten Rohren Schlamm gebildet, der sich schlecht wieder auflöst und praktisch nicht entfernt werden kann.

Ein wesentlicher Nachteil aller dieser bisher diskutierten Ausführungsformen mit benetzbaren Kathoden besteht darin, dass diese im Kohleboden der Zelle fest verankert sind. Aus wirtschaftlichen Gründen muss deshalb für die benetzbaren Kathoden ein Material gewählt werden, dessen Lebensdauer mindestens gleich gross oder besser grösser ist als die Betriebsdauer der Zellenauskleidung. Das Einsetzen eines billigeren Materials mit kürzerer Betriebsdauer oder das Anwenden einer einfacheren Herstellungstechnologie hätte zur Folge, dass ein Ausfall nur eines kleinen Teiles der Kathodenelemente, beispielsweise durch Bedienungs- oder Herstellungsfehler, den Ausfall der ganzen Elektrolysezelle nach sich ziehen würde. Der Kohleboden mit den eingegossenen Kathodenbarren ist an sich ausserordentlich empfindlich gegen Herstellungsfehler.

Die Anmelderin hat deshalb in der DE-OS 28 38 965 eine benetzbare Kathode für einen Schmelzflusselektrolyseofen, insbesondere zur Herstellung von Aluminium, vorgeschlagen, welche aus einzeln auswechselbaren Elementen mit je mindestens einer Stromzuführung besteht. Mit dieser Ausführungsform von problemlos auswechselbaren Kathodenelementen sind wohl die schwerwiegendsten, der oben erwähnten Nachteile behoben, es bleiben jedoch einige Unannehmlichkeiten. Die elektrisch leitenden benetzbaren Elemente bestehen aus verhältnismässig teurem Material, welches schwer bearbeitbar ist. Bezüglich der Grösse und geometrischen Form der Elemente sind Grenzen gesetzt.

Der Erfinder hat sich die Aufgabe gestellt, eine Kathode aus einzeln auswechselbaren Elementen für eine Schmelzfluss-elektrolysezelle zur Herstellung von Aluminium zu schaffen, welche - insbesondere in bezug auf Formgebung und Bearbeitung - wirtschaftlicher hergestellt werden können.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass die Elemente aus zwei mechanisch starr miteinander verbundenen, gegen Wärmeschocks widerstandsfähigen Teilen - einem vom schmelzflüssigen Elektrolyten in das abgeschiedene Aluminium hineinragenden oberen und einem ausschliesslich im flüssigen Aluminium angeordneten unteren Teil - aus verschiedenen Materialien gebildet sind, wobei

- der obere Teil bzw. dessen Beschichtung aus einem bei Arbeitstemperatur elektrisch gut leitenden, chemisch beständigen und von Aluminium benetzbaren Material, und
- der untere Teil bzw. dessen Beschichtung aus einem gegen das flüssige Aluminium beständigen Isolator-material besteht.

Die oberen Teile der Elemente bestehen aus in der einschlägigen Literatur beschriebenen Materialien für benetzbare Kathodenplatten, welche die gestellten Anforderungen erfüllen. Als Beispiele seien Titandiborid, Titankarbid, Titannitrid, Zirkondiborid, Zirkonkarbid, Zirkonnitrid und Mischungen von zwei oder mehr Materialien genannt, welche gegebenenfalls eine geringe Menge zugemischten Bornitrids enthalten können.

Die elektrisch leitfähigen, vorzugweise plattenförmig ausgebildeten oberen Teile der Elemente ragen wohl in das flüssige Aluminium hinein, sie berühren jedoch den Kohleboden der Zelle nicht.

Die unteren Teile der Elemente bzw. deren Beschichtung dagegen müssen weder von Aluminium benetzbar sein noch eine elektrische Leitfähigkeit besitzen. Sie müssen lediglich mit geschmolzenem Aluminium kompatibel sein, eine ausreichende mechanische Festigkeit aufweisen und einen hohen Wärmeschockwiderstand besitzen. Materialien, welche diesen Bedingungen genügend entsprechen, sind wesentlich preisgünstiger als die für die oberen Teile bzw. deren Beschichtung eingesetzten, durch Aluminium benetzbaren und elektrisch leitenden Materialien.

Weiter sind für den unteren Teil der Elemente verwendete Formteile aus Isolatormaterial wesentlich leichter herzustellen, was sich - zusammen mit den günstigeren Gestehungskosten für die Materialien darin ausdrückt, dass eine Massenproduktion von unteren Teilen 10- bis 20-mal billiger ist als diejenige von oberen Teilen. Als Beispiele für solche Isolatormaterialien, welche nie in Kontakt mit dem schmelzflüssigen Elektrolyten kommen, seien hochgesintertes Aluminiumoxid, aluminiumoxidhaltige Keramiken, Siliziumkarbid oder siliziumnitridgebundenes Siliziumkarbid genannt. Diese Materialien weisen ein höheres spezifisches Gewicht als Aluminium auf und sind erosionsfest, was wegen des im zirkulierenden Aluminium vorhandenen Schlammes von Bedeutung ist.

Sowohl der untere als auch der obere Teil eines Kathodenelementes kann - statt als homogener Vollkörper ausgebildet zu sein - einen Kern aus einem weniger kostspieligen, mechanisch stabilen Material, wie z.B. Stahl, Titan oder Graphit, haben, welcher nach einem bekannten Verfahren mit mindestens einem der entsprechenden Materialien beschichtet wird. Falls als Kernmaterial Graphit verwendet wird, kann der Verbundkörper mit Hilfe eines Sinterverfahrens hergestellt werden.

Die Kathodenelemente bestehen vorzugsweise aus mehreren Unterelementen. Dabei sind die den oberen Teil bildenden, elektrisch leitenden Unterelemente zweckmässig von möglichst einfacher geometrischer Form, z.B. 1 - 2 cm dicken, vertikal angeordneten Platten, wobei der Abstand zwischen den Platten grösser ist als deren Dicke. Die den unteren Teil bildenden, leicht form- und bearbeitbaren Unterelemente aus Isoliermaterial bilden einen Träger bzw. eine Stützkonstruktion für die oberen Unterelemente.

10 Mit Kombinationen von Unterlementen ist es möglich, einfache elektrisch leitende Hartmetallteile ohne mechanische oder andere Nachbearbeitung nach dem Sintern, also mit möglicherweise grossen Abweichungen der Ist-Masse, zu einer genügend formstabilen Baugruppe zu vereinigen, welche eine Beanspruchung durch Hebwerkzeuge beim Einlegen oder Herausnehmen aus der Elektrolysezelle ohne Zerstörung der verhältnismässig empfindlichen oberen Teile in Folge von Schlägen, Biegebeanspruchungen usw. erlauben. Auch während des Betriebs der Elektrolysezelle auftretende mechanische Einwirkungen sind 20 weniger gefährlich.

Die Abmessungen und damit das Gewicht der eingesetzten elektrisch leitenden Teile, welche die weitaus grösste wirtschaftliche Belastung bringen, sind bedeutend geringer als in allen bekannten Zellen mit Festkörperkathoden.

25 Die horizontalen Flächenabmessungen der Kathodenelemente sind zweckmässig derart ausgestaltet, dass ein ganzzahliges, zwischen 1 und 7 liegendes Vielfaches den horizontalen Flächenabmessungen der darüberliegenden Anode entspricht. Bevorzugt sind jedoch die horizontalen geometrischen Abmessungen von einem Kathodenelement und der entsprechenden 30 Anode von gleicher Grössenordnung.

Beim Einsetzen oder Auswechseln eines Kathodenelementes kann die darüber liegende Anode kurzfristig entfernt werden. Dies

ist aus folgenden Gründen ein entscheidender Vorteil:

- Defekte Kathodenelemente können ohne Betriebsunterbruch ersetzt werden.
- Bei in bezug auf den Ofengang oder Wirkungsgrad unbefriedigenden Elektrolysezellen können anders gestaltete Kathodenelemente eingesetzt werden.

Wie bereits in der DE-OS 28 38 965 beschrieben, ist die Art der Stromzuführung von der Stromquelle zur Kathodenoberfläche von ausschlaggebender Bedeutung für den Ofengang: Der zwischen
10 Anode und Kathodenelement befindliche Elektrolyt wird unter dem Einfluss des Elektrolysestromes und des Magnetfeldes einer magnetohydrodynamischen Pumpwirkung ausgesetzt.

Die Erfindung wird anhand von in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

- 15 - Fig. 1 einen teilweisen Vertikalschnitt durch den aktiven Bereich einer Elektrolysezelle, in Längsrichtung der von Aluminium benetzbaren Kathodenplatten
- Fig. 2 einen Vertikalschnitt an der Stelle II - II von
20 Fig. 1, in Querrichtung der Kathodenplatten
- Fig. 3 einen Horizontalschnitt durch III - III von Fig. 2
- Fig. 4 einen vertikalen Längsschnitt durch eine Variante von Kathodenplatten
- 25 - Fig. 5 einen vertikalen Längsschnitt durch eine weitere Variante von Kathodenplatten.

Ein Kathodenelement 10 mit einem oberen Teil aus den elektrisch leitfähigen, von Aluminium benetzbaren Platten 12 und einem unteren Teil aus mit Aluminium kompatiblen Formplatten 14, 16 ist in den Fig. 1 - 3 dargestellt. Im vorliegenden Beispiel sind die benetzbaren Kathodenplatten 12 mittels runder Bolzen 18 mit Isolatorplatten 14 gleicher Dimensionen mechanisch stabil verbunden. Die Bolzen 18 bestehen vorzugsweise aus dem besser bearbeitbaren und billigeren Isolatormaterial; sie kommen nicht in Kontakt mit dem schmelzflüssigen Elektrolyten.

Die Auflageplatten 14 aus Isolatormaterial weisen auf ihrer Unterseite Ausnehmungen 20 auf, die ihrerseits formschlüssig in Ausnehmungen 22 der ebenfalls aus Isolatormaterial bestehenden Stützplatten 16 passen.

Dadurch wird mit einfachen Mitteln ein mechanisch stabiles Kathodenelement 10 gebildet, bei welchem eine Gruppe von durch Aluminium benetzbaren Kathodenplatten 12 mittels einer Stützkonstruktion aus wesentlich billigerem Material zu einer Einheit zusammengefügt wird. Die Masse dieses Kathodenelementes 10 ist gross genug, um von den Badströmungen nicht verschoben oder weggetragen zu werden.

Falls eine weitere Erhöhung der mechanischen Stabilität erwünscht ist, können Zwischenstücke, z. B. in Form von Keilen, und/oder gegen flüssiges Aluminium beständige Zemente verwendet werden. Die Elemente können sich auch nachher hinreichend thermischen Dehnungen anpassen.

Die Stützplatten 16 weisen auf ihrer Unterseite Aussparungen 24 auf, welche im wesentlichen aus drei Gründen vorgesehen sind:

- Das flüssige Aluminium 26 kann frei zirkulieren, dadurch wird die Ausbildung eines Bodenschlammes verhindert
 - Es werden Materialkosten eingespart
- 5 - Das Kathodenelement 10 kann besser in die Zelle eingesetzt bzw. daraus entfernt werden.

Die elektrisch leitenden Kathodenplatten 12 haben von der abbrennenden Kohleanode 28 die Interpolardistanz d . Während des Elektrolyseprozesses verbraucht sich der Elektrolyt in einem
10 engen Spalt zwischen Kathodenplatten und Anode rasch. Die Kathodenplatten 12 sind verhältnismässig schmal; deshalb kann die Badströmung auch bei gegenüber dem Normalwert von 6 - 6,5 cm für d stark herabgesetztem Wert den an Aluminiumoxid verarmten Elektrolyten im Interpolarspalt rasch erneuern.
15 Das abgeschiedene Metall bildet auf den benetzbaren Kathodenplatten 12 einen ununterbrochenen Film und fliesst zum Metallsumpf 26 hinunter.

Die Oberfläche 32 des flüssigen Aluminiums 26 muss stets im Bereich der benetzbaren Kathodenplatten 12 liegen, insbesondere beim Schöpfen darf dieser Metallstand nie in den Bereich
20 der Isolatorplatten 14, 16 absinken. Dies würde sowohl einen Stromunterbruch als auch korrosive Zerstörung der Isolatorplatten bedeuten.

Der Elektrolysegleichstrom fliesst von den Anoden 28 über
25 den im Interpolarspalt befindlichen Elektrolyten 30 zu den Kathodenplatten 12, tritt dann in das flüssige Aluminium 26 über und fliesst schliesslich via Kohleboden 34 in die eisenen Kathodenbarren 36.

Aus Fig. 2 ist ersichtlich, dass die Arbeitsfläche der Anode
30 28 die Form der Kathoden kopiert. Aus diesem Grunde werden erfindungsgemäss bevorzugt sich über die ganze Breite der

Anodenarbeitsflächen erstreckende Platten eingesetzt.

Es könnten im Prinzip auch benetzbare Kathoden ausgebildet werden, welche beispielsweise nach dem Stand der Technik bekannte Rohre aufweisen. Dadurch würden sich aber in der Arbeitsfläche der Anoden entsprechende Aussparungen ausformen, die während des Elektrolyseprozesses die Bildung von die Stromausbeute vermindernenden Gassäcken zur Folge hätten.

Im Kohleboden 34 der Elektrolysezelle können Führungsnuten 35 ausgebildet sein, welche ein seitliches Abrutschen der Kathodenelemente 10 verunmöglichen.

In Fig. 4 wird eine Variante einer Kathodenplatte 12 dargestellt. Die Ausbildung eines Fensters 38 erlaubt die Einsparung von Material und verbessert die Strömungsbedingungen im Elektrolyten. Auf der Unterseite weist die Platte 12 einen Schwalbenschwanz 40 auf, der in eine entsprechende Aussparung der Trägerplatte 14 eingeführt werden kann. Die Stützkonstruktion aus Isolatormaterial ist dann so ausgestaltet, dass die Platten nicht seitlich verschoben werden können.

Eine weitere Variante von benetzbaren Kathodenplatten 12 wird in Fig. 5 dargestellt. Sowohl die Ausbildung eines Fensters 38 als auch die abgeschrägte Unterseite sind einerseits dazu bestimmt, benetzbares Kathodenmaterial einzusparen, und andererseits die Strömungsverhältnisse im Bad zu optimieren. Die Kathodenplatte 12 ist mittels eines im Zentrum nach unten gerichteten Fortsatzes 42 in einer Stützplatte 14 befestigt.

Mit dem in der Beschreibung verwendeten Begriff "Isolatormaterial" werden auch elektrisch schlecht leitende Materialien erfasst. Dagegen werden für die Stützkonstruktion nie elektrisch gut leitende Materialien eingesetzt, weil

- sie teurer und schwieriger herstellbar sind, und

- sich an den Uebergangsstellen zu den gut leitenden Kathodenplatten 12 Kontakterscheinungen und -erosion ausbilden würden.

Eine Stützkonstruktion 14, 16 an sich ist nicht Gegenstand der
5 Erfindung, es kann dazu jede geeignete, in anderen Gebieten der Technik verwendete Variante eingesetzt werden.

Die erfindungsgemässen Kathodenelemente 10 können auch zur Umrüstung von bestehenden Elektrolysezellen eingesetzt werden, indem einfach den Anodendimensionen und dem Metallstand ange-
10 passte Einheiten auf den Kohleboden gestellt werden. Dadurch kann mit geringen Mehrkosten die Interpolardistanz vermindert, und dadurch die Stromausbeute erhöht werden. Insbesondere ist zu beachten, dass die Umrüstung ohne Ausserbetriebsetzen der Elektrolysezelle erfolgen kann und das allfällige spätere
15 Auswechseln von defekten Kathodenelementen keine Probleme bietet.

Patentansprüche

1. Kathode aus einzeln auswechselbaren Elementen für eine Schmelzflusselektrolysezelle zur Herstellung von Aluminium,

dadurch gekennzeichnet, dass
 - 5 die Elemente (10) aus zwei mechanisch starr miteinander verbundenen, gegen Wärmeschocks widerstandsfähigen Teilen - einem vom schmelzflüssigen Elektrolyten (30) in das abgeschiedene Aluminium (26) hineinragenden oberen (12) und einem ausschliesslich im flüssigen Aluminium (26) angeordneten unteren Teil (14, 16) - aus verschiedenen
10 Materialien gebildet sind,

wobei
 - der obere Teil (12) bzw. dessen Beschichtung aus einem bei Arbeitstemperatur elektrisch gut leitenden, chemisch beständigen und von Aluminium benetzbaren Material, und
15
 - der untere Teil (14, 16) bzw. dessen Beschichtung aus einem gegen das flüssige Aluminium beständige Isolatormaterial besteht.
- 20 2. Kathode nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der obere Teil der Elemente (10) aus vertikal angeordneten Platten (12), die sich mit horizontaler Oberfläche vorzugsweise über den ganzen Bereich der Arbeitsfläche der entsprechenden Anode (28) erstrecken, bestehen.
- 25 3. Kathode nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand zwischen den Platten (12) grösser ist als deren Dicke.

4. Kathode nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Elemente (10) durch Zwischenstücke und/oder gegen flüssiges Aluminium beständige Zemente weiter stabilisiert sind.
- 5 5. Kathode nach mindestens einem der Ansprüche 1 - 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein zwischen 1 und 7 liegendes ganzzahliges Vielfaches der horizontalen Flächenabmessungen eines Elementes (10) den horizontalen Flächenabmessungen der darüberliegenden Anode (28) entspricht.
- 10 6. Kathode nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass in den elektrisch leitenden Kathodenplatten (12) Fenster (38) ausgespart sind.
7. Kathode nach mindestens einem der Ansprüche 1 - 6, dadurch gekennzeichnet, dass die oberen (12) und/oder unteren Teile (14, 16) einen Kern aus Stahl, Titan oder Graphit haben, welcher mit mindestens einem entsprechenden Material beschichtet ist.
- 15 8. Kathode nach mindestens einem der Ansprüche 1 - 7, dadurch gekennzeichnet, dass der obere Teil (12) bzw. dessen Beschichtung aus Titandiborid, Titankarbid, Titanitrid, Zirkondiborid, Zirkonkarbid, Zirkonitrid oder Mischungen davon besteht.
- 20 9. Kathode nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Material des oberen Teils (12) bzw. dessen Beschichtung eine geringe Menge zugemischten Bornitrids enthält.
- 25 10. Kathode nach mindestens einem der Ansprüche 1 - 9, dadurch gekennzeichnet, dass der untere Teil (14, 16) bzw. dessen Beschichtung aus hochgesintertem Aluminiumoxid, aluminiumoxidhaltigen Keramiken, Siliziumkarbid oder siliziumnitridgebundenem Siliziumkarbid besteht.
- 20

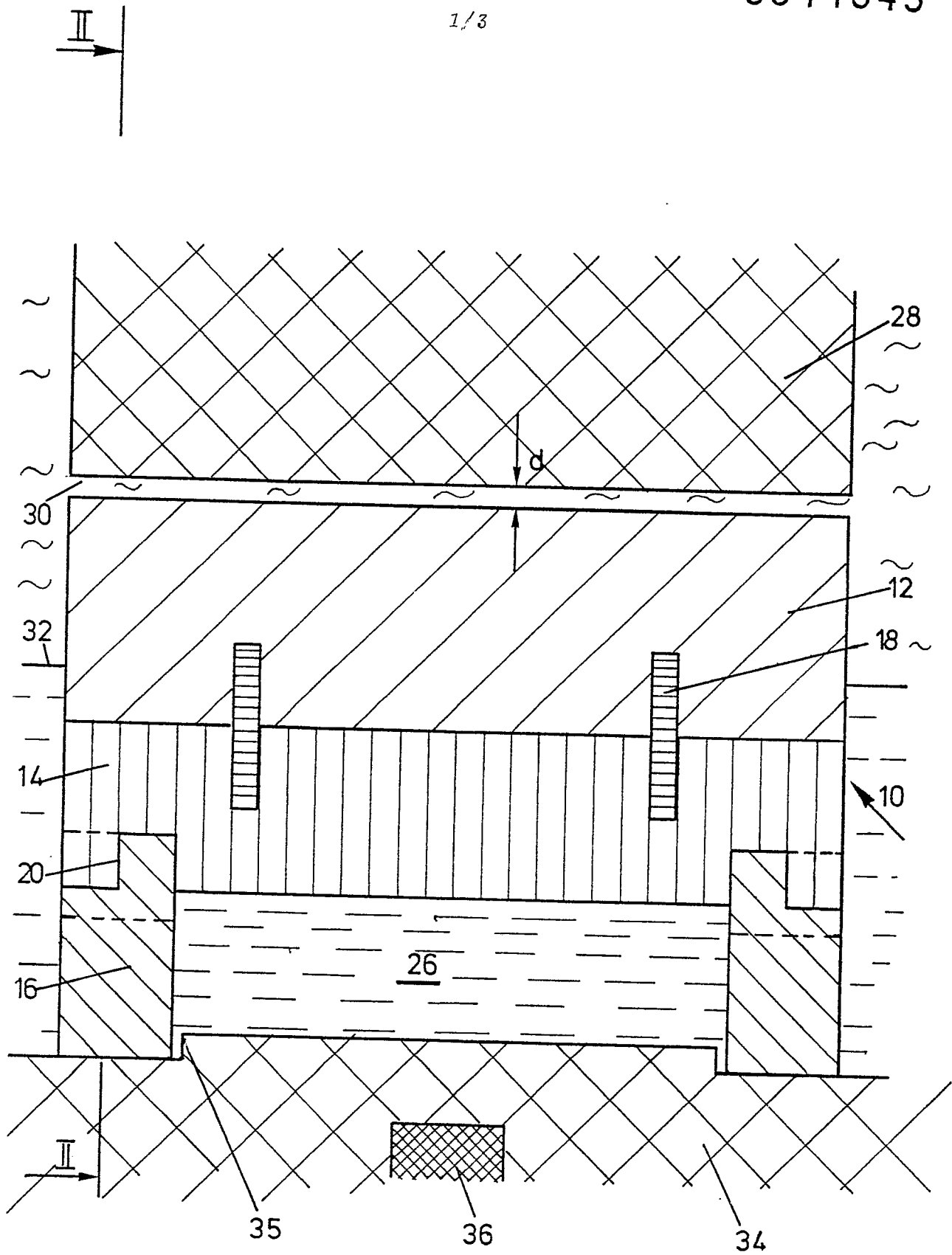


Fig. 1

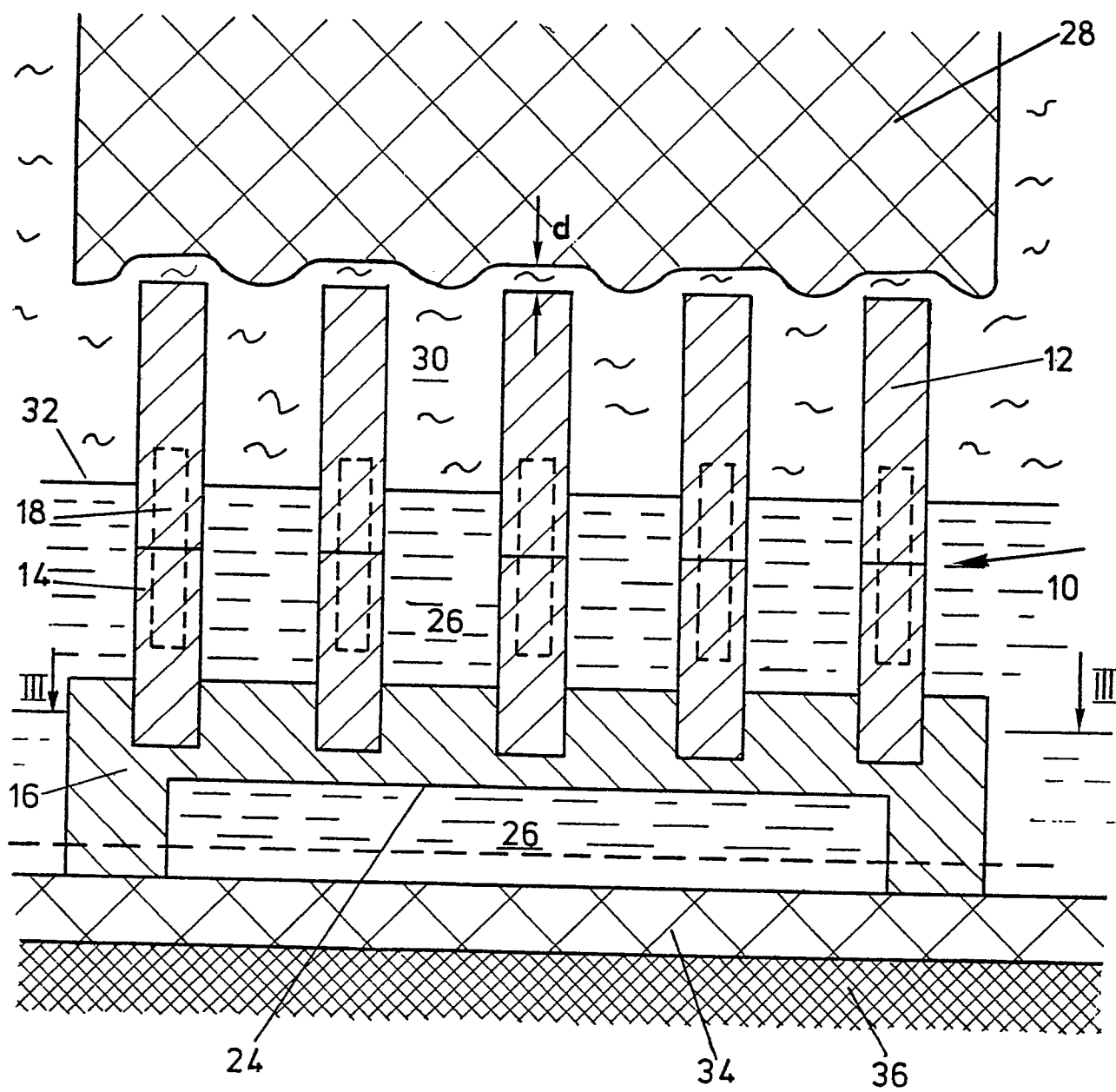


Fig. 2

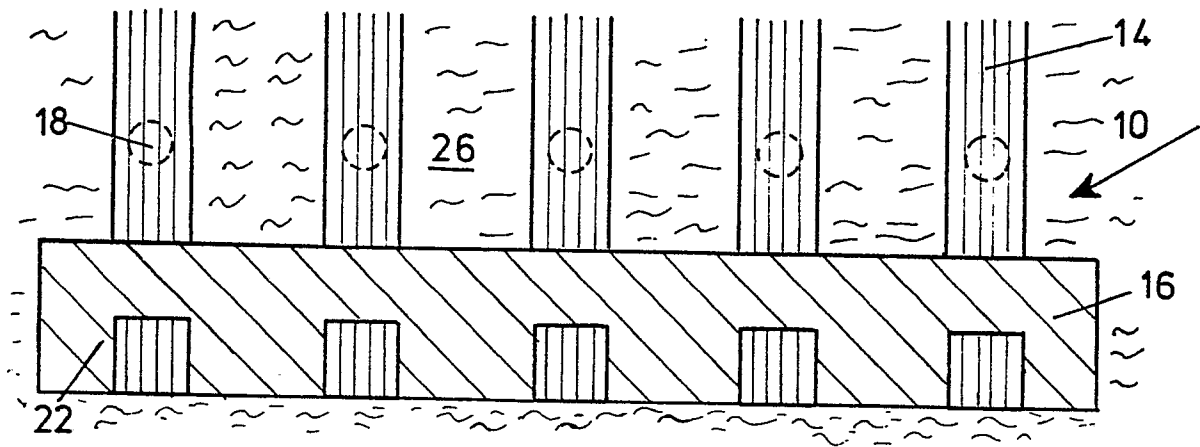


Fig. 3

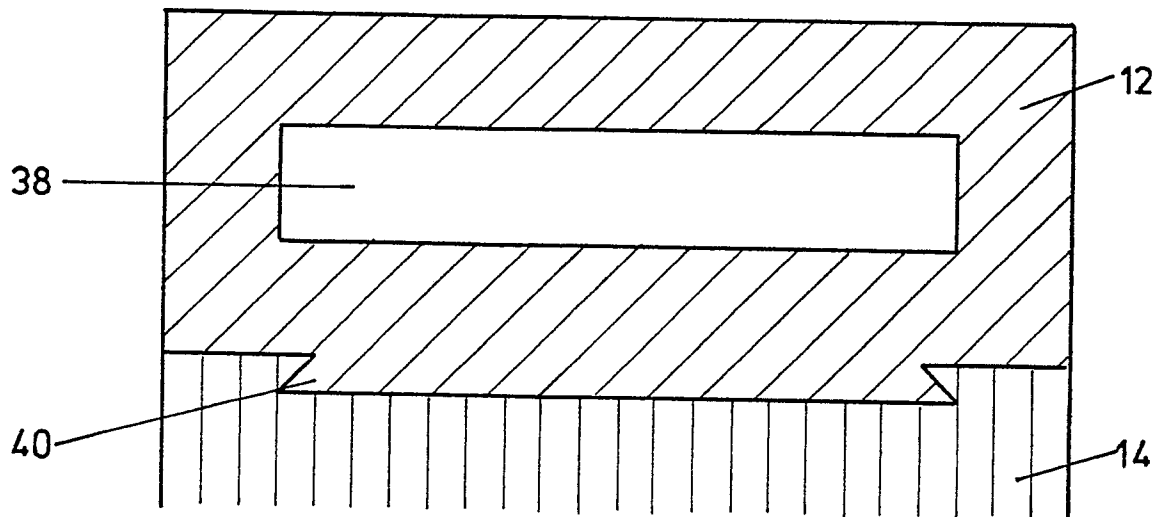


Fig. 4

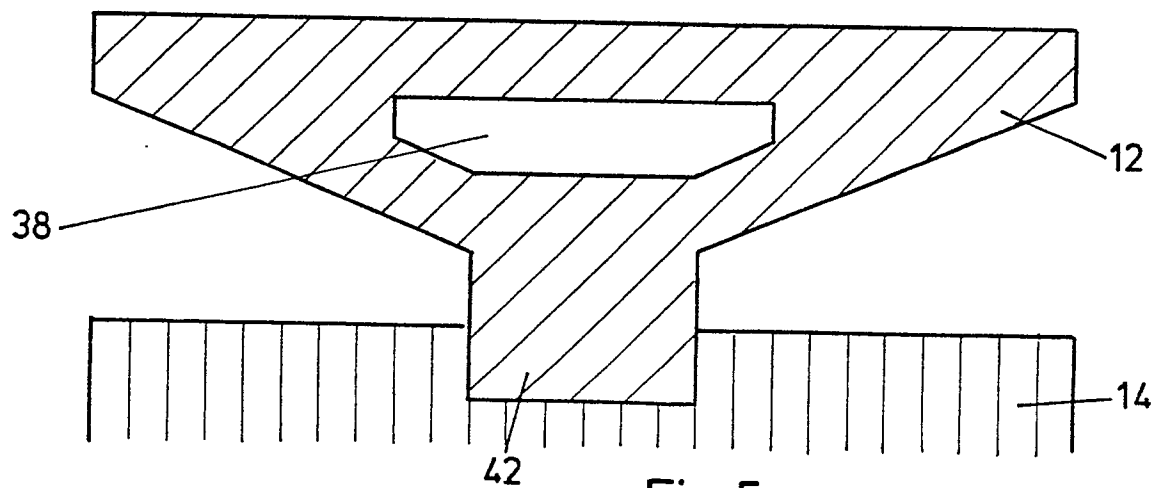


Fig. 5



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.)
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	betrifft Anspruch	
D/A	<u>GB - A - 2 024 864</u> (T. KUGLER) & DE - A - 2 838 965 --		C 25 C 3/08
D/A	<u>FR - A - 2 337 210</u> (P. FOSTER) & DE - A - 2 656 579 --		
A	<u>US - A - 4 093 524</u> (J.R. PAYNE) -----		
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.)
			C 25 C 3/08 7/02
			KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE
			X: von besonderer Bedeutung A: technologischer Hintergrund O: nichtschriftliche Offenbarung P: Zwischenliteratur T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E: kollidierende Anmeldung D: in der Anmeldung angeführtes Dokument L: aus andern Gründen angeführtes Dokument &: Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument
☒ Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
Den Haag	21.08.1981	GROSEILLER	