

 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

 Anmeldenummer: 81810345.9

 Int. Cl.³: **C 25 C 3/08**
C 25 C 3/06

 Anmeldetag: 24.08.81

 Priorität: 02.09.80 CH 6601/80

 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
 10.03.82 Patentblatt 82/10

 Benannte Vertragsstaaten:
 AT CH DE FR GB IT LI NL SE

 Anmelder: SCHWEIZERISCHE ALUMINIUM AG

CH-3965 Chippis(CH)

 Erfinder: Kugler, Tibor
 Chlenglerweg 33
 CH-8240 Thayngen(CH)

 Erfinder: Meier, Hans-Anton
 21, Bottire
 CH-3960 Sierre(CH)

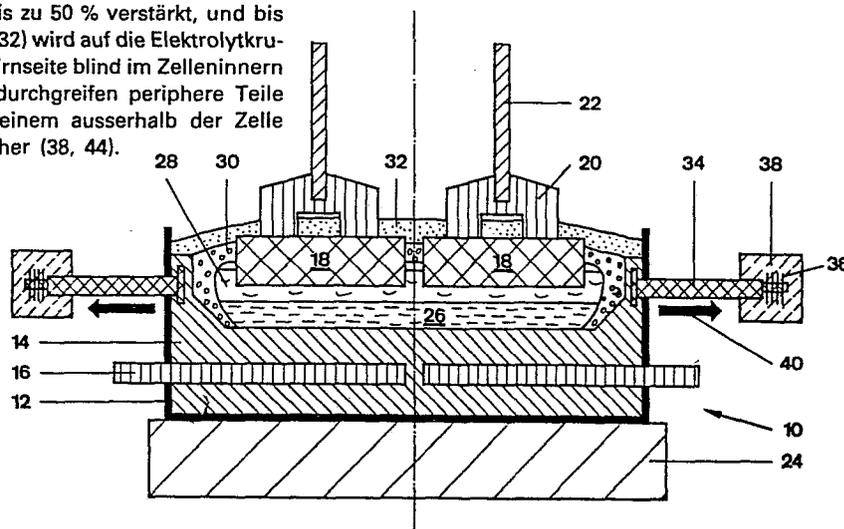
 **Vorrichtung zum Regulieren des Wärmeflusses einer Aluminiumschmelzflusselektrolysezelle und Verfahren zum Betrieb dieser Zelle.**

 Die verhältnismässig hohe Zufuhr an elektrischer Energie zu einer Aluminiumschmelzflusselektrolysezelle soll einen unfreiwilligen Unterbruch, beispielsweise durch einen Defekt, oder eine Reduktion bei Spitzenbelastungen durch die Privathaushalte unbeschadet überstehen.

Die Zellenisolation (13) zwischen Stahlwanne (12) und Kohlenauskleidung (14) wird bis zu 50 % verstärkt, und bis zur doppelten Menge Tonerde (32) wird auf die Elektrolytkruste (30) geschüttet. Mit einer Stirnseite blind im Zellennern eingebaute Wärmerohre (34) durchgreifen periphere Teile der Zelle (10) und enden in einem ausserhalb der Zelle angeordneten Wärmeaustauscher (38, 44).

Die Zelle ist bei 70 - 80 % des Normalwertes der Stromstärke ohne Wärmeabfuhr bzw. -zufuhr im thermischen Gleichgewicht. Bei höheren Stromstärken, insbesondere beim Normalwert wird dauernd Wärme abgezogen. Bei niedrigeren Werten wird die Interpolardistanz vergrössert bzw. aus einer anderen Energiequelle Wärme zugeführt.

Fig.1



EP 0 047 227 A2

Vorrichtung zum Regulieren des Wärmeflusses einer Aluminiumschmelzflusselektrolysezelle und Verfahren zum Betrieb dieser Zelle

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zum Regulieren des Wärmeflusses einer Schmelzflusselektrolysezelle zur Herstellung von Aluminium und ein Verfahren zum Aufrechterhalten des thermischen Gleichgewichtes dieser Zelle bei beliebigen Stromstärken zwischen 50 und 125 % des Normalwertes des Zellenstromes.

10 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-
15 sigen Aluminiums die Kathode bildet. In die Schmelze tauchen von oben Anoden ein, die bei konventionellen Verfahren aus amorphem Kohlenstoff bestehen. An den Kohleanoden entsteht durch die elektrolytische Zersetzung des Aluminiumoxids Sauerstoff, der sich mit dem Kohlenstoff der Anoden zu CO_2 und CO
20 verbindet. Die Elektrolyse findet in einem Temperaturbereich von etwa $940 - 970^\circ \text{C}$ statt.

Im Laufe der Elektrolyse verarmt der Schmelzfluss an Aluminiumoxid. Bei einer unteren Konzentration von 1 - 2 Gew.-% Aluminiumoxid im Elektrolyten kommt es zum Anodeneffekt,
25 der sich in einer Spannungserhöhung von beispielsweise 4 - 4,5 V auf 30 V und darüber auswirkt. Spätestens dann muss die Kruste eingeschlagen und die Aluminiumoxidkonzentration durch Zugabe von neuem Aluminiumoxid (Tonerde) angehoben werden.

30 Bei normalen Produktionsbedingungen befindet sich die Elektrolysezelle im thermischen Gleichgewicht, d.h. die in der Zelle mit dem Elektrolysegleichstrom produzierte ohmsche

Wärme wird laufend in dem Masse an die Umgebung abgeführt, dass die Zelle auf konstanter Temperatur bleibt. Wird die Stärke des elektrischen Gleichstromes erhöht oder erniedrigt, so erhöht oder erniedrigt sich die Temperatur des Elektrolyten, bis sich ein neues thermisches Gleichgewicht eingestellt hat.

Bei konstanter Stromstärke kann die Temperatur des Gleichgewichtszustandes der Elektrolysezelle beeinflusst werden, indem Wärme zugeführt oder die abzuführende Wärmemenge verändert wird.

Auf dem Gebiet der Aluminiumelektrolyse ist eine von aussen gesteuerte Kühlung mittels geschlossener Wärmekonvektionskreisläufe bekannt. Nach den SU-PS 605 865 und 663 760 wird einer Elektrolysezelle seitlich und nach unten mit einem solchen Zirkulationssystem über Ventile und Rohre Wärme entzogen.

Die SU-PS 633 937 offenbart eine Kombination von Wärmeabzug und -zufuhr, wobei das Zirkulationssystem nicht nur im kathodischen Teil, sondern auch an der Anode der Soederbergzelle ausgebildet ist.

In der SU-PS 600 214 werden Kühlrohre aus Siliziumkarbid gezeigt, welche im abgeschiedenen Metall angeordnet sind. Diese von einem Kühlmedium durchflossenen Rohre regeln die Temperatur der Elektrolysezelle auf einen bestimmten Wert, die Regelung erfolgt also - wie in den vorstehenden russischen Patentschriften - von aussen.

Die bekannten Zirkulationssysteme, bei welchen Wärme mittels Konvektion zu- oder abgeführt wird, weisen folgende Nachteile auf:

- 30 - Die Transportkapazität ist nicht genügend, das System ist träge

- 3 -

- die Systeme sind nicht selbstregulierend
- die Systeme sind konstruktiv aufwendig und wenig flexibel, d.h. es kann nur an bestimmten Stellen
- im allgemeinen an den Aussenflächen - gekühlt bzw.
5 erwärmt werden.

Die Erfinder haben sich deshalb die Aufgabe gestellt, eine Vorrichtung zum Regulieren des Wärmeflusses einer Schmelzflusselektrolysezelle zur Herstellung von Aluminium und ein Verfahren zum Aufrechterhalten des thermischen Gleich-
10 gewichtes dieser Zelle mit einer Wärmereguliertvorrichtung zu schaffen, welche selbstregulierend eine grosse Wärmemenge transportieren und so zeitweilige oder dauernde Stromstärken von 50 - 125 % des Normalwertes des Zellengleichstromes schadlos überstehen kann.

15 In bezug auf die Vorrichtung wird die Aufgabe erfindungsgemäss gelöst durch

- eine verstärkt ausgestaltete Zellenisolation, gebildet durch eine bis zu 50 % dickere Isolations-
schicht zwischen Stahlwanne und Kohleauskleidung und
20 bis zur doppelten Menge Tonerde auf der Kruste aus erstarrtem Elektrolytmaterial, und
- mit einer Stirnseite blind im Zelleninnern eingebaute Wärmerohre, welche ein reversibel verdampf- und
kondensierbares Wärmeträgermedium enthalten, peri-
25 phere Teile der Zelle durchgreifen und im ausserhalb der Zelle angeordneten Wärmeaustauscher enden.

Die erfindungsgemäss eingesetzten Wärmerohre sind an sich bekannt, beispielsweise aus der Zeitschrift Chem.-Ing.-Tech.
50 (1978) Nr. 11, Seiten A654 ff. Die vakuumdicht verschlossenen Behälter haben im Innern eine Kapillarstruktur,
30 die z.B. aus Textil- oder Drahtgeweben, Rillen, gesinterten

Strukturen usw. gebildet sein kann. Nach dem Evakuieren werden die Wärmerohre mit einer geringen Menge Flüssigkeit als Wärmetransportmedium soweit gefüllt, dass die Kapillarstruktur gerade gesättigt ist. Diese Flüssigkeit steht mit ihrem Dampf im übrigen zur Verfügung stehenden Innenraum des Wärmerohres im Gleichgewicht.

Wird das eine Ende des Rohres erwärmt und das andere Ende gekühlt, so verdampft die Flüssigkeit auf der warmen Seite unter Aufnahme der Verdampfungswärme. Der Dampf strömt auf die andere, kalte Seite des Wärmerohres und kondensiert dort unter Abgabe der Kondensationswärme an das Kühlmedium. Das Kondensat strömt unter Wirkung der Kapillarkraft wieder auf die warme Seite zurück.

Ein Wärmerohr besteht also im wesentlichen aus drei Zonen: Einer Verdampfungszone, einer isolierten Adiabatenzone und einer Kondensationszone.

Bei der konventionellen Herstellung von Aluminium mittels Schmelzflusselektrolyse gehen ungefähr 60 % der der Zelle zugeführten elektrischen Energie als Wärmeverluste verloren. Davon entweichen ca. 60 % nach oben, 10 % durch den Boden nach unten und 30 % durch die Seitenwände (inklusive Kathodenbarrenanschlüsse). Bei einer überdimensionalen Zellenisolation muss also jede Zelle in erster Linie nach oben besser isoliert werden. Dies erfolgt durch Aufschütten von bis zu je einer zusätzlichen Tonne Aluminiumoxid auf die erstarrte Elektrolytkruste, wodurch die isolierende Tonerdeschicht beispielsweise verdoppelt werden kann. Der Seiten- und Bodenbereich werden durch Anordnung einer beispielsweise dickeren Isolationsschicht im Zellaufbau verbessert. Weiter können die Kathodenbarrenenden eingeengt werden, damit ihre Wärmeabstrahlung nach aussen vermindert wird.

Der Einbau von Wärmerohren in Aluminiumelektrolysezellen bietet sich insbesondere an folgenden Orten an:

- 5 - Im Kohleboden der Zelle werden Wärmerohre etwa vertikal angeordnet, wobei die obere Stirnseite vorzugsweise auf gleicher Höhe wie die obere Seitenfläche der Kathodenbarren endet. Beim Kühlen der Zelle liegt die Verdampfungszone des Wärmerohres höher als dessen Kondensationszone, es muss deshalb darauf geachtet werden, dass das Wärmerohr nur so
10 lang ist, dass die Kapillarkraft grösser als die Schwerkraft bleibt (hydrostatische Druckdifferenz). Beim Erwärmen der Zelle liegt die Verdampfungszone unter der Kondensationszone, Schwerkraft und Kapillarkraft wirken in der gleichen Richtung.

- 15 - Auch in den Kathodenbarren, also horizontal, können Wärmerohre angeordnet werden. Damit der elektrische Widerstand der Zelle nicht erhöht wird, muss der Barrenquerschnitt entsprechend angepasst werden.

- 20 - Weiter können Wärmerohre in die seitliche Kohleauskleidung eingeführt werden, wobei sie vorzugsweise ungefähr horizontal angeordnet sind.

- 25 - Schliesslich können die Wärmerohre in den Anodenstangen zu den Anodenkörpern führen. Diese Variante kann insbesondere beim Einsatz von unverbrauchbaren Anoden zweckmässig sein. Hier wirken Schwer- und Kapillarkraft bei der Wärmezufuhr in entgegengesetzter Richtung.

Die Einführung von Wärmerohren in die Zelle von oben ist schwierig, weil im allgemeinen der grösste Teil der Zellen-
30 oberseite von den Anoden aus Kohlenstoff bedeckt wird, welche kontinuierlich nachgeschoben und nach wenigen Wochen

ausgewechselt werden müssen. Bei der Zellenbedienung muss die Kruste mindestens teilweise eingeschlagen werden, was die Anordnung von Wärmerohren neben den Anoden erschwert. Uebers dies ist die Anordnung eines Kühlmediums oberhalb der Zelle
5 wesentlich schwieriger als daneben oder darunter.

Die aus der Zelle hinausragenden Enden der Wärmerohre haben vorteilhaft eine als Wärmeaustauscher dienende Fläche, z.B. in Lamellenform von bekannter Bauart, welche ihrerseits in einer metallischen Platte oder in einem Kanal angeordnet ist,
10 der von einem kühlenden oder wärmenden Medium durchflossen wird. Beim Kühlen der Zelle ist es durchaus möglich, dass das aus dem Kühlkanal austretende, von Wärmeaustauschern erwärmte Medium verwertet wird, beispielsweise für Heizzwecke, sei es direkt oder über einen Speicher.

15 Ein lamellenartiger Wärmeaustauscher ist zweckmässig über die Enden eines Wärmerohres aufsteckbar. Mit diesem Aufsatz wird die Wirkung eines Wärmerohres von einfacher Form wesentlich erhöht, weil die dem Wärmeaustausch dienende Oberfläche vervielfacht wird.

20 Wegen der hohen Temperaturen in Aluminiumschmelzflusselektrolysezellen werden bevorzugt Wärmerohre mit einem Alkalimetall als Wärmeträger eingesetzt, wobei aus praktischen und wirtschaftlichen Gründen insbesondere Natrium Anwendung findet. Bei einem allfälligen Defekt des Wärmerohres würde es keine
25 Rolle spielen, wenn die verhältnismässig kleine, im Wärmerohr befindliche Menge von Natrium in die Elektrolysezelle gelangen würde. Dagegen wäre ein Ausfliessen von Natrium in einen ausserhalb der Zelle angeordneten Kühlkanal äussert gefährlich, weil dieses Metall beim Kontakt mit Wasser
30 heftig reagiert.

Bei der Verwendung von Wärmerohren mit Natrium als Wärme-
transportmedium bzw. Wärmeträger zum Kühlen von Aluminium-
elektrolysezellen wird deshalb bevorzugt ein primärer, die
aus der Elektrolysezelle hinausragenden, zweckmässig mit
5 einem Lamellenaufsatz versehenen Wärmerohrenden umfassender
Wärmeaustauscher geschaffen, welcher seinerseits mit einem
sekundären Wärmeaustauscher in Eingriff steht. Der primäre
Wärmeaustauscher, insbesondere ein Kühlkreislauf wird mit
einem flüssigen organischen Kühlmittel für höhere Tempera-
10 turen, das sowohl mit Natrium als auch mit Wasser und Luft
kompatibel ist, gefüllt, beispielsweise mit DOWTHERM der
bekannten Chemiefirma DOW Inc.. Der primäre Wärmeaustauscher
kann auch aus einem Metallblock bzw. einer Metallplatte mit
guter Wärmeleitfähigkeit bestehen. Durch den sekundären
15 Wärmeaustauscher, insbesondere einen Kühlkanal, kann Wasser
oder Luft geleitet werden. Bei Verwendung eines primären
und sekundären Wärmeaustauschers wirkt sich ein Defekt eines
Wärmerohres nicht schädlich aus, weil das Natrium ausserhalb
der Zelle nur mit dem organischen Kühlmittel, nicht aber mit
20 Wasser oder Luft in Berührung kommt.

Wenn es die Wirtschaftlichkeit in bezug auf Installations-
und Betriebskosten erlaubt, kann die Schmelzflusselektrolyse-
zelle zur Herstellung von Aluminium mit Wärmerohren versehen
sein, die Wärme von einem Heizmedium in die Zelle hineinpum-
25 pen. Bei einem länger dauernden Stromausfall kann die Zelle
von aussen in dem Masse beheizt werden, dass die Temperatur
des Elektrolyten oberhalb eines kritischen, die die voll-
ständige Erstarrung verhindernden Wertes bleibt.

In bezug auf das Verfahren wird die Aufgabe, das thermische
30 Gleichgewicht einer Schmelzflusselektrolysezelle zur Her-
stellung von Aluminium bei beliebigen Stromstärken zwischen
50 und 125 % des Normalwertes des Zellengleichstromes auf-
recht zu erhalten, erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass bei
einer 70 - 80 % des Normalwertes übersteigenden Stromstärke

in entsprechendem Masse Wärme abgezogen, bei einer Stromstärke zwischen 50 und 70 - 80 % des Normalwertes dagegen die Interpolardistanz vergrössert bzw. aus einer anderen Energiequelle Wärme zugeführt wird.

- 5 Wegen der verstärkt ausgestalteten Zellenisolation wird beim Normalwert des Zellengleichstromes dauernd Wärme abgeführt. Je nach Ausgestaltung der überdimensionierten Zellenisolation ist die Elektrolysezelle bei auf 70 - 80 % reduzierter Stromstärke ohne Wärmeabfuhr im thermischen Gleichgewicht.
- 10 Gegenüber einer normal isolierten Zelle kann die kathodische Stromdichte erfindungsgemäss so erhöht werden, dass im Normalbetrieb insgesamt die gleiche Stromstärke durch die Zelle fliesst.

Wird die der Zelle zugeführte elektrische Energie über
15 kürzere oder längere Zeit reduziert, so wird weniger Wärme aus der Elektrolysezelle abgezogen, die Wärmerohre wirken als variable thermische Isolation. Dies erlaubt, das thermische Gleichgewicht der Schmelzflusselektrolysezelle selbstregulierend nach verhältnismässig kurzer Zeit wieder
20 herzustellen. Die Produktion von Aluminium verläuft auf einem entsprechend der reduzierten Energiezufuhr erniedrigten Niveau normal.

Die der Elektrolysezelle zugeführte Energie kann aus verschiedensten Gründen, gewollt oder ungewollt, kurz- oder
25 langfristig, im angegebenen Rahmen verändert, insbesondere reduziert werden, beispielsweise:

- Die Marktsituation macht eine Produktionsdrosselung notwendig
- Der Spitzenbedarf der Privathaushalte bewirkt kurzzeitige Netzüberlastungen

- Pannen am Gleichrichter, die einen teilweisen Ausfall des elektrischen Normalstromes zur Folge haben.

Von besonderer Wichtigkeit ist das im Tagesablauf stark schwankende Angebot an elektrischer Energie: Kurz vor und
5 über Mittag sowie am frühen Abend verbrauchen die Privathaushalte grosse Mengen an elektrischer Energie, während sie nach Mitternacht bis in die frühen Morgenstunden praktisch nichts verbrauchen. Für die ebenfalls energieintensive Aluminium-
10 elektrolyse wäre es deshalb von grossem wirtschaftlichen Interesse, wenn sie komplementär zum Stromverbrauch der Privathaushalte arbeiten könnte.

Die Erfindung erlaubt, dass die Stromzufuhr zu den Elektrolyseöfen so gesteuert werden kann, dass die Energiezufuhr während dem Spitzenverbrauch der Privathaushalte erniedrigt,
15 während den Nachtstunden dagegen erhöht ist.

Obwohl die Stromabsenkung bevorzugt höchstens 30 % beträgt, um den selbstregelnden Bereich der Wärmerohre nicht zu überschreiten, verträgt eine erfindungsgemäss konzipierte Elektrolysezelle eine Stromabsenkung bis zu 50 %, wenn die Inter-
20 polardistanz entsprechend vergrössert und/oder aus einer anderen Energiequelle Wärme zugeführt wird.

Die infolge Erniedrigung oder Erhöhung der Stromstärke eintretende Temperaturveränderung zur Erreichung des thermischen Gleichgewichts der Zelle darf nur innerhalb von ver-
25 hältnismässig engen Grenzen schwanken, z.B. $\pm 10^{\circ}$ C, weil jede Temperaturveränderung bewirkt, dass sich das aus erstarrtem Elektrolytmaterial gebildete Seitenbord verstärkt oder vermindert.

Die Erfindung wird anhand der Zeichnung, mittels schematischer Vertikalschnitte, näher erläutert. Es zeigen:

- 5 - Fig. 1 einen Querschnitt durch eine Aluminiumschmelzflusselektrolysezelle mit seitlich angeordneten Wärmerohren, und
- Fig. 2 einen Ausschnitt eines Querschnittes im unteren Bereich einer Aluminiumschmelzflusselektrolysezelle, mit einem senkrecht angeordneten Wärmerohr.

10 Nach Fig. 1 ist eine Aluminiumschmelzflusselektrolysezelle 10, welche im wesentlichen aus einer Stahlwanne 12, einer nicht dargestellten Isolierschicht, einem kathodischen Kohleblock 14 mit darin eingebetteten Kathodenbarren 16 sowie Anodenblöcken 18 mit Spaten 20 und Anodenstangen 22 besteht,
15 auf einer Sockelplatte 24 angeordnet. Auf dem Boden des wannenförmig ausgebildeten Kohleblockes 14 liegt das flüssige Aluminium 26, welches beim Elektrolyseverfahren abgeschieden wird. Die Anoden 18 tauchen von oben in den schmelzflüssigen Elektrolyten 28 ein. Dieses Elektrolytmaterial ist im seitlichen und oberen Bereich zu einer festen Kruste 30 erstarrt.
20 Auf diese Kruste ist eine Schicht von Tonerde 32 aufgeschüttet und bildet so eine ausgezeichnete Wärmeisolation.

Im seitlichen Längsbereich wird die Stahlwanne 12, die Isolationsschicht und der äussere Bereich des Kohleblockes 14
25 von Wärmerohren 34 durchgriffen. Im äusseren Bereich der Wärmerohre 34 ist ein lamellenförmiger Wärmeaustauscher mit grosser Oberfläche angeordnet. Das äussere Ende des Wärmerohres 34, im vorliegenden Fall mit einem Wärmeaustauscher 36, ist in einem Kanal 38 angeordnet. Dieser Kanal kann durch
30 einen Metallblock von guter Wärmeleitfähigkeit ersetzt werden, dann ist kein Wärmeaustauscher 36 notwendig.

Muss die Elektrolysezelle 10 gekühlt werden, so wird vorerst der Kanal bzw. der Metallblock 38 gekühlt, und die Wärmerohre 34 arbeiten in Pfeilrichtung 40. Muss hingegen der Zelle aus einem oben erwähnten Grund Wärme zugeführt werden, so wird
5 der Metallblock 38 über die Arbeitstemperatur der Elektrolysezelle 10 erhitzt, die Wärmerohre arbeiten dann in Gegenrichtung des Pfeiles 40.

Fig. 2 zeigt ein Wärmerohr 34, welches die Stahlwanne 12, die Isolation 13 und teilweise den Kohleboden 14 einer Elektrolysezelle durchgreift. Auf dem Boden des Kohleblockes 14
10 liegt das flüssige Aluminium 26.

Auf das untere Ende des Wärmerohres 34 ist ein lamellenartiger Kühleraufsatz 42 aufgesteckt. Das untere Ende mit dem Aufsatz 42 ragt in einen primären Kühlkanal 44 hinein, welcher mit einem organischen Kühlmittel 46 gefüllt ist. Dieses
15 Kühlmittel ist gegen Alkalimetalle, insbesondere Natrium, auch bei hohen Temperaturen inert. Der untere Bereich des primären Kühlkanals 44 weist eine nach unten gerichtete lamellenartig ausgebildete Ausbuchtung 50 auf, durch welche das organische
20 Kühlmittel in Richtung des Pfeiles 48, um einen als Scheidewand ausgebildeten Fortsatz 52 des Aufsatzes 42 herum, zirkuliert.

Der lamellenartig ausgebildete untere Teil 50 des primären Kühlrohres 44 ragt seinerseits in einen sekundären Kühlkanal 54 hinein. Dieser sekundäre Kühlkanal 54 wird von
25 einem üblichen Kühlmedium 56, insbesondere Luft oder Wasser, durchflossen.

Mit dieser Ausführungsform, welche das Entziehen von Wärme im Bereich des Bodens der Aluminiumelektrolysezelle erlaubt,
30 macht den Einsatz von Alkalimetall-Wärmerohren völlig ungefährlich. Sollte eine Panne eintreten, fließt das Alkalimetall lediglich in das inerte organische Kühlmittel, tritt aber nicht mit Wasser oder feuchter Luft in Kontakt.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Regulieren des Wärmeflusses einer Schmelzflusselektrolysezelle zur Herstellung von Aluminium,
5 gekennzeichnet durch
 - eine verstärkt ausgestaltete Zellenisolation, gebildet durch eine bis zu 50 % dickere Isolationsschicht (13) zwischen Stahlwanne (12) und Kohleauskleidung (14) und bis zur doppelten Menge Tonerde (32)
10 auf der Kruste (30) aus erstarrtem Elektrolytmaterial, und
 - mit einer Stirnseite blind im Zelleninnern eingebaute Wärmerohre (34), welche ein reversibel verdampf- und kondensierbares Wärmeträgermedium enthalten, peri-
15 phere Teile der Zelle durchgreifen und im ausserhalb der Zelle angeordneten Wärmeaustauscher (38, 44) enden.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Stirnseite von etwa vertikal angeordneten Wärmerohren (34) im Kohleboden der Zelle (10), vorzugs-
20 weise auf gleicher Höhe wie die obere Seitenfläche der Kathodenbarren (16), endet.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass Wärmerohre (34) in Kathodenbarren (16) oder Anodenstangen (22), deren Querschnittsfläche entsprechend
25 vergrössert ist, angeordnet sind.
4. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 1 - 3, dadurch gekennzeichnet, dass eine Stirnseite von etwa horizontal angeordneten Wärmerohren (34) in der seitlichen Kohleauskleidung endet.

5. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 1 - 4, dadurch gekennzeichnet, dass die in die ausserhalb der Zelle angeordneten Wärmeaustauscher (38, 44) hineinragenden Enden der Wärmerohre (34) mit einem als Wärmeaustauscher fungierenden Lamellenaufsatz (42) versehen sind.
6. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 1 - 5, dadurch gekennzeichnet, dass die äusseren Wärmerohrenden in einen primären Wärmeaustauscher (44) hineinragen, welcher seinerseits mit einem sekundären Wärmeaustauscher (54) in Eingriff steht.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der primäre, als Kühlkreislauf ausgebildete Wärmeaustauscher (44) mit einem für höhere Temperaturen geeigneten, flüssigen organischen Kühlmittel gefüllt ist, das sowohl mit Alkalimetallen als auch Luft und Wasser kompatibel ist, und der sekundäre, als Kühlkreislauf ausgebildete Wärmeaustauscher (54) mit Luft oder Wasser gefüllt ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der primäre Wärmeaustauscher (44) ein Metallblock bzw. eine Metallplatte von hoher Wärmeleitfähigkeit ist.
9. Verfahren zum Aufrechterhalten des thermischen Gleichgewichtes einer Schmelzflusselektrolysezelle zur Herstellung von Aluminium mit einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 - 8, bei beliebigen Stromstärken zwischen 50 und 125 % des Normalwertes des Zellengleichstromes, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer 70 - 80 % des Normalwertes übersteigenden Stromstärke in entsprechendem Masse Wärme abgezogen, bei einer Stromstärke zwischen 50 und 70 - 80 % des

Normalwertes dagegen die Interpolardistanz vergrößert bzw. aus einer anderen Energiequelle Wärme zugeführt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass beim Normalwert des Zellgleichstromes dauernd
5 Wärme abgeführt wird.

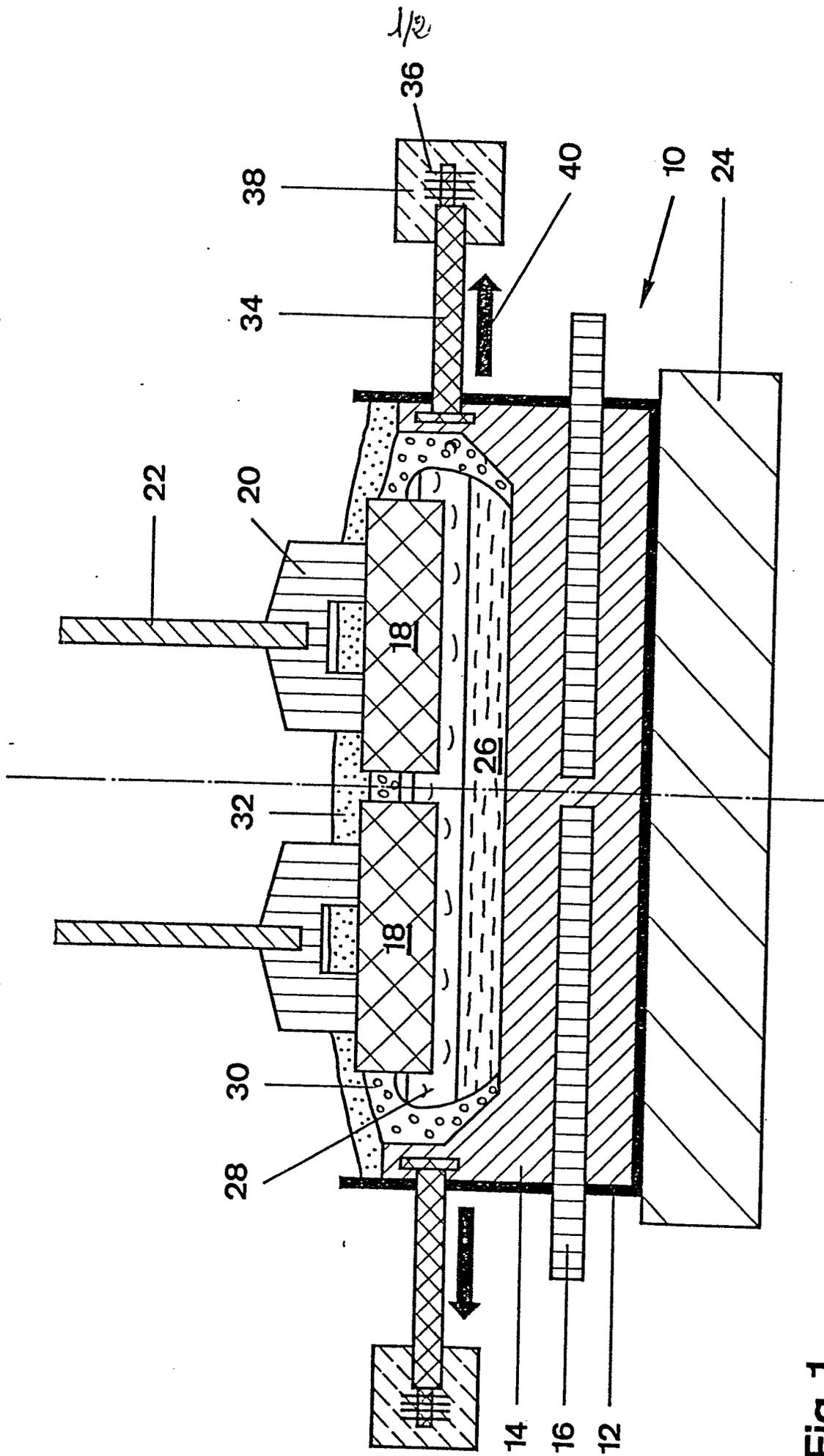


Fig. 1

