



(19)

(11)

EP 2 989 235 B9

(12)

## KORRIGIERTE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(15) Korrekturinformation:

**Korrigierte Fassung Nr. 1 (W1 B1)**  
**Korrekturen, siehe**  
**Ansprüche DE 1**

(48) Corrigendum ausgegeben am:

15.11.2023 Patentblatt 2023/46

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

12.06.2019 Patentblatt 2019/24

(21) Anmeldenummer: 14721300.3

(22) Anmeldetag: 25.04.2014

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

**C25C 3/08 (2006.01)** **C25C 3/16 (2006.01)**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):

**C25C 3/08; C25C 3/16**

(86) Internationale Anmeldenummer:

**PCT/EP2014/058478**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

**WO 2014/174089 (30.10.2014 Gazette 2014/44)**

**(54) KATHODENBLOCK MIT EINER NUT MIT VARIERENDER TIEFE UND EINER FIXIEREINRICHTUNG**

CATHODE BLOCK HAVING A SLOT WITH VARYING DEPTH AND A SECURING SYSTEM

BLOC CATHODIQUE MUNI D'UNE RAINURE DE PROFONDEUR VARIABLE ET D'UN DISPOSITIF DE FIXATION

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB  
 GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO  
 PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: 26.04.2013 DE 102013207737

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**02.03.2016 Patentblatt 2016/09**

(60) Teilanmeldung:

**19166841.7 / 3 546 620**(73) Patentinhaber: **COBEX GmbH**  
**65189 Wiesbaden (DE)**

(72) Erfinder:

- HILTMANN, Frank**  
**86405 Meitingen (DE)**
- PFEFFER, Markus**  
**86405 Meitingen (DE)**

(74) Vertreter: **Botzenhardt, Sandra**

**SGL Carbon GmbH**  
**Werner-von-Siemens-Strasse 18**  
**86405 Meitingen (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:

<b>EP-A1- 0 052 577</b>	<b>CN-A- 102 181 883</b>
<b>DE-A1- 2 405 461</b>	<b>DE-A1- 2 631 673</b>
<b>DE-A1-102011 004 009</b>	<b>US-A1- 2009 050 474</b>

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen Kathodenblock für eine Aluminium-Elektrolysezelle, dessen Verwendung sowie eine diesen umfassende Kathodenanordnung.

**[0002]** Elektrolysezellen werden beispielsweise zur elektrolytischen Herstellung von Aluminium eingesetzt, welche industriell üblicherweise nach dem Hall-Heroult-Verfahren durchgeführt wird. Bei dem Hall-Heroult-Verfahren wird eine aus Aluminiumoxid und Kryolith zusammengesetzte Schmelze elektrolysiert. Dabei dient der Kryolith,  $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$ , dazu, den Schmelzpunkt von 2.045 °C für reines Aluminiumoxid auf ca. 950 °C für eine Kryolith, Aluminiumoxid und Zusatzstoffe, wie Aluminiumfluorid und Calciumfluorid, enthaltende Mischung zu senken.

**[0003]** Die bei diesem Verfahren eingesetzte Elektrolysezelle weist einen Kathodenboden auf, der aus einer Vielzahl von beispielsweise bis zu 28 aneinanderangrenzenden, die Kathode ausbildenden Kathodenblöcken zusammengesetzt ist. Dabei sind die Zwischenräume zwischen den Kathodenblöcken üblicherweise mit einer kohlenstoffhaltigen Stampfmasse gefüllt, um die Kathode gegenüber schmelzflüssigen Bestandteilen der Elektrolysezelle abzudichten, und, um mechanische Spannungen, welche während der Inbetriebnahme der Elektrolysezelle auftreten, zu kompensieren. Um den bei dem Betrieb der Zelle herrschenden thermischen und chemischen Bedingungen standzuhalten, sind die Kathodenblöcke üblicherweise aus einem kohlenstoffhaltigen Material, wie Graphit, zusammengesetzt. An den Unterseiten der Kathodenblöcke sind üblicherweise jeweils Nuten vorgesehen, in denen jeweils wenigstens eine oder zwei Stromschiene angeordnet sind, durch welche der über die Anoden zugeführte Strom abgeführt wird. Dabei sind die Zwischenräume zwischen den einzelnen die Nuten begrenzenden Wänden der Kathodenblöcke und den Stromschienen häufig mit Gusseisen ausgegossen, um durch die dadurch hergestellte Umhüllung der Stromschienen mit Gusseisen die Stromschienen elektrisch und mechanisch mit den Kathodenblöcken zu verbinden. Etwa 3 bis 5 cm oberhalb der auf der Kathodenoberseite befindlichen, üblicherweise 15 bis 50 cm hohen, Schicht aus flüssigem Aluminium ist eine, insbesondere aus einzelnen Anodenblöcken ausgebildete, Anode angeordnet, zwischen der und der Oberfläche des Aluminiums sich der Elektrolyt, also die Aluminiumoxid und Kryolith enthaltende Schmelze, befindet. Während der bei etwa 1.000 °C durchgeführten Elektrolyse setzt sich das gebildete Aluminium aufgrund seiner im Vergleich zu der des Elektrolyten größeren Dichte unterhalb der Elektrolytschicht ab, also als Zwischenschicht zwischen der Oberseite der Kathode und der Elektrolytschicht. Bei der Elektrolyse wird das in der Schmelze gelöste Aluminiumoxid durch elektrischen Stromfluss zu Aluminium und Sauerstoff aufgespalten. Elektrochemisch gesehen handelt es sich bei der Schicht aus flüssigem Aluminium um

die eigentliche Kathode, da an dessen Oberfläche Aluminiumionen zu elementarem Aluminium reduziert werden. Nichtsdestotrotz wird nachfolgend unter dem Begriff Kathode nicht die Kathode aus elektrochemischer Sicht, also die Schicht aus flüssigem Aluminium verstanden, sondern das den Elektrolysezellenboden ausbildende, beispielsweise aus einem oder mehreren Kathodenblöcken zusammengesetzte Bauteil.

**[0004]** Ein wesentlicher Nachteil der bei dem Hall-Heroult-Verfahren eingesetzten Kathodenanordnungen ist deren vergleichsweise geringe Verschleißbeständigkeit, welche sich durch einen Abtrag der Kathodenblockoberflächen während der Elektrolyse manifestiert. Dabei erfolgt der Abtrag der Kathodenblockoberflächen aufgrund einer inhomogenen Stromverteilung innerhalb der Kathodenblöcke nicht gleichmäßig über die Länge der Kathodenblöcke, sondern in erhöhtem Ausmaß an den Kathodenblockenden, so dass sich die Oberflächen der Kathodenblöcke nach einer gewissen Elektrolysedauer zu einem W-förmigen Profil verändern. Durch den ungleichmäßigen Abtrag der Kathodenblockoberflächen wird die Nutzungsdauer der Kathodenblöcke durch die Stellen mit dem größten Abtrag begrenzt. Um diesem Problem zu begegnen, ist in der WO 2007/118510 A2 ein Kathodenblock vorgeschlagen worden, dessen zur Aufnahme einer oder mehrerer Stromschiene(n) bestimmte Nut, bezogen auf die Kathodenblocklänge, in der Mitte eine größere Tiefe aufweist als an den Kathodenblockenden. Dadurch wird bei dem Betrieb der Elektrolysezelle über die Kathodenblocklänge eine im Wesentlichen homogene vertikale Stromverteilung erreicht, wodurch der erhöhte Verschleiß an den Kathodenblockenden verringert wird und so die Lebensdauer der Kathode erhöht wird. Die Stromschiene(n) ist bzw. sind dabei in herkömmlicher Weise mit Gusseisen umhüllt, wobei diese Umhüllung durch Eingießen von flüssigem Gusseisen in den Zwischenraum zwischen der Nut und der bzw. den Stromschiene(n) erfolgt. Ein solcher Kathodenblock ist allerdings mit Nachteilen behaftet. Während und nach dem Eingießen des flüssigen Gusseisens in den Zwischenraum zwischen der Nut und der bzw. den Stromschiene(n), während und nach der Inbetriebnahme der den Kathodenblock umfassenden Elektrolysezelle sowie während und nach dem Abschalten der Elektrolysezelle und späterer Wiederinbetriebnahme ist der Kathodenblock vergleichsweise großen Temperaturänderungen ausgesetzt, welche zu einer Ausdehnung bzw. einem Schrumpfen des Gusseisens und der Stromschiene(n) relativ zu dem Kathodenblock führen. Dieser Effekt der Ausdehnung bzw. des Schrumpfes kann durch auftretende Temperaturgradienten verstärkt werden. Im Folgenden wird, wenn von "großen Temperaturänderung(en)" gesprochen wird, verstanden, dass einer oder beide der genannten Effekte, d.h. Ausdehnung/Schrumpf oder Temperaturgradient, vorhanden ist/sind. Aufgrund der höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten von Gusseisen und dem Material der Stromschiene(n) als dem Wärmeausdehnungskoeffizient des

Kathodenblockmaterials dehnen sich das Gusseisen und die Stromschiene(n) bei einer Temperaturerhöhung nämlich relativ zu dem Kathodenblock aus, wohingegen diese bei einer Temperaturverringerung relativ zu dem Kathodenblock schrumpfen. Dadurch verschlechtert sich insbesondere bei üblichen Nuten mit rechteckiger Querschnittsform der elektrische Kontakt zwischen Stromschiene, Gusseisen und Kathodenblock, was zu einem erhöhten elektrischen Widerstand der Anordnung und damit zu einer schlechten Energieeffizienz des Elektrolyseverfahrens führt. Abgesehen davon ist die Stromschiene bzw. sind die Stromschienen vor dem Eingießen des flüssigen Gusseisens in den Zwischenraum zwischen der Nut und der bzw. den Stromschiene(n) sowohl in der vertikalen als auch in der horizontalen Richtung beweglich, so dass sich diese bei dem Eingießen des flüssigen Gusseisens und während dem nachfolgenden Abkühlen und Erstarren des Gusseisens unkontrolliert in der Nut bewegen können, was ebenfalls zu einem ungleichmäßigen elektrischen Kontakt zwischen Stromschiene, Gusseisen und Kathodenblock führen kann. Auch dies führt zu einem erhöhten elektrischen Widerstand der Anordnung und damit zu einer schlechten Energieeffizienz des Elektrolyseverfahrens. Anstelle des Gusseisens kann auch Stampfmasse verwendet werden. Als Stampfmasse können Stampfmassen auf Basis von Anthrazit, Graphit und beliebigen Mischungen davon eingesetzt werden. Vorzugsweise wird eine Stampfmasse auf Basis von Graphit verwendet. DE 2 405 461 und EP 0 052 577 beschreiben einen Kathodenblock auf Basis von Kohlenstoff aufweisend eine Nut, in deren Seitenwänden jeweils eine Ausnehmung vorhanden ist.

**[0005]** Um ein Verschieben einer Stromschiene in der Nut eines Kathodenblocks zu verhindern oder zumindest zu erschweren, ist es in der WO 2012/107412 A2 vorgeschlagen worden, in der die mit einer Graphitfolie ausgekleideten Nut eines Kathodenblocks begrenzenden Wand wenigstens eine Vertiefung vorzusehen und nach dem Einsetzen der Stromschiene(n) in die Nut den sich bildenden Zwischenraum zwischen der Nut und der bzw. den Stromschiene(n) so mit flüssigen Gusseisen auszufüllen, dass das erstarrte Gusseisen in die wenigstens eine Vertiefung eingreift. Sofern die Nut eine, über die Länge des Kathodenblocks gesehen, variierende Tiefe aufweist, soll die wenigstens eine Vertiefung parallel zu dem Nutboden - also bezogen auf die horizontale Richtung schräg - verlaufen, also einen konstanten Abstand zu der Bodenwand der Nut aufweisen, um eine Verschiebbarkeit der Stromschiene(n) parallel zu dem Nutboden zu gewährleisten. Dies ist jedoch nachteilhaft, weil aufgrund der höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten von Gusseisen und dem Material der Stromschiene(n) im Vergleich zu dem des Kathodenblocks während und nach dem Eingießen des flüssigen Gusseisens in den Zwischenraum zwischen der Nut und der bzw. den Stromschiene(n) des Kathodenblocks auftretenden Temperaturänderungen sowie den während der Inbetriebnahme und dem Ausschalten, und gegebenenfalls

der Wiederinbetriebnahme, der den Kathodenblock umfassenden Elektrolysezelle auftretenden Temperaturänderungen zwischen dem Gusseisen und der bzw. den Stromschiene(n) einerseits und dem Kathodenblock andererseits Scherspannungen auftreten, welche zu einer die Funktion des Kathodenblocks beeinträchtigenden Beschädigung des Kathodenblocks in Form von beispielsweise Rissbildung in dem Kathodenblock oder gar einem Zerbrechen des Kathodenblocks führen kann. Eine solche Schädigung führt zu einer verringerten elektrischen Leitfähigkeit zwischen der Stromschiene bzw. dem Gusseisen und dem Kathodenblock und zu einer geringeren Stabilität der Anordnung oder führt sogar zum Versagen der gesamten Anordnung. Anstelle des Gusseisens kann hier auch Stampfmasse - wie oben beschrieben - verwendet werden.

**[0006]** Wenn im Folgenden von Gusseisen gesprochen wird, ist zu verstehen, dass das Gusseisen durch Stampfmasse ersetzt werden kann, ohne dass es jedes Mal explizit beschrieben wird.

**[0007]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, einen insbesondere zur Verwendung für eine Aluminium-Elektrolysezelle geeigneten Kathodenblock bereitzustellen, mit dem bei dem Betrieb der Elektrolysezelle über die Kathodenblocklänge eine im Wesentlichen homogene vertikale Stromverteilung erreicht wird, welcher zudem mit eingesetzter und mit Gusseisen ummantelter Stromschiene(n) auch bei großen Temperaturänderungen einen niedrigen und insbesondere auch über längere Betriebszeiten dauerhaft niedrigen spezifischen elektrischen Widerstand und niedrigen Übergangswiderstand zwischen der mit Gusseisen ummantelten Stromschiene und dem Kathodenblock aufweist, und, welcher bei großen Temperaturänderungen auch mit eingesetzter und mit Gusseisen ummantelter Stromschiene(n) gegenüber mechanischen Schädigungen, wie Rissbildung, stabil ist. Anstelle des Gusseisens kann auch Stampfmasse eingesetzt werden.

**[0008]** Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch einen Kathodenblock für eine Aluminium-Elektrolysezelle auf Basis von Kohlenstoff und/oder Graphit, wobei der Kathodenblock wenigstens eine sich in der Längsrichtung des Kathodenblocks erstreckende Nut zur Aufnahme wenigstens einer Stromschiene aufweist, wobei wenigstens eine der wenigstens einen Nut eine, über die Länge des Kathodenblocks gesehen, variierende Tiefe aufweist, wobei in der die wenigstens eine Nut mit variierender Tiefe begrenzenden Wand des Kathodenblocks wenigstens eine Vertiefung aufweisend einen halbkreisförmigen, dreieckigen, rechteckigen oder trapezförmigen Querschnitt vorgesehen ist, welche sich in der Längsrichtung des Kathodenblocks zumindest annähernd über die gesamte Länge der wenigstens einen Nut horizontal erstreckt.

**[0009]** Unter einer sich in der Längsrichtung des Kathodenblocks horizontal erstreckenden Vertiefung wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung verstanden, dass sich die Vertiefung parallel zu der Längsebene des

Kathodenblocks erstreckt. Unter einer parallelen Erstreckung wird dabei verstanden, dass die Vertiefung an jeder ihrer Stellen einen Winkel von weniger als 5°, besonders bevorzugt von weniger als 2°, ganz besonders bevorzugt von weniger als 1°, höchst bevorzugt von weniger als 0,5°, und am höchsten bevorzugt von weniger als 0,1° zu der Längsebene des Kathodenblocks aufweist. In diesem Zusammenhang wird unter Längsebene die Ebene verstanden, welche sich in der Richtung der Längsachse des Kathodenblocks erstreckt und parallel zu der Oberfläche der der Nut gegenüberliegenden Seite des Kathodenblocks verläuft.

**[0010]** Zudem wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung unter einer Vertiefung in Abgrenzung zu einer bloßen Oberflächenrauigkeit eine Aussparung verstanden, welche bezogen auf die Oberfläche der die Nut begrenzenden Wand eine Tiefe von mindestens 0,5 mm und bevorzugt von mindestens 2 mm aufweist.

**[0011]** Erfindungsgemäß wurde erkannt, dass durch das Vorsehen wenigstens einer sich in der Längsrichtung des Kathodenblocks horizontal erstreckenden Vertiefung in der die Nut des Kathodenblocks begrenzenden Wand, und zwar bevorzugt in beiden der Seitenwände, insbesondere auch bei Ausgestalten der Nut mit variierender Tiefe in dem Kathodenblock ein Kathodenblock geschaffen wird, welcher auch mit in die Nut eingesetzter und mit Gusseisen ummantelter Stromschiene einen niedrigen elektrischen Widerstand und niedrigen Übergangswiderstand aufweist. Abgesehen davon wird aufgrund des Vorsehens der sich in der Längsrichtung des Kathodenblocks horizontal erstreckenden Vertiefung in der die Nut des Kathodenblocks begrenzenden Wand auch bei großen Temperaturänderungen eine mechanische Schädigung des Kathodenblocks mit in die Nut eingesetzter und mit Gusseisen ummantelter Stromschiene, wie beispielsweise eine Rissbildung des Kathodenblocks, zuverlässig vermieden. Zum einen wird durch die Verwendung einer Nut mit variabler Tiefe in der Längsrichtung des Kathodenblocks eine derart gleichmäßige StromdichteVerteilung an der Kathodenblockoberfläche erreicht, dass bei dem Betrieb der den Kathodenblock umfassenden Elektrolysezelle ein übermäßiger Abtrag von Kathodenblockmaterial in denjenigen Bereichen wirksam vermieden wird, wo bei Verwendung eines Kathodenblocks mit in der Längsrichtung des Kathodenblocks gleicher Nuttiefe eine hohe lokale Stromdichte vorliegen würde. Durch entsprechende Anpassung der Nuttiefe kann die StromdichteVerteilung in breiten Grenzen modifiziert und vergleichmäßigt werden. Indem der Kathodenblock in seiner Nut eine sich in der Längsrichtung des Kathodenblocks horizontal erstreckende Vertiefung aufweist, wird eine vertikale Fixierung der mit Gusseisen ummantelten Stromschiene in der Nut des Kathodenblocks erreicht, welche aber eine gewisse Bewegung in horizontaler Richtung des Kathodenblocks zulässt. Aufgrund dieser horizontalen Beweglichkeit der mit Gusseisen ummantelten Stromschiene wird insbesondere auch bei den während und nach der Inbetriebnahme

bzw. während dem Abschalten einer den Kathodenblock umfassenden Elektrolysezelle auftretenden raschen Temperaturänderungen das Auftreten von Scherspannungen zwischen der mit Gusseisen ummantelten

5 Stromschiene und dem Kathodenblock zuverlässig vermieden, wie diese bei einer schräg angeordneten Vertiefung infolge der - aufgrund der höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten von Gusseisen und dem Material der Stromschiene im Vergleich zu dem Wärmeausdehnungskoeffizienten des Materials des Kathodenblocks auftretenden - höheren Ausdehnung bzw. Schrumpfung des Gusseisens und der Stromschiene relativ zu dem Kathodenblock auftreten würden. Dadurch wird eine Schädigung des Kathodenblocks beispielsweise in Form 10 von Rissbildung oder gar ein Zerbrechen des Kathodenblocks auch während langer Betriebsdauer der Elektrolysezelle zuverlässig verhindert, bei gleichzeitiger Gewährleistung einer hervorragenden elektrischen Leitfähigkeit zwischen der Stromschiene bzw. dem Gusseisen 15 und dem Kathodenblock. Aufgrund der vertikalen Fixierung der mit Gusseisen ummantelten Stromschiene in der Nut der Kathodenblockes kommt es zu einer vorteilhaften Anpressung der Kathodenbarren / Gusseisenanordnung gegen den Nutboden durch die thermische Ausdehnung der Barren/Gusseisenanordnung relativ zum Kathodenblock während der Inbetriebnahme. Damit wird ein verbesserter elektrischer Kontakt erreicht, der zu einem geringeren elektrischen Widerstand und damit zu einer höheren Energieeffizienz führt. Im weiteren Vorteil 20 zu dem aus der WO 2012/107412 A2 bekannten Kathodenblock werden diese hervorragenden Eigenschaften insbesondere auch dann erreicht, wenn die Nut des Kathodenblocks nicht mit einer teuren und aufwendig einzubringenden Graphitfolie ausgekleidet ist. Insgesamt 25 wird somit auch bei großen Temperaturänderungen eine Kontrolle von - infolge der unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten von Gusseisen, Stromschiene und Kathodenblock auftretenden - Zugspannungen, Scherspannungen und Druckspannungen erreicht, welche eine hervorragende elektrische Leitfähigkeit und eine exzellente mechanische Stabilität des Kathodenblocks auch mit in die Nut eingesetzter und mit Gusseisen ummantelter Stromschiene gewährleistet.

**[0012]** Um bei dem Elektrolysebetrieb eine besonders 45 gleichmäßige vertikale StromdichteVerteilung an der Kathodenblockoberfläche zu erreichen, wird in Weiterbildung des Erfindungsgedankens vorgeschlagen, dass wenigstens eine der wenigstens einen Nut und bevorzugt alle der Nuten mit variierender Tiefe an ihren längsseitigen Enden eine geringere Tiefe aufweist bzw. aufweisen als in ihrer bzw. ihren Mitte(n). Auf diese Weise wird eine gleichmäßige Verteilung des bei dem Elektrolysebetrieb zugeführten elektrischen Stroms über die gesamte Länge des Kathodenblocks erreicht, wodurch eine übermäßige elektrische Stromdichte an den längsseitigen Enden des Kathodenblocks und so ein vorzeitiger Verschleiß an den Enden des Kathodenblocks vermieden wird. Durch eine solche gleichmäßige StromdichteVerteilung 50 55

über die Länge des Kathodenblocks werden zudem bei der Elektrolyse durch Wechselwirkung elektromagnetischer Felder hervorgerufene Bewegungen in der Aluminiumschmelze vermieden, wodurch es möglich wird, die Anode in einer geringeren Höhe über der Oberfläche der Aluminiumschmelze anzuordnen. Dadurch wird der elektrische Widerstand zwischen der Anode und der Aluminiumschmelze verringert und die Energieeffizienz der durchgeführten Schmelzflusselektrolyse erhöht. Ein weiterer besonderer Vorteil dieser Ausführungsform ist es, dass sich bei dieser Ausgestaltung der Nut die in der Vertiefung der Nut vorgesehene ggf. mit Gusseisen umhüllte Stromschiene(n) während und nach der bei der Inbetriebnahme der Elektrolysezelle auftretenden Erhöhung der Temperatur in der horizontalen Richtung ausdehnt bzw. ausdehnen, infolge dessen die Stromschiene(n) jeweils an die die Nut an dieser Stelle begrenzende Bodenwand des Kathodenblocks angepresst werden, wodurch der Übergangswiderstand zwischen der mit Gusseisen ummantelten Stromschiene und dem Kathodenblock verringert wird.

**[0013]** Bei der vorstehenden Ausführungsform nimmt die Tiefe wenigstens einer der wenigstens einen Nut mit variierender Tiefe, in der Längsrichtung des Kathodenblocks gesehen, vorzugsweise von einem längsseitigen Ende bis zu der Mitte des Kathodenblocks zumindest im Wesentlichen monoton zu und nimmt diese von der Mitte zu dem anderen längsseitigen Ende des Kathodenblocks zumindest im Wesentlichen monoton ab, so dass sich, im Längsschnitt des Kathodenblocks gesehen, eine zumindest im Wesentlichen dreiecksförmige Nut ergibt. Dadurch werden die vorstehend genannten Vorteile in verstärktem Ausmaß erreicht.

**[0014]** Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst die die wenigstens eine Nut mit variierender Tiefe begrenzende Wand eine Bodenwand und zwei Seitenwände, wobei jede der beiden Seitenwände jeweils wenigstens eine Vertiefung aufweist, welche sich in der Längsrichtung des Kathodenblocks horizontal erstreckt. Auf diese Weise wird eine besonders gute vertikale Fixierung der Stromschiene in der Nut erreicht, bei gleichzeitig ausreichend hoher Beweglichkeit der Stromschiene in horizontaler Richtung, um auch bei großen Temperaturänderungen das Auftreten von Scherspannungen infolge der unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten von Gusseisen, Stromschiene und Kathodenblock zuverlässig zu vermeiden.

**[0015]** Vorzugsweise umfasst die die wenigstens eine Nut mit variierender Tiefe begrenzende Wand eine Bodenwand und zwei Seitenwände, wobei jede Seitenwand jeweils genau eine Vertiefung aufweist, welche sich in der Längsrichtung des Kathodenblocks horizontal erstreckt. Auf diese Weise wird bei vergleichsweise geringem Herstellungsaufwand eine besonders gute vertikale Fixierung der Stromschiene in der Nut erreicht, bei gleichzeitig ausreichend hoher Beweglichkeit in horizontaler Richtung, um bei großen Temperaturänderungen

das Auftreten von Scherspannungen infolge der unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten von Gusseisen, Stromschiene und Kathodenblock zuverlässig zu vermeiden.

5 **[0016]** Gleichermassen ist es bevorzugt, dass die die wenigstens eine Nut mit variierender Tiefe begrenzende Wand eine Bodenwand und zwei Seitenwände umfasst, wobei jede Seitenwand jeweils zwei Vertiefungen aufweist, welche sich in der Längsrichtung des Kathodenblocks jeweils horizontal erstrecken. Auf diese Weise wird eine besonders gute vertikale Fixierung der Stromschiene in der Nut bei gleichzeitig ausreichend hoher Beweglichkeit in horizontaler Richtung auch erreicht, wenn die Tiefe der einzelnen Vertiefungen vergleichsweise gering ist.

10 **[0017]** Dabei kann der Kathodenblock zwei auf derselben Seite des Kathodenblocks angeordnete Nuten aufweisen, wobei beide Nuten dieselben Ausmaße aufweisen und deren begrenzende Wände jeweils eine Bodenwand und zwei Seitenwände umfassen, wobei jede Seitenwand jeweils eine Vertiefung aufweist, welche sich in der Längsrichtung des Kathodenblocks horizontal erstreckt, oder wobei jede Seitenwand jeweils zwei Vertiefungen aufweist, welche sich in der Längsrichtung des Kathodenblocks horizontal erstrecken. So wird für einen zwei Nuten aufweisenden Kathodenblock bei vergleichsweise geringem Herstellungsaufwand eine besonders gute vertikale Fixierung beider Stromschienen in den Nuten erreicht, bei gleichzeitig ausreichend hoher Beweglichkeit in horizontaler Richtung, um bei großen Temperaturänderungen das Auftreten von Scherspannungen infolge der unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten von Gusseisen, Stromschiene und Kathodenblock zuverlässig zu vermeiden.

15 **[0018]** Alternativ zu der vorstehenden Ausführungsform kann der Kathodenblock auch nur eine Nut umfassen.

20 **[0019]** Um eine besonders gute Fixierung der ggf. mit Gusseisen ummantelten Stromschiene in der Nut in vertikaler Richtung bei gleichzeitig ausreichender Beweglichkeit in horizontaler Richtung zu gewährleisten, kann es sein, dass sich wenigstens eine der wenigstens einen Vertiefung und besonders bevorzugt jede der wenigstens einen Vertiefung durchgehend über wenigstens 60 %, bevorzugt über wenigstens 80 %, besonders bevorzugt über wenigstens 90 %, ganz besonders bevorzugt über wenigstens 95 % der Länge der wenigstens einen Nut erstreckt, was nicht Teil der Erfindung ist. Erfindungsgemäß erstreckt sich die wenigstens eine Vertiefung zumindest annähernd über die gesamte Länge der wenigstens einen Nut.

25 **[0020]** Aus dem gleichen Grund ist es bevorzugt, dass wenigstens eine der wenigstens einen Vertiefung und besonders bevorzugt jede der wenigstens einen Vertiefung eine Tiefe von 0,5 mm bis 40 mm, bevorzugt von 2 mm bis 30 mm und besonders bevorzugt von 5 mm bis 20 mm aufweist.

30 **[0021]** Aus dem gleichen Grund ist es zudem bevor-

zugt, dass wenigstens eine der wenigstens einen Vertiefung und besonders bevorzugt jede der wenigstens einen Vertiefung eine auf die Höhe des Kathodenblocks bezogene Öffnungsbreite von 2 mm bis 40 mm, bevorzugt von 5 mm bis 30 mm und besonders bevorzugt von 10 mm bis 20 mm aufweist.

**[0022]** Grundsätzlich kann die wenigstens eine Vertiefung jeden polygonalen oder gebogenen Querschnitt aufweisen. Gute Ergebnisse im Hinblick auf einen guten Eingriff der Gusseisenumhüllung in die wenigstens eine Vertiefung und gleichzeitig im Hinblick auf eine zuverlässige und unproblematische Füllbarkeit der Vertiefung mit Gusseisen beim Vergießen werden insbesondere erreicht, wenn wenigstens eine der wenigstens einen Vertiefung und besonders bevorzugt jede der wenigstens einen Vertiefung einen zumindest im Wesentlichen halbkreisförmigen, dreieckigen, rechteckigen oder trapezförmigen, bevorzugt halbkreisförmigen, dreieckigen, rechteckigen oder trapezförmigen, Querschnitt aufweist.

**[0023]** Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erstreckt sich die wenigstens eine Vertiefung zumindest im Wesentlichen senkrecht, bevorzugt senkrecht, in die die wenigstens eine Nut begrenzende Wand des Kathodenblocks hinein.

**[0024]** Gemäß der vorliegenden Erfindung wird die wenigstens eine Vertiefung - in der Tiefenrichtung der Nut betrachtet - an jedem ihrer Enden durch einen Übergangsbereich zwischen der Vertiefung und einem daran angrenzenden Abschnitt der Nutwand begrenzt. Wenn dieser Übergangsbereich winklig ausgestaltet ist, beträgt der Winkel zwischen dem angrenzenden Abschnitt der Nutwand und der Wand der Vertiefung, von der Kathodenblockinnenseite aus gesehen, vorzugsweise 90 Grad bis 160 Grad, besonders bevorzugt 90 Grad bis 135 Grad und ganz besonders bevorzugt 100 Grad bis 120 Grad.

**[0025]** In dem Fall, dass dieser Übergangsbereich gekrümmt, möglicherweise, aber nicht notwendigerweise ideal kreisförmig gekrümmt, ausgestaltet ist, beträgt der Krümmungsradius des Übergangsbereichs bevorzugt maximal 50 mm, besonders bevorzugt maximal 20 mm und höchst bevorzugt maximal 5 mm.

**[0026]** Zudem betrifft die vorliegende Erfindung eine Kathodenanordnung, welche wenigstens einen zuvor beschriebenen Kathodenblock enthält, wobei in wenigstens einer der wenigstens einen Nut mit varierender Tiefe des wenigstens einen Kathodenblocks wenigstens eine Stromschiene vorgesehen ist, welche zumindest bereichsweise eine Umhüllung aus Gusseisen aufweist, welche zumindest abschnittsweise in die wenigstens eine Vertiefung eingreift.

**[0027]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist der in die wenigstens eine Vertiefung eingreifenden Abschnitt der Umhüllung aus Gusseisen komplementär zu der Vertiefung ausgestaltet. Auf diese Weise kann ein besonders guter formschlüssiger Eingriff der Umhüllung aus Gusseisen in die Vertiefung und somit eine besonders wirksame mechanische Befestigung der Gusseisenumhüllung und der da-

mit verbundenen Stromschiene an dem Kathodenblock erreicht werden, welche dennoch eine zur Vermeidung von Scherspannungen zwischen Gusseisen, Stromschiene und Kathodenblock infolge von großen Temperaturänderungen hinreichende Beweglichkeit der Stromschiene in horizontaler Richtung zulässt.

**[0028]** Vorzugsweise greift die Umhüllung aus Gusseisen über wenigstens 50 %, weiter bevorzugt über wenigstens 80 %, besonders bevorzugt über wenigstens 90 %, ganz besonders bevorzugt über wenigstens 95 % und höchst bevorzugt über zumindest im Wesentlichen deren gesamte Länge in die wenigstens eine Vertiefung ein. Dadurch werden die vorstehend beschriebenen Vorteile in besonders hohem Ausmaß erreicht.

**[0029]** Aus dem gleichen Grund ist es gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung vorgesehen, dass der in die wenigstens eine Vertiefung eingreifende Abschnitt der Umhüllung und ggf. die davon umhüllte Stromschiene wenigstens

70 %, bevorzugt wenigstens 80 %, besonders bevorzugt wenigstens 90 %, ganz besonders bevorzugt wenigstens 95 % und höchst bevorzugt 100 % der Vertiefung ausfüllt. Dadurch kann eine ungewollte Verschiebung der Stromschiene in der vertikalen Richtung des Kathodenblocks und insbesondere ein Herausfallen der Stromschiene aus der Nut besonders zuverlässig vermieden werden.

**[0030]** In Weiterbildung des Erfindungsgedankens wird vorgeschlagen, dass der Kathodenblock der Kathodenanordnung eine Nut mit einem zumindest im Wesentlichen rechteckigen, bevorzugt einem rechteckigen, Querschnitt aufweist und in die Nut eine oder zwei aneinander angrenzende Stromschiene(n) eingesetzt sind, wobei der Zwischenraum zwischen der Nut und der Stromschiene(n) so mit Gusseisen ausgefüllt ist, dass das Gusseisen über zumindest im Wesentlichen dessen gesamte Länge in die wenigstens eine Vertiefung eingreift.

**[0031]** Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist eine Kathode, welche wenigstens einen zuvor beschriebenen Kathodenblock oder zumindest eine zuvor beschriebene Kathodenanordnung umfasst.

**[0032]** Ferner betrifft die vorliegende Erfindung die Verwendung eines zuvor beschriebenen Kathodenblocks, einer zuvor beschriebenen Kathodenanordnung oder einer zuvor beschriebenen Kathode zur Durchführung einer Schmelzflusselektrolyse zur Herstellung von Metall, und zwar bevorzugt zur Herstellung von Aluminium.

**[0033]** Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist eine Kathodenanordnung, welche wenigstens einen zuvor beschriebenen Kathodenblock umfasst.

**[0034]** Ferner betrifft die vorliegende Erfindung die Verwendung eines zuvor beschriebenen Kathodenblocks, einer zuvor beschriebenen Kathodenanordnung zur Durchführung einer Schmelzflusselektrolyse zur Herstellung von Metall, und zwar bevorzugt zur Herstellung von Aluminium.

**[0035]** Nachfolgend wird die vorliegende Erfindung

rein beispielhaft anhand vorteilhafter Ausführungsformen und unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben.

**[0036]** Dabei zeigen:

- Fig. 1 einen Querschnitt eines Ausschnitts einer Aluminium-Elektrolysezelle mit einer Kathodenanordnung gemäß eines ersten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung,
- Fig. 2 einen Längsschnitt der Kathodenanordnung der in der Fig. 1 gezeigten Aluminium-Elektrolysezelle,
- Fig. 3 einen Längsschnitt eines Ausschnitts einer Aluminium-Elektrolysezelle mit einer Kathodenanordnung gemäß eines zweiten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung,
- Fig. 4 einen Querschnitt der Kathodenanordnung der in der Fig. 3 gezeigten Aluminium-Elektrolysezelle,
- Fig. 5a-d beispielhafte Querschnitte von Vertiefungen, die in einer Nut eines erfindungsgemäß Kathodenblocks vorgesehen sind,

**[0037]** In der Fig. 1 ist im Querschnitt ein Ausschnitt einer Aluminium-Elektrolysezelle 10 mit einer Kathodenanordnung 12 gezeigt, die gleichzeitig den Boden einer Wanne für eine während des Betriebs der Elektrolysezelle 10 erzeugte Aluminiumschmelze 14 und für eine oberhalb der Aluminiumschmelze 14 befindliche Kryolith-Aluminimumoxid-Schmelze 16 bildet. Mit der Kryolith-Aluminimumoxid-Schmelze 16 steht eine Anode 18 in Kontakt. Seitlich wird die durch den unteren Teil der Aluminium-Elektrolysezelle 10 gebildete Wanne durch eine in der Fig. 1 nicht dargestellte Auskleidung aus Kohlenstoff und/oder Graphit begrenzt.

**[0038]** Die Kathodenanordnung 12 umfasst mehrere Kathodenblöcke 20, die jeweils über eine in eine zwischen den Kathodenblöcken 20 angeordnete Stampfmassefuge 22 eingefügte Stampfmasse 24 miteinander verbunden sind. Ein Kathodenblock 20 umfasst dabei zwei an seiner Unterseite angeordnete Nuten 26 mit einem rechtwinkligen, nämlich im Wesentlichen rechteckigen Querschnitt, wobei in jeder Nut 26 jeweils eine Stromschiene 28 aus Stahl mit ebenfalls rechtwinkligem Querschnitt aufgenommen ist.

**[0039]** Die Nuten 26 werden jeweils durch zwei Seitenwände 32 und eine Bodenwand 34 des Kathodenblocks 20 begrenzt, wobei in jeder der Seitenwände 32 eine sich im Wesentlichen senkrecht in die Seitenwand 32 hinein erstreckende Vertiefung 36 mit annähernd halbkreisförmigem Querschnitt vorgesehen ist. Jede Vertiefung 36 wird jeweils durch einen oberen und einen unteren Übergangsbereich 37 des Kathodenblocks 20

begrenzt. Die Übergangsbereiche 37 sind in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel winklig mit einem Winkel  $\alpha$  zwischen dem angrenzenden Abschnitt der Nutwand und der Wand der Vertiefung von 90 Grad ausgebildet.

- 5 Der Zwischenraum zwischen der Stromschiene 28 und der Nut 26 ist dabei jeweils mit Gusseisen 38 ausgegossen. Dabei bildet das Gusseisen 38 eine Umhüllung 39 für die Stromschiene 28 und steht mit der Stromschiene 28 in stoffschlüssiger Verbindung.
- 10 **[0040]** Darüber hinaus bildet das in den Vertiefungen 36 aufgenommene Gusseisen 38 mit dem die Vertiefung 36 begrenzenden Material des Kathodenblocks 20 jeweils eine formschlüssige Verbindung, die eine Bewegung der mit dem Gusseisen 38 verbundenen Stromschiene 28 in Richtung des Pfeils 40 verhindert.
- 15 **[0041]** In der Fig. 1 ist konkret der Querschnitt der Kathodenanordnung 12 an einem längsseitigen Ende des Kathodenblocks 20 gezeigt. Die Tiefe der Nut 26 des Kathodenblocks 20 variiert dabei über die Länge der Nut 26. Der Nutquerschnitt im Bereich der - bezogen auf die Längsrichtung des Kathodenblocks - Mitte der Nut 26 ist in der Fig. 1 durch eine gestrichelte Linie 42 angedeutet. Der Unterschied zwischen der Nuttiefe an den längsseitigen Enden der Nut 26 und in der - bezogen auf die 25 Längsrichtung des Kathodenblocks - Mitte der Nut 26 beträgt im vorliegenden Ausführungsbeispiel etwa 5 cm. Dabei beträgt die Tiefe der Nut 26 an den beiden längsseitigen Enden der Nut 26 etwa 16 cm, wohingegen die Tiefe der Nut 26 in der - bezogen auf die Längsrichtung 30 des Kathodenblocks - Mitte der Nut 26 etwa 21 cm beträgt. Die Breite 44 jeder Nut 26 ist über die gesamte Nutlänge im Wesentlichen konstant und beträgt etwa 15 cm, wohingegen die Breite 46 der Kathodenblöcke 20 jeweils etwa 42 cm beträgt.
- 35 **[0042]** In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel sind mehrere Anoden 18 und mehrere Kathodenblöcke 20 derart übereinander angeordnet, dass jede Anode 18 in der Breite zwei nebeneinander angeordnete Kathodenblöcke 20 abdeckt und in der Länge die Hälfte eines Kathodenblocks 20 abdeckt, wobei jeweils zwei nebeneinander angeordnete Anoden 18 die Länge eines Kathodenblocks 20 überdecken.
- 40 **[0043]** Die Fig. 2 zeigt den in der Fig. 1 dargestellten Kathodenblock 20 im Längsschnitt. Wie aus der Fig. 2 ersichtlich, läuft die in ihrem Längsschnitt betrachtete Nut 26 zur Mitte des Kathodenblocks 20 hin in der Form eines Dreiecks zu, wodurch eine im Wesentlichen gleichmäßige elektrische vertikale Stromdichte über die gesamte Kathodenlänge hinweg gewährleistet wird. Die Vertiefung 36 verläuft dabei wie in der Fig. 2 durch die entsprechend gekennzeichnete Linie angedeutet parallel zu der horizontalen Richtung, d.h. parallel zu der Oberfläche der der Nut 26 gegenüberliegenden Seite des Kathodenblocks 20. Die in der Fig. 2 der besseren Übersichtlichkeit 45 halber nicht dargestellte Stromschiene 28 ist in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel barrenförmig ausgebildet und weist einen rechtwinkligen Längsschnitt auf, so dass zwischen der Stromschiene und dem Nutboden 34

ein zur Mitte der Nut 26 hin größer werdender Zwischenraum besteht, der entweder durch Gusseisen 38 oder durch zusätzliche mit der Stromschiene 28 verbundene Metallplatten ausgefüllt sein kann.

**[0044]** Die in den Fig. 3 und 4 im Längsschnitt und Querschnitt gezeigte Kathodenanordnung und Kathodenblock gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung unterscheidet sich von der in den Fig. 1 und 2 gezeigten dadurch, dass in dem Kathodenblock 20 nur eine Nut 26 vorgesehen ist, welche zwei Vertiefungen 36,36' aufweist.

**[0045]** Ferner zeigen die Fig. 5a bis d beispielhafte Vertiefungen 36, die in einer Nut 26 eines erfindungsähnlichen Kathodenblocks 20 vorgesehen sind, im Querschnitt. Dabei weisen die Vertiefungen 36 jeweils einen im Wesentlichen halbkreisförmigen Querschnitt (Fig. 5a), einen im Wesentlichen trapezförmigen Querschnitt (Fig. 5b) oder einen im Wesentlichen dreieckigen Querschnitt (Fig. 5c) auf. Der Winkel  $\alpha$  der Übergangsbereiche 37 zwischen der Wand der Vertiefung 36 und dem angrenzenden Abschnitt der Nutwand 32, von der Innenseite des Kathodenblocks 20 aus gesehen, beträgt dabei in Fig. 5a etwa 90 Grad, in der Fig. 5b etwa 120 Grad und in der Fig. 5c etwa 125 Grad. Die Fig. 5d zeigt eine Ausgestaltung, bei der mehrere wie in der Fig. 5c gezeigte Vertiefungen 36 mit dreieckigem Querschnitt in Tiefenrichtung der Nut 26 aufeinander folgend angeordnet sind, um eine besonders zuverlässige Halterung einer eingesetzten Stromschiene 28 zu bewirken. Die Übergangsbereiche 48 zwischen zwei aneinander angrenzenden Vertiefungen 36 weisen dabei zwischen den Wänden von zwei aneinander angrenzenden Vertiefungen 36, von der Innenseite des Kathodenblocks 20 aus gesehen, einen Winkel  $\beta$  von etwa 70 Grad auf. Die in den Fig. 5a bis d gezeigten Vertiefungen 36 erstrecken sich jeweils senkrecht in die die Nut 26 begrenzende Seitenwand 32 des Kathodenblocks 20, so dass sie mit in den Vertiefungen 36 aufgenommenem Gusseisen eine Fixierung bilden, die in Tiefenrichtung der Nut 26 wirksam ist und eine ungewollte Bewegung der Stromschiene 28 parallel zu der Tiefenrichtung der Nut 26 nach dem Vergießen der Stromschiene 28 mit Gusseisen 38 verhindert, aber eine horizontale Bewegung der mit Gusseisen ummantelten Stromschiene - beispielsweise infolge einer Ausdehnung der mit Gusseisen ummantelten Stromschiene infolge einer großen Temperaturänderung - zu lässt.

### Bezugszeichenliste

**[0046]**

- |    |                                  |
|----|----------------------------------|
| 10 | Aluminium-Elektrolysezelle       |
| 12 | Kathodenanordnung                |
| 14 | Aluminiumschmelze                |
| 16 | Kryolith-Aluminiumoxid -Schmelze |
| 18 | Anode                            |
| 20 | Kathodenblock                    |

22	Stampfmasse
24	Stampfmasse
26	Nut
28	Stromschiene
5 32	Seitenwand
34	Bodenwand
36, 36'	Vertiefung
37	Übergangsbereich zwischen der Wand der Vertiefung und dem angrenzenden Abschnitt der Nutwand
10 38	Gusseisen
39	Umhüllung
40	Pfeil
42	gestrichelte Linie
15 44	Breite der Nut 26
46	Breite des Kathodenblocks 20
48	Übergangsbereich zwischen zwei aneinander angrenzenden Vertiefungen
$\alpha$	Winkel zwischen der Wand der Vertiefung und dem angrenzenden Abschnitt der Nutwand
20 $\beta$	Winkel zwischen den Wänden von zwei aneinander angrenzenden Vertiefungen

### **25 Patentansprüche**

1. Kathodenblock (20) für eine Aluminium-Elektrolysezelle auf Basis von Kohlenstoff und/oder Graphit, wobei der Kathodenblock (20) wenigstens eine sich in der Längsrichtung des Kathodenblocks (20) erstreckende Nut (26) zur Aufnahme wenigstens einer Stromschiene (28) aufweist, wobei wenigstens eine der wenigstens einen Nut (26) eine, über die Länge des Kathodenblocks (20) gesehen, variierende Tiefe aufweist, wobei die wenigstens eine Nut (26) mit variierender Tiefe eine begrenzende Wand (32, 34) des Kathodenblocks (20) umfasst, wobei in wenigstens einer Seitenwand (32) wenigstens eine Vertiefung (36, 36') aufweisend einen halbkreisförmigen, dreieckigen, rechteckigen oder trapezförmigen Querschnitt vorgesehen ist, welche sich in der Längsrichtung des Kathodenblocks (20) horizontal erstreckt, wobei horizontal bedeutet, dass die wenigstens eine Vertiefung (36, 36') an jeder ihrer Stellen einen Winkel von weniger als 5° zu der Ebene des Kathodenblocks (20) aufweist, welche sich in Richtung der Längsachse des Kathodenblocks (20) zumindest annähernd über die gesamte Länge der wenigstens einen Nut erstreckt und parallel zu der Oberfläche der der Nut gegenüberliegenden Seite des Kathodenblocks (20) verläuft.
2. Kathodenblock (20) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eine der wenigstens einen Nut (26) mit variierender Tiefe an ihren längsseitigen Enden eine geringere Tiefe aufweist als in ihrer Mitte.

3. Kathodenblock (20) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass**  
die die wenigstens eine Nut (26) mit variierender Tiefe begrenzende Wand (32, 34) eine Bodenwand (34) und zwei Seitenwände (32) umfasst, wobei jede Seitenwand (32) jeweils wenigstens eine Vertiefung (36, 36') aufweist, welche sich in der Längsrichtung des Kathodenblocks (20) horizontal erstreckt. 5
4. Kathodenblock (20) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass**  
wenigstens eine der wenigstens einen Vertiefung (36, 36') eine Tiefe von 0,5 mm bis 40 mm aufweist. 10
5. Kathodenblock (20) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass**  
wenigstens eine der wenigstens einen Vertiefung (36, 36') eine auf die Höhe des Kathodenblocks (20) bezogene Öffnungsbreite von 2 mm bis 40 mm aufweist. 15
6. Kathodenanordnung (12), welche wenigstens einen Kathodenblock (20) nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 5 enthält, wobei in wenigstens einer der wenigstens einen Nut (26) mit variierender Tiefe des wenigstens einen Kathodenblocks (20) wenigstens eine Stromschiene (28) vorgesehen ist, welche zumindest bereichsweise eine Umhüllung (39) aus Gusseisen (38) oder Stampfmasse aufweist, welche zumindest abschnittsweise in die wenigstens eine Vertiefung (36, 36') eingreift. 20
7. Verwendung eines Kathodenblocks (20) nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 5 oder einer Kathodenanordnung (12) nach Anspruch 6 zur Durchführung einer Schmelzflusselektrolyse zur Herstellung von Metall, bevorzugt zur Herstellung von Aluminium. 25

## Claims

1. Cathode block (20) for an aluminium electrolytic cell based on carbon and/or graphite, wherein the cathode block (20) has at least one slot (26) extending in the longitudinal direction of the cathode block (20) for accommodating at least one busbar (28), wherein at least one of the at least one slot (26) has a varying depth when viewed along the length of the cathode block (20), wherein the at least one slot (26) of varying depth comprises a delimiting wall (32, 34) of the cathode block (20), wherein at least one recess (36, 36') having a semicircular, triangular, rectangular or trapezoidal cross section is provided in at least one side wall (32) and extends horizontally in the longitudinal direction of the cathode block (20), wherein horizontally means that the at least one recess (36, 36') has, at each of its points, an angle of less than 5

5° with respect to the plane of the cathode block (20) which extends in the direction of the longitudinal axis of the cathode block (20) at least approximately along the entire length of the at least one slot and is parallel to the surface of the side of the cathode block (20) opposite the slot. 5

2. Cathode block (20) according to claim 1, **characterised in that** at least one of the at least one slot (26) of varying depth has a shallower depth at its longitudinal ends than in its centre. 10
3. Cathode block (20) according to either claim 1 or claim 2, **characterised in that** the wall (32, 34) delimiting the at least one slot (26) of varying depth comprises a bottom wall (34) and two side walls (32), each side wall (32) having at least one recess (36, 36') which extends horizontally in the longitudinal direction of the cathode block (20). 15
4. Cathode block (20) according to claim 3, **characterised in that** at least one of the at least one recess (36, 36') has a depth of from 0.5 mm to 40 mm. 20
5. Cathode block (20) according to claim 4, **characterised in that** at least one of the at least one recess (36, 36') has an opening width of from 2 mm to 40 mm based on the height of the cathode block (20). 25
6. Cathode assembly (12) which contains at least one cathode block (20) according to at least one of claims 1 to 5, wherein at least one busbar (28) is provided in at least one of the at least one slot (26) of varying depth in the at least one cathode block (20), which busbar has, at least in regions, a coating (39) of cast iron (38) or ramming mix which engages, at least in portions, in the at least one recess (36, 36'). 30
7. Use of a cathode block (20) according to at least one of claims 1 to 5 or of a cathode assembly (12) according to claim 6 for carrying out fused-salt electrolysis to produce metal, preferably to produce aluminium. 35

## Revendications

1. Bloc cathodique (20) pour une cellule d'électrolyse d'aluminium à base de carbone et/ou de graphite, dans lequel le bloc cathodique (20) présente au moins une rainure (26) s'étendant dans la direction longitudinale du bloc cathodique (20) destinée à recevoir au moins une barre conductrice (28), dans lequel au moins une de l'au moins une rainure (26) présente une profondeur variable sur la longueur du dit bloc cathodique (20), dans lequel ladite au moins une rainure (26) de profondeur variable comprend une paroi d'extrémité (32, 34) du bloc cathodique 40
- 50
- 55
- 55

(20), dans lequel au moins un évidement (36, 36') est prévu dans au moins une paroi latérale (32) ayant une section transversale semi-circulaire, triangulaire, rectangulaire ou trapézoïdale qui s'étend horizontalement dans la direction longitudinale du bloc cathodique (20), horizontal renvoyant au fait que l'au moins un évidement (36, 36') présente, à tout point, un angle inférieur à 5 par rapport au niveau du bloc cathodique (20), lequel angle s'étend dans la direction de l'axe longitudinal du bloc cathodique (20) au moins approximativement sur toute la longueur de l'au moins une rainure et est parallèle à la surface de la face du bloc cathodique (20) opposée à la rainure.

5

10

15

2. Bloc cathodique (20) selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**au moins une desdites au moins une rainure (26) de profondeur variable a une profondeur plus petite à ses extrémités longitudinales par rapport à son centre, 20
3. Bloc cathodique (20) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'au moins une rainure (26) ayant une paroi d'extrémité (32, 34) de profondeur variable comprend une paroi inférieure (34) et deux parois latérales (32), chaque paroi latérale (32) comportant au moins un évidement (36, 36'), qui s'étend horizontalement dans la direction longitudinale du bloc cathodique (20). 25
4. Bloc cathodique (20) selon la revendication 3, **caractérisé en ce qu'**au moins un desdits au moins un évidement (36, 36') a une profondeur comprise entre 0,5 mm et 40 mm. 30
5. Bloc cathodique (20) selon la revendication 4, **caractérisé en ce qu'**au moins un desdits au moins un évidement (36, 36') a une largeur d'ouverture comprise entre 2 et 40 mm par rapport à la hauteur du bloc cathodique (20). 35
6. Agencement de cathode (12) qui contient au moins un bloc cathodique (20) selon au moins l'une des revendications 1 à 5, dans lequel au moins une barre conductrice est prévue dans au moins une de l'au moins une rainure (26) ayant une profondeur variable de l'au moins un bloc cathodique (20), laquelle barre conductrice (28) présente au moins par endroits des zones une enveloppe (39) en fonte (38) ou en pisé qui s'engage au moins partiellement dans ledit au moins un évidement (36, 36'). 45
7. Utilisation d'un bloc cathodique (20) selon au moins l'une des revendications 1 à 5 ou d'un agencement de cathode (12) selon la revendication 6 pour réaliser une électrolyse ignée pour la production de métal, de préférence pour la production d'aluminium. 50

40

50

55

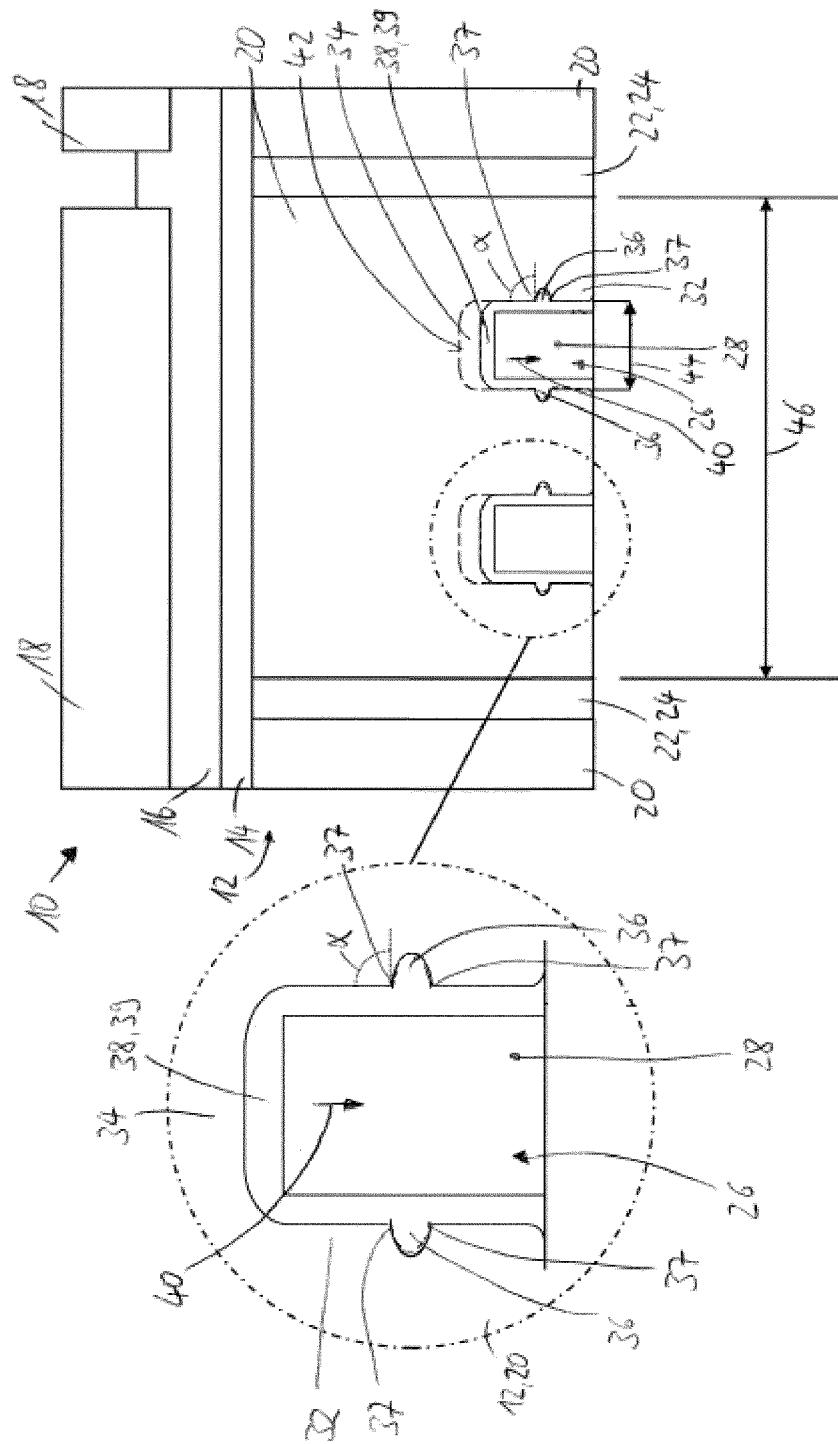
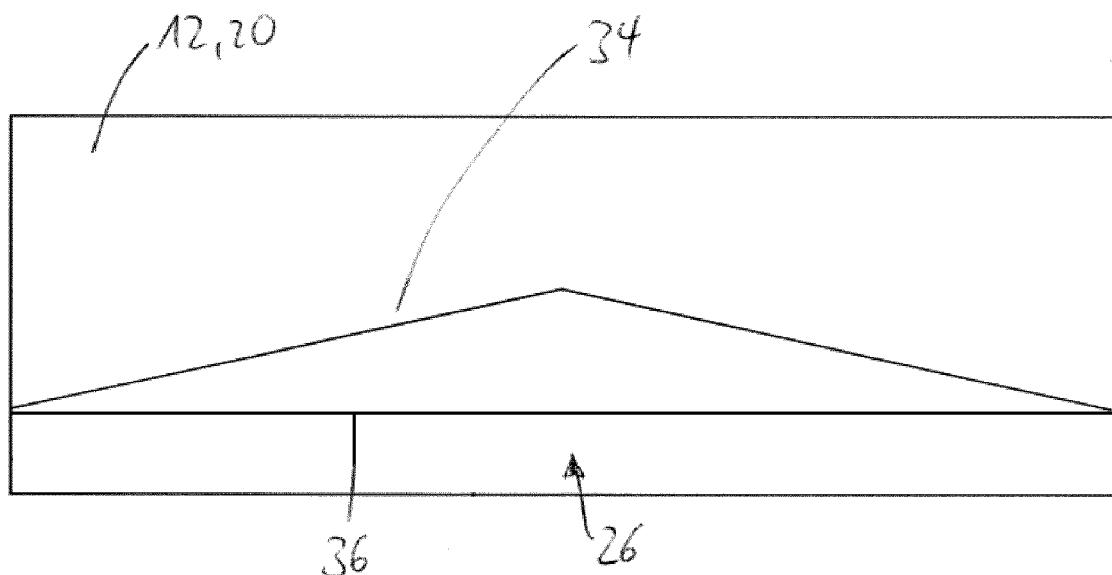
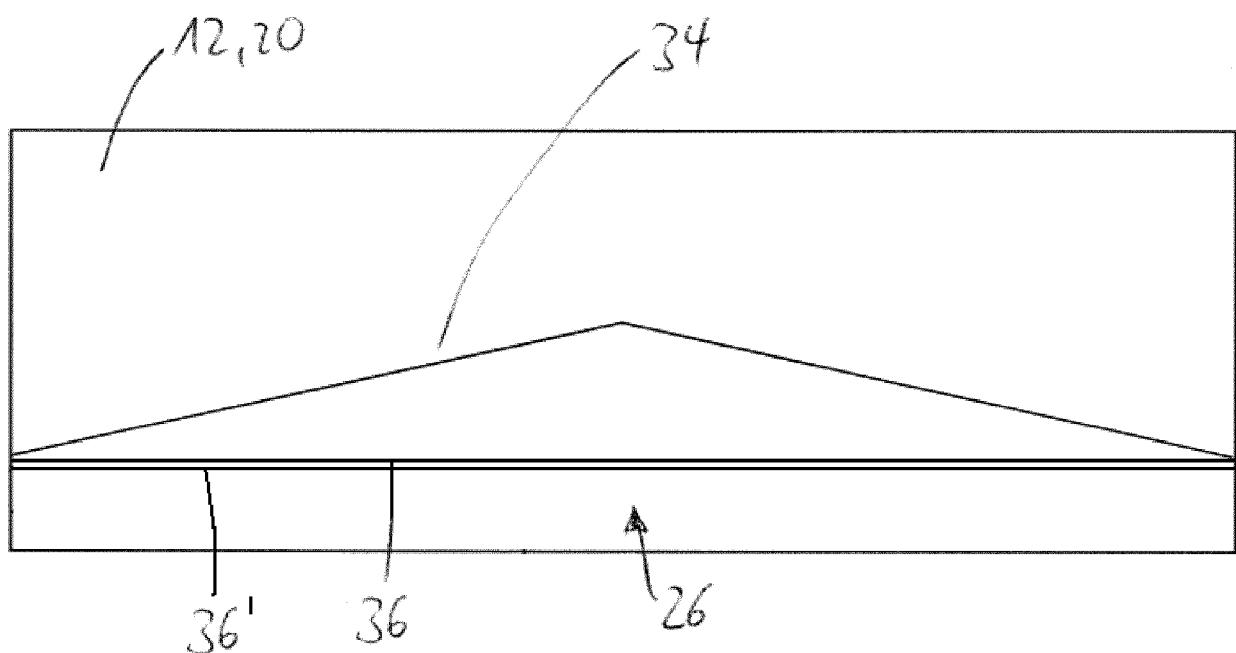


Fig. 1



**Fig. 2**



**Fig. 4**

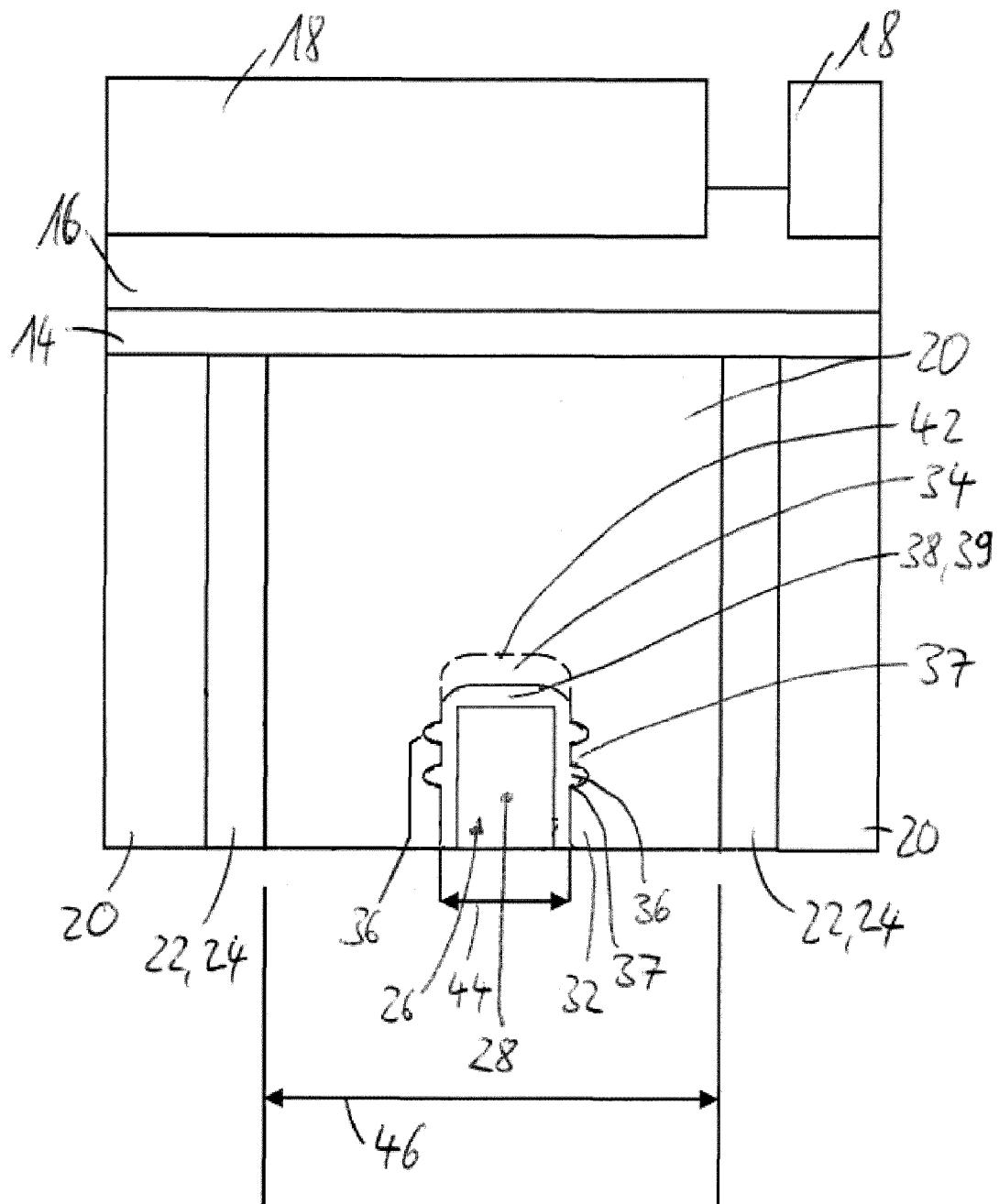
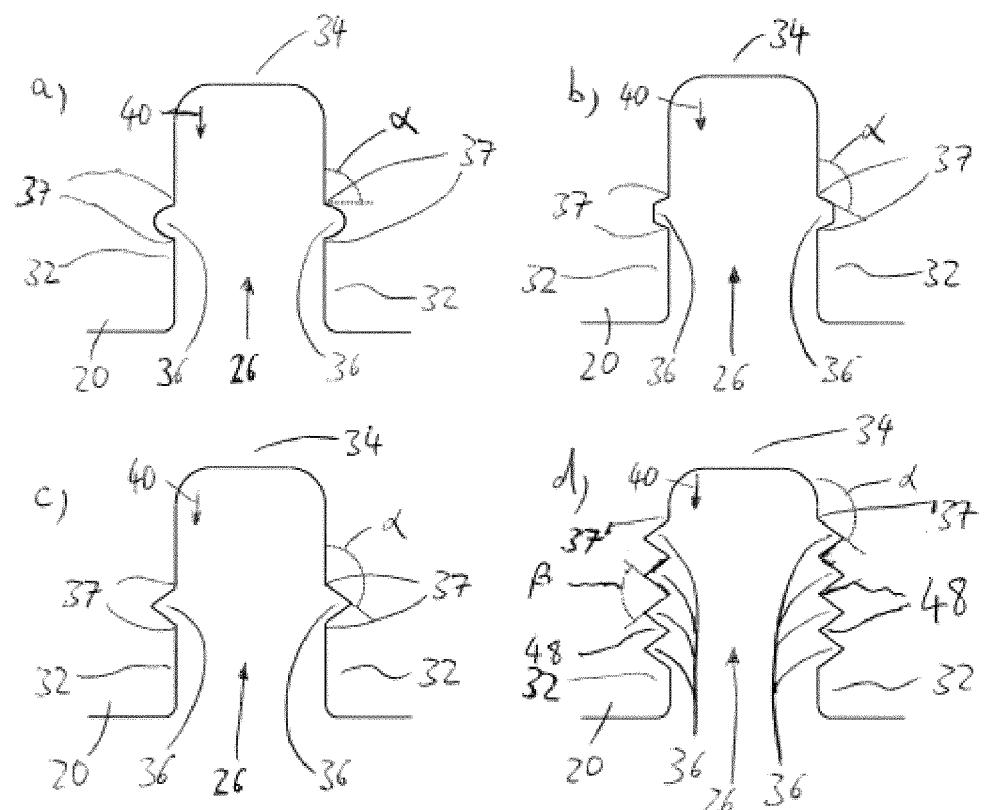


Fig. 3



**Fig. 5**

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- WO 2007118510 A2 [0004]
- DE 2405461 [0004]
- EP 0052577 A [0004]
- WO 2012107412 A2 [0005] [0011]