



**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTCHRIFT** A5

⑲ Gesuchsnummer: 2626/81

⑳ Anmeldungsdatum: 22.04.1981

㉔ Patent erteilt: 15.01.1986

④⑤ Patentschrift  
veröffentlicht: 15.01.1986

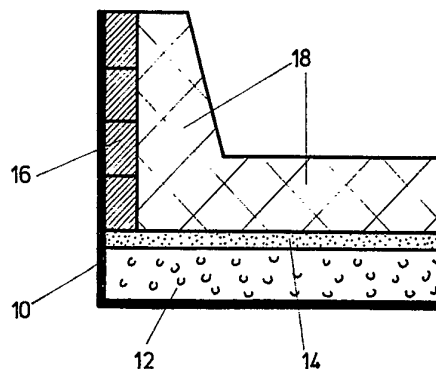
⑦③ Inhaber:  
Schweizerische Aluminium AG, Chippis,  
Zustelladresse: Neuhausen am Rheinflall

⑦② Erfinder:  
Snaeland, Sveinn, Gardabae (IS)  
Halldorsson, Ragnar, Reykjavik (IS)  
Franke, Alwis, Gardabae (IS)  
Gudmundsson, Einar, Kopavogur (IS)

⑤④ **Elektrolysewanne.**

⑤⑦ Eine Elektrolysewanne, die insbesondere zur Herstellung von Aluminium durch Schmelzflusselektrolyse benutzt wird, besteht aus einer äusseren Stahlwanne (10) einer wärmedämmenden Isolationsschicht und einer im wesentlichen aus Kohlestoff bestehenden Innenauskleidung (18) mit eisernen Kathodenbarren.

Mindestens die unteren 80% der Bodeninsolation, vorzugsweise mindestens die unteren 90%, bestehen aus einer mit mechanischen Mitteln verfestigten Vulkanascheschicht (12), die restliche Bodeninsolation wird aus einer Leckbarriere (14) gebildet, welche die Vulkanasche gegen die Kohleauskleidung (18) durchdringende Badkomponenten abschirmt.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Elektrolysewanne, insbesondere für die Herstellung von Aluminium durch Schmelzflusselektrolyse, bestehend aus einer äusseren Stahlwanne, einer wärmedämmenden Isolationsschicht und einer im wesentlichen aus Kohlenstoff bestehenden Innenauskleidung mit in deren unterstem Bereich eingebetteten eisernen Kathodenbarren, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens die unteren 80% der Bodenisolierung aus einer mit mechanischen Mitteln verfestigten Vulkanascheschicht (12), die restliche Bodenisolierung aus einer Leckbarriere (14), welche die Vulkanasche gegen die Kohleauskleidung (18) durchdringende Badkomponenten abschirmt, bestehen.

2. Elektrolysewanne nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens die unteren 90% aus einer Vulkanascheschicht (12) bestehen.

3. Elektrolysewanne nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Leckbarriere (14) aus pulverförmiger Tonerde besteht.

4. Elektrolysewanne nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass eine undurchlässige, flexible Graphitmembran, welche mit einer Trägerfolie aus Stahl verbunden ist, Vulkanasche (12) und Tonerde (14) trennt.

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Elektrolysewanne, insbesondere für die Herstellung von Aluminium durch Schmelzflusselektrolyse, bestehend aus einer äusseren Stahlwanne, einer wärmedämmenden Isolationsschicht und einer im wesentlichen aus Kohlenstoff bestehenden Innenauskleidung mit in deren unterstem Bereich eingebetteten eisernen Kathodenbarren.

Für die Gewinnung von Aluminium durch Schmelzflusselektrolyse 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 flüssigen 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<sub>2</sub> und CO verbindet. Die Elektrolyse findet in einem Temperaturbereich von etwa 940–979° C statt.

Die durch den Elektrolyseprozess verbrauchte elektrische Energie kann in zwei Hauptkategorien eingeteilt werden:

- Produktions- oder Reduktionsenergie
- Energieverluste

Der produktive Teil des Energieverbrauchs wird benötigt, um die Kathoden zu metallischem Aluminium zu reduzieren. Dieser produktive Teil des Energieverbrauchs kann also nicht vermindert werden.

Die unproduktiven Energieverluste dagegen können in verschiedene Verluste aufgeteilt werden, die sich alle als Wärmeverluste an die Umgebung auswirken. Diese Wärmeverluste können kontrolliert werden und müssen auf ein Minimum gebracht werden.

Dies kann durch die Verwendung von optimal geeigneten Materialien für die Stromleiter erfolgen, mit welchen der Spannungsabfall und damit die Energieverluste im elektrischen Stromkreis auf ein Minimum reduziert werden können.

Die beim Elektrolyseprozess erzeugte Wärme fliesst immer zu kälteren Teilen der Wanne, von dort entweicht sie in die Umgebung und zieht so Energie vom Produktionsverfahren ab.

Um die Wärme nicht oder nur in geringem Masse durch die Wanne entweichen zu lassen, ist deshalb schon seit langer Zeit eine Wärmeisolationsschicht in die äussere Stahlwanne eingebettet worden. Üblicherweise werden dabei Formkörper aus Diatomeenerde oder Molerstein verwendet. Neue Molersteine haben vorzügliche Isolationseigenschaften, sie sind jedoch gegenüber die Kohleauskleidung durchdringende Badkomponenten sehr empfindlich. Deshalb wird oft die innerste Schicht aus weniger empfindlichen, aber auch schlechter isolierenden Schamottesteinen hergestellt. Steine können leicht aufeinander gestapelt werden, und derart können sowohl die Seitenwände als auch der horizontale Wannboden problemlos isoliert werden.

Weiter ist vorgeschlagen worden, beispielsweise in den US-PS 4 001 104 und 4 052 288, anstelle von vorgeformten Steinen granuliertes Isolationmittel, wie z.B. Tonerde, einzusetzen. Granuliertes Material wird jedoch im allgemeinen nur für horizontale Schichten, d.h. die Isolation des Wannbodens, eingesetzt. Für die Isolierung der Wannenseitenwände dagegen werden zweckmässig nach wie vor Isoliersteine aufeinander geschichtet.

Tonerde ist gegenüber die Kohleauskleidung durchdringende Badkomponenten inert, aber das Wärmeisolationsvermögen eines mit Tonerde ausgekleideten neuen Wannbodens ist verhältnismässig gering.

Wenn eine Wanne ersetzt werden muss, wird die Auskleidung herausgebrochen und muss in den meisten Fällen verworfen werden. Beim Einsatz von Tonerde als Isolationmittel ist es möglich, Aluminiumoxid aus der Bodenisolierung zu rezyklieren, falls in der entsprechenden Hütte die notwendigen Einrichtungen vorhanden sind. Ganz allgemein kann gesagt werden, dass beim Einsatz von Tonerde als Bodenisolationsmittel einer Wanne solche Rezyklereinrichtungen ein wesentlicher Bestimmungsfaktor sind.

Der Einsatz von Molersteinen und Tonerde als Isolationmittel stellt für eine Aluminiumhütte einen beträchtlichen Kostenfaktor dar, weil beide Materialien als teuer bezeichnet werden müssen. Weiter weisen Molersteine den Nachteil auf, dass sie ihre guten Eigenschaften in bezug auf die Wärmeisolation kontinuierlich verlieren, sobald sie von durch die Kohleauskleidung eindringende Badkomponenten imprägniert werden. So kann eine Elektrolysewanne vor Ablauf eines Drittels ihrer normalen Lebensdauer von fünf Jahren den grössten Teil ihres thermischen Isolationsvermögens verlieren. Mit anderen Worten heisst dies, dass die Elektrolysezelle während zwei bis drei Jahren ohne wirksame Wärmeisolation läuft und so während langer Zeit beträchtliche Mengen von Energie in die Umgebung verpuffen.

Die Erfinder haben sich die Aufgabe gestellt, eine Wärmeisolationsschicht für eine Elektrolysewanne zu schaffen, die über die gesamte Lebensdauer der Wanne gute Isolationseigenschaften aufweist, aber mit wesentlich geringerem Investitionsaufwand als die bisherige Ausführungsform hergestellt werden kann.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass mindestens die unteren 80% der Bodenisolierung aus einer mit mechanischen Mitteln verfestigten Vulkanascheschicht, die restliche Bodenisolierung aus einer Leckbarriere, welche die Vulkanasche gegen die Kohleauskleidung durchdringende Badkomponenten abschirmt, besteht.

Vulkanasche ist in zahlreichen Ländern als natürlicher Rohstoff in reichlichem Ausmass vorhanden und kann mit geringem Aufwand gewonnen werden. Die als grobes Granulat, mit einer natürlichen mittleren Korngrösse von 5–30 mm anfallende Vulkanasche ist leicht und porös. Sie weist in der Regel auch die notwendige mechanische Festigkeit auf. Als besonders günstig hat sich die schwarze isländische Vulkanasche erwiesen, welche unverändert als Bodenisolierung in die

Wanne geschüttet und durch Stampfen und/oder Vibrieren mechanisch verdichtet werden kann.

Der Einsatz von Vulkanasche für die seitliche Isolation der Wanne wäre wohl möglich aber weniger günstig, weil

- zwischen die seitliche Stahlwand und die Kohle eingestampfte Vulkanasche eine zu grosse Porosität aufweist, oder
- mit Hilfe eines Bindemittels geformte Steine aus Vulkanasche einen wesentlichen Teil ihres Isolationsvermögens verlieren.

Wegen deren gutem Isolationsvermögen wird die Vulkanascheschicht möglichst dick ausgebildet, so dass die verbleibende Leckbarriere noch für ein optimales Wannenlebensalter hinreichend dick ausgebildet werden kann. Bevorzugt bestehen deshalb mindestens die unteren 90% der Bodenisolierung aus Vulkanasche.

Auf die verdichtete Isolationsschicht aus Vulkanasche wird vorzugsweise pulverförmige Tonerde geschüttet, die auch für den Elektrolyseprozess zur Herstellung von Aluminium eingesetzt wird. Die vorhergehende Verdichtung der Vulkanasche verhindert, dass Tonerde in grösserem Massstab einsickern und so die Isolationseigenschaften der Vulkanasche vermindern kann.

Eine dünn ausgebildete, etwa 3–6 cm dicke Tonerdeschicht ist für die Funktion als Leckbarriere hinreichend.

Zur weiteren Verbesserung der Leckbarriere kann zwischen Vulkanasche und Tonerde eine undurchlässige flexible Graphitmembran, welche mit einer dünnen Stahlfolie verbunden ist, eingelegt werden (vgl. TMS Paper Nr. LM 78–19 bzw. DE-OS 28 17 202).

Die erfindungsgemässe Ausgestaltung des Wannenbodens hat folgende Vorteile:

- Vulkanische Asche hat ungefähr die gleichen thermischen Eigenschaften wie Molersteine, deshalb haben grösstenteils mit vulkanischer Asche ausgekleidete Wannenböden ein genügend grosses thermisches Isolationsvermögen.
- Vulkanische Asche ist ein äusserst billiges Naturprodukt, das in vielen Ländern der Welt ohne grossen Aufwand direkt abgebaut und nach dem Transport ohne weiteren Verarbeitungsaufwand in Wannen eingefüllt und mechanisch verdichtet werden kann. Der nachfolgende Kostenvergleich zeigt die enorm hohen Kosteneinsparungen beim Einsatz von Vulkanasche (ohne Transportkosten):

Tabelle I

Isoliermaterial	Kosten
Molersteine	100%
Tonerde	120%
Vulkanasche	4%
Vulkanasche + 20% Tonerde	23%

- Die Verwendung einer dicken Schicht Vulkanasche und einer dünnen Leckbarriere, die vorzugsweise aus Tonerde besteht, erhöht die Lebensdauer der Wannenbodenisolation beträchtlich, wodurch Energie eingespart werden kann. Dies drückt sich insbesondere dadurch aus, dass die Energieverluste von alten Wannen praktisch denjenigen von neuen entsprechen:

Tabelle II

Isoliermaterial	Energieverluste (kWh/kg Al)	
	Neue Wannen	Alte Wannen (3–5 Jahre)
Molersteine	0,34	0,74
Tonerde	0,56	0,74
Vulkanasche + 20% Tonerde	0,41	0,45

Die oben stehenden Tabellen zeigen, dass der Einsatz von Vulkanasche mit einer daraufliegenden Aluminiumoxidschicht bei äusserst kostengünstiger Herstellung zu sehr gut thermisch isolierten Wannenböden führt, die auch bei fortgeschrittenem Alter ihre vorteilhaften Eigenschaften nicht verlieren.

- Die einzige Figur zeigt einen schematischen vertikalen Teilschnitt durch eine Elektrolysewanne, wie sie zur Herstellung von Aluminium mittels Schmelzflusselektrolyse benutzt wird.

In eine Stahlwanne 10 ist eine Schicht von mechanisch verdichteter vulkanischer Asche 12 eingefüllt. Auf diese etwa 25 cm hohe Ascheschicht werden etwa 5 cm Tonerde 14 aufgeschüttet. Die Seitenwand der Stahlwanne 10 wird mit Moler- oder Schamottesteinen 16 isoliert. Schliesslich wird die Kohleauskleidung 18, welche die nicht dargestellten Kathodenbarren enthält, eingesetzt.

