

(19)



(11)

EP 3 546 620 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
02.10.2019 Patentblatt 2019/40

(51) Int Cl.:
C25C 3/08 (2006.01) C25C 3/16 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19166841.7**

(22) Anmeldetag: **25.04.2014**

(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**

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en)
nach Art. 76 EPÜ:
14721300.3 / 2 989 235

(71) Anmelder: **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)**

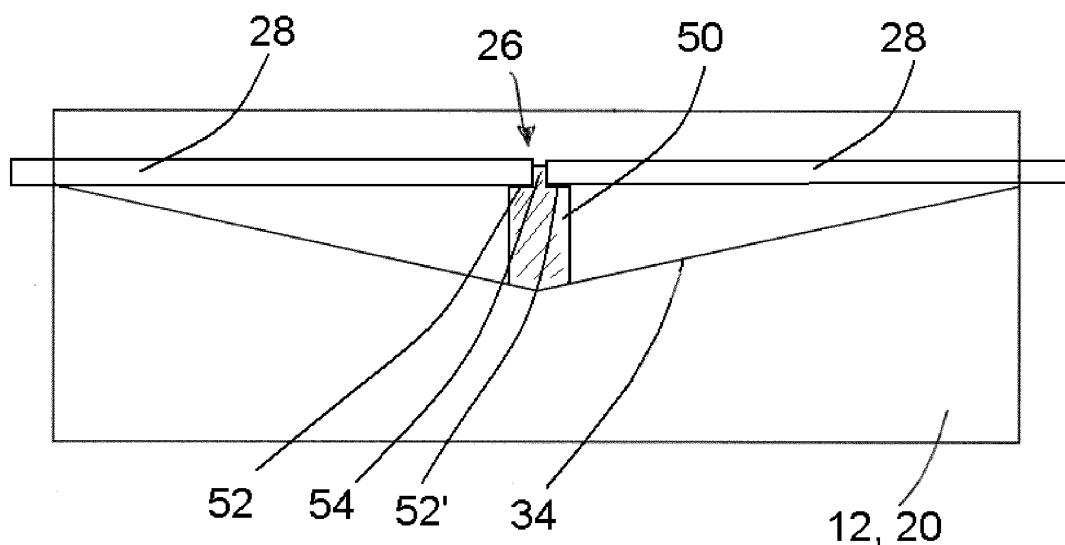
Bemerkungen:

Diese Anmeldung ist am 02.04.2019 als
Teilanmeldung zu der unter INID-Code 62 erwähnten
Anmeldung eingereicht worden.

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

(57) Ein Kathodenblock für eine Aluminium-Elektrolysezelle auf Basis von Kohlenstoff und/oder Graphit weist wenigstens eine sich in der Längsrichtung des Kathodenblocks erstreckende Nut zur Aufnahme wenigstens einer Stromschiene auf, wobei wenigstens eine der

wenigstens einen Nut eine, über die Länge des Kathodenblocks gesehen, variierende Tiefe aufweist, wobei diese Nut von einer Wand begrenzt ist, wobei an der Wand wenigstens ein sich in die Nut hinein erstreckender Vorsprung vorgesehen ist.

**Fig. 7****EP 3 546 620 A1**

Beschreibung

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

[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 aneinander angrenzenden, 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 Alu-

miniumionen 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 Schrumpf 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.

[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 an-

dererseits Scherspannungen auftreten, welche zu einer die Funktion des Kathodenblocks beeinträchtigenden Beschädigung des Kathodenblocks in Form von beispielsweise Rissbildung in dem Kathodenblock oder gar einem Zerschlagen 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 diese Nut von einer Wand begrenzt ist, wobei an der Wand wenigstens ein sich in die Nut hinein erstreckender Vorsprung vorgesehen ist.

[0009] Erfindungsgemäß wurde erkannt, dass durch das Vorsehen wenigstens eines sich in die Nut hinein erstreckenden Vorsprungs, welcher als Auflagefläche für Enden von Stromschienen oder deren Gusseisenumhüllung dient, insbesondere auch bei Ausgestalten der Nut mit variierender Tiefe in dem Kathodenblock ein Kathodenblock geschaffen wird, bei dem die in der Nut eingesetzte Stromschiene und - insbesondere auch in dem Fall von zwei aneinander angrenzend in die Nut eingebrachter Stromschienen mit jeweils einer bezogen auf die Länge des Kathodenblocks halben Länge - die Stromschiene(n) - je nach Ausgestaltung des Vorsprungs - in vertikaler und/oder horizontaler Richtung fixiert werden,

so dass eine unkontrollierte Bewegung bzw. Verschiebung der Stromschienen bei dem bei der Herstellung einer Kathodenanordnung mit einem Kathodenblock und in dessen Nut eingesetzter mit Gusseisen umhüllter Stromschiene(n) durchgeführten Eingießen von flüssigem Gusseisen in den Zwischenraum zwischen der Nut und der Stromschiene(n) und insbesondere auch während dem nachfolgenden Abkühlen und Erstarren des Gusseisens trotz der üblicherweise höheren Wärmeausdehnung von Gusseisen und dem Material der Stromschiene(n) im Vergleich zu der Wärmeausdehnung des Kathodenblockmaterials, wobei diese Bewegung bzw. Verschiebung zu einem schlechten bzw. ungleichmäßigen elektrischen Kontakt zwischen Stromschiene, Gusseisen und Kathodenblock führen kann, zuverlässig vermieden wird. Bei dem wenigstens einen sich in die Nut hinein erstreckenden Vorsprung handelt es sich mithin um eine Auflagenase bzw. einen Auflagezapfen, auf welchem ein Endstück einer Stromschiene oder zwei Endstücke zweier Stromschienen aufliegen. Aufgrund dessen weist die hergestellte Kathodenanordnung aus Kathodenblock mit eingesetzter bzw. eingesetzten und mit Gusseisen umhüllten Stromschiene(n) einen niedrigen spezifischen elektrischen Widerstand sowie niedrigen Übergangswiderstand zwischen der mit Gusseisen ummantelten Stromschiene(n) und dem Kathodenblock und insbesondere auch einen dauerhaft niedrigen spezifischen elektrischen Widerstand sowie niedrigen Übergangswiderstand zwischen der mit Gusseisen ummantelten Stromschiene(n) und dem Kathodenblock auch bei großen Temperaturänderungen auf. Mithin eignet sich der erfindungsgemäße Kathodenblock insbesondere zur Aufnahme von zwei aneinander angrenzend in die Nut eingebrachter Stromschienen mit jeweils einer bezogen auf die Länge des Kathodenblocks halben Länge, wobei in diesem Fall der Vorsprung vorzugsweise in der Mitte des Kathodenblocks vorgesehen ist, so dass jeweils ein Ende beider Stromschienen auf der durch den Vorsprung ausgebildeten Auflagefläche aufliegen kann. Ferner eignet sich der erfindungsgemäße Kathodenblock insbesondere auch für im Querschnitt rechteckig ausgestaltete Stromschienen. Insbesondere in dem Fall, dass in der Nutwand des Kathodenblocks zusätzlich eine sich in der Längsrichtung des Kathodenblocks horizontal erstreckende Vertiefung vorgesehen ist, wird in der die Nut des Kathodenblocks begrenzenden Wand auch bei großen Temperaturänderungen eine mechanische Beschädigung des Kathodenblocks mit in die Nut eingesetzter und mit Gusseisen ummantelter Stromschiene, wie beispielsweise eine Rissbildung des Kathodenblocks, zuverlässig vermieden. Dabei 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 vergleichmäßig werden. Insgesamt wird somit auch bei großen bzw. starken 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.

[0010] Um bei dem Elektrolysebetrieb eine besonders 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 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 die durch den wenigstens einen Vorsprung fixierte(n) 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 der Kathodenblocknut(en) angepresst wird bzw. werden, wodurch der Übergangswiderstand zwischen der mit Gusseisen ummantelten Stromschiene(n) und dem Kathodenblock verringert wird.

[0011] 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.

[0012] 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 an der Bodenwand wenigstens ein sich in die Nut hinein erstreckender Vorsprung vorgesehen ist, der sich vorzugsweise vertikal in die wenigstens eine Nut hinein erstreckt. Auf diese Weise kann eine besonders gute Fixierung der Stromschiene in der Nut erreicht werden, und zwar 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.

[0013] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist der wenigstens eine Vorsprung bei der vorstehend beschriebenen Ausführungsform auf seiner der Bodenwand gegenüberliegenden Seite wenigstens eine Auflagefläche für wenigstens eine Stromschiene auf, welche zumindest abschnittsweise zumindest im Wesentlichen parallel, bevorzugt parallel, zu der Oberfläche der der Nut gegenüberliegenden Seite des Kathodenblocks, d.h. senkrecht zu dem unteren Ende der Seitenwände der die Nut des Kathodenblocks begrenzenden Wand, verläuft. Eine solche Auflagefläche eignet sich besonders gut zur Auflage einer Stromschiene oder zur Auflage von zwei Stromschienen.

[0014] Gute Ergebnisse werden diesbezüglich insbesondere erhalten, wenn wenigstens eine der wenigstens einen Auflagefläche des wenigstens einen Vorsprungs planar, vorzugsweise zumindest im Wesentlichen rechteckig und parallel, besonders bevorzugt rechteckig und parallel, zu der Oberfläche der der Nut gegenüberliegenden Seite des Kathodenblocks verlaufend ausgestaltet ist.

[0015] Um eine genügend große Auflagefläche insbesondere auch für zwei aneinander angrenzende Endstücke zweier Stromschienen zu erreichen, wird es in Weiterbildung des Erfindungsgedankens vorgeschlagen, dass die der Bodenwand gegenüberliegende Seite des wenigstens einen Vorsprungs durch eine Auflagefläche begrenzt wird, welche vollständig planar, vorzugsweise zumindest im Wesentlichen rechteckig und parallel, besonders bevorzugt rechteckig und parallel, zu der Oberfläche der der Nut gegenüberliegenden Seite des Kathodenblocks verlaufend ausgestaltet ist. Bei dieser Ausführungsform ist mithin die gesamte der Bodenwand des Kathodenblocks gegenüberliegende Fläche des Vorsprungs als Auflagefläche für ein oder zwei Endstücke einer oder zweier Stromschiene(n) ausgebildet.

[0016] Die vorstehende Ausführungsform kann beispielsweise realisiert werden, indem der wenigstens eine

Vorsprung, in der Längserstreckung des Kathodenblocks geschnitten gesehen, über seine gesamte Höhe zumindest im Wesentlichen rechteckig oder trapezförmig, bevorzugt rechteckig oder trapezförmig, ausgestaltet ist, wobei die der Bodenwand gegenüberliegende Seite des wenigstens einen Vorsprungs durch eine Auflagefläche begrenzt wird, welche planar, zumindest im Wesentlichen rechteckig und parallel, bevorzugt rechteckig und parallel, zu der Oberfläche der der Nut gegenüberliegenden Seite des Kathodenblocks verlaufend ausgestaltet ist.

[0017] Vorzugsweise beträgt die, in der Längserstreckung des Kathodenblocks verlaufende, Ausdehnung der rechteckigen Auflagefläche 20 bis 600 mm, besonders bevorzugt 50 bis 400 mm, ganz besonders bevorzugt 100 bis 300 mm und höchst bevorzugt 150 bis 250 mm, wie etwa 200 mm, wohingegen die, in der Breitenrichtung des Kathodenblocks verlaufende, Ausdehnung der rechteckigen Auflagefläche vorzugsweise wenigstens 50 %, weiter bevorzugt wenigstens 80 %, besonders bevorzugt wenigstens 90 % und ganz besonders bevorzugt 100 % der Breite der Nut beträgt, gemessen in der Ebene der rechteckigen Auflagefläche.

[0018] Gemäß einer zu der vorstehenden Ausführungsform alternativen und besonders bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die der Bodenwand gegenüberliegende Seite des wenigstens einen Vorsprungs durch eine Fläche begrenzt wird, welche zwei, in der Längsrichtung des Kathodenblocks gesehen, äußere Abschnitte und einen dazwischen angeordneten mittleren Abschnitt umfasst, wobei die beiden äußeren Abschnitte jeweils eine Auflagefläche für eine Stromschiene ausbilden und jeweils planar, vorzugsweise zumindest im Wesentlichen rechteckig und parallel, besonders bevorzugt rechteckig und parallel, zu der Oberfläche der der Nut gegenüberliegenden Seite des Kathodenblocks verlaufend ausgestaltet sind und sich, bezogen auf die Tiefe der Nut, auf derselben Höhe befinden, wohingegen der mittlere Abschnitt gegenüber den beiden äußeren Abschnitten, von der Bodenwand aus gesehen, in die Nut hinein erhaben ausgebildet ist. Diese Ausführungsform ist insbesondere für Kathodenblöcke bevorzugt, welche zur Aufnahme von zwei jeweils, bezogen auf die Länge des Kathodenblocks, Stromschienen, näherungsweise mit halber Länge, ausgelegt sind. Dies deshalb, weil durch die in dem mittleren Abschnitt des Vorsprungs vorgesehene Erhebung die beiden angrenzenden und die Auflagefläche für jeweils ein Endstück einer Stromschiene ausbildenden äußeren Abschnitte des Vorsprungs durch eine sich in der Tiefenrichtung der Nut erstreckende Trennwand voneinander getrennt werden, so dass die Endstücke der beiden Stromschienen an jeweils gegenüberliegenden Seiten der Trennwand anliegen, wodurch die beiden Stromschienen nicht nur in der vertikalen Richtung fixiert werden, sondern auch an diesen beiden Endstücken in horizontaler Richtung. Dadurch wird erreicht, dass sich die beiden Stromschienen im Fall einer Ausdehnung infolge

einer Temperaturerhöhung in definierter Richtung, nämlich in der Richtung des Kathodenblockendes, ausdehnen. Dadurch werden die beiden ggf. mit Gusseisen umhüllten Stromschienen während und nach der bei der Inbetriebnahme der Elektrolysezelle auftretenden Erhöhung der Temperatur in der horizontalen Richtung infolge der Ausdehnung in der Richtung des Kathodenblockendes an die die Nut an dieser Stelle begrenzende Bodenwand des Kathodenblocks angepresst, wodurch der Übergangswiderstand zwischen der mit Gusseisen ummantelten Stromschiene und dem Kathodenblock verringert wird.

[0019] Um die vorstehend beschriebenen Vorteile in besonders hohem Ausmaß zu erreichen, ist es bevorzugt, dass der mittlere Abschnitt des Vorsprungs, in der Längsrichtung des Kathodenblocks geschnitten gesehen, rechteckig - also in der Form einer rechteckigen Nase - ausgestaltet ist, so dass zwischen den beiden äußeren Abschnitten und dem mittleren Abschnitt jeweils eine Stufe ausgebildet ist. Diese Stufe kann an dem Übergangsbereich von der Auflagefläche zu der Erhebung rechtwinklig oder auch abgerundet sein.

[0020] Gute Ergebnisse werden insbesondere erhalten, wenn die Höhe der Stufen 10 bis 100 mm, bevorzugt 40 bis 80 mm und besonders bevorzugt 50 bis 70 mm, beträgt, wohingegen die, in der Breitenerstreckung des Kathodenblocks verlaufende, Ausdehnung der Stufen vorzugsweise wenigstens 50 %, weiter bevorzugt wenigstens 80 %, besonders bevorzugt wenigstens 90 % und ganz besonders bevorzugt 100 % der Breite der Nut beträgt.

[0021] Die vorstehende Ausführungsform kann beispielsweise realisiert werden, indem der wenigstens eine Vorsprung, in der Längserstreckung des Kathodenblocks geschnitten gesehen, über 20% bis 80 % und bevorzugt über 30 bis 50 % seiner Höhe zumindest im Wesentlichen rechteckig oder trapezförmig, vorzugsweise rechteckig oder trapezförmig, ausgestaltet ist, wobei auf der der Bodenwand gegenüberliegende Seite dieses Abschnitts des Vorsprungs eine in der Längserstreckung des Kathodenblocks gesehen mittig angeordnete Erhebung bzw. Nase vorgesehen ist, welche sich über die restliche Höhe des Vorsprungs erstreckt.

[0022] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es vorgesehen, dass der wenigstens eine Vorsprung, bezogen auf die Längserstreckung des Kathodenblocks, an der Stelle angeordnet ist, an welcher die Nut die höchste Tiefe aufweist, wobei hier der Vorsprung selbst außer Acht gelassen wird. Wenn, was wie vorstehend dargelegt besonders bevorzugt ist, die Nut mit variierender Tiefe an ihren längsseitigen Enden eine geringere Tiefe aufweist als in ihrer Mitte und insbesondere die Tiefe der Nut, in der Längsrichtung des Kathodenblocks gesehen, von einem längsseitigen Ende bis zu der Mitte des Kathodenblocks zumindest im Wesentlichen kontinuierlich zunimmt und diese von der Mitte zu dem anderen längsseitigen Ende des Kathodenblocks zumindest im Wesentlichen mono-

ton abnimmt, ist der wenigstens eine Vorsprung daher vorzugsweise, bezogen auf die Längserstreckung des Kathodenblocks, mittig angeordnet.

[0023] Ferner hat es sich als vorteilhaft erwiesen, dass sich der wenigstens eine Vorsprung über wenigstens 50 %, bevorzugt über wenigstens 80 %, besonders bevorzugt über wenigstens 90 % und ganz besonders bevorzugt über die gesamte Breite der Nut erstreckt. Dadurch wird zum einen eine ausreichende mechanische Stabilität des Vorsprungs erreicht und zum anderen erreicht, dass die Stromschiene(n) mit ihrem bzw. ihren Endstück(en) über zumindest einen Großteil oder deren gesamte Breite auf der durch den Vorsprung ausgebildeten Auflagefläche(n) aufliegen.

[0024] Grundsätzlich kann der wenigstens eine Vorsprung aus jedem beliebigen Material zusammengesetzt sein, wie beispielsweise aus Metall. Allerdings ist es bevorzugt, dass der wenigstens eine Vorsprung aus einem Material zusammengesetzt ist, welches den gleichen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist wie das Material des übrigen Kathodenblocks. Besonders bevorzugt besteht der wenigstens eine Vorsprung aus dem gleichen Material wie der restliche Teil des Kathodenblocks.

[0025] Erfindungsgemäß ist der Kathodenblock auf Basis von Kohlenstoff und/oder Graphit zusammengesetzt. Gute Ergebnisse im Hinblick auf eine ausreichend hohe elektrische Leitfähigkeit und eine ausreichend hohe Verschleißbeständigkeit werden dabei insbesondere erhalten, wenn der wenigstens eine Vorsprung und der restliche Teil des Kathodenblocks aus amorphen, graphitischen und/oder graphitierten Kohlenstoff zusammengesetzt sind.

[0026] In Weiterbildung des Erfindungsgedankens wird es vorgeschlagen, dass der wenigstens eine Vorsprung und der Rest des Kathodenblocks monolithisch, d.h. einstückig, sind. Dadurch wird eine besonders hohe mechanische Stabilität der Verbindung des Vorsprungs zu dem restlichen Teil des Kathodenblocks erreicht.

[0027] Alternativ dazu kann der wenigstens eine Vorsprung an der Bodenwand des Kathodenblocks auch mit einem Verbindungsmittel verbunden sein. Dies kann beispielsweise erreicht werden, indem der wenigstens eine Vorsprung über ein Klebemittel wie beispielsweise Kunstharz, Kitt, Teer oder ähnliche Stoffe oder eine beliebige Mischung der vorstehenden Stoffe, an den restlichen Teil des Kathodenblocks angeklebt wird oder mit einem Befestigungsmittel mechanisch mit dem restlichen Teil des Kathodenblocks verbunden wird.

[0028] Zudem betrifft die vorliegende Erfindung eine Kathodenanordnung, welche wenigstens einen zuvor beschriebenen Kathodenblock enthält, wobei in wenigstens einer der wenigstens einen Nut mit variierender Tiefe des wenigstens einen Kathodenblocks wenigstens eine Stromschiene vorgesehen ist, welche vorzugsweise zumindest bereichsweise eine Umhüllung aus Gusseisen aufweist, wobei die ggf. mit Gusseisen umhüllte Stromschiene zumindest auf einem Abschnitt des wenigstens einen Vorsprungs aufliegt.

[0029] Vorzugsweise umfasst die Kathodenanordnung wenigstens einen Kathodenblock, wobei in wenigstens einer der wenigstens einen Nut mit variierender Tiefe des wenigstens einen Kathodenblocks zwei vorzugsweise zumindest bereichsweise eine Umhüllung aus Gusseisen aufweisende Stromschienen vorgesehen sind, welche jeweils mit einem ihrer Endstücke zumindest auf einem Abschnitt des wenigstens einen Vorsprungs aufliegen.

[0030] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die wenigstens eine Stromschiene zumindest abschnittsweise und besonders bevorzugt vollständig mit Gusseisen umhüllt.

[0031] Ferner betrifft die vorliegende Erfindung die Verwendung eines zuvor beschriebenen Kathodenblocks oder einer zuvor beschriebenen Kathodenanordnung zur Durchführung einer Schmelzflusselektrolyse zur Herstellung von Metall, und zwar bevorzugt zur Herstellung von Aluminium.

[0032] Nachfolgend wird die vorliegende Erfindung rein beispielhaft anhand vorteilhafter Ausführungsformen und unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben.

[0033] Dabei zeigen:

Fig. 1 einen Querschnitt eines Ausschnitts einer Aluminium-Elektrolysezelle mit einer Kathodenanordnung gemäß eines ersten nicht erfindungsgemäßen 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 nicht erfindungsgemäßen 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 nicht erfindungsgemäßen Kathodenblocks vorgesehen sind,

Fig. 6 einen Längsschnitt eines Kathodenblocks gemäß eines ersten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung und

Fig. 2 einen Längsschnitt eines Kathodenblocks gemäß eines zweiten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung.

[0034] 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-Aluminiumoxid-Schmelze 16 bildet. Mit der Kryolith-Aluminiumoxid-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.

[0035] Die Kathodenanordnung 12 umfasst mehrere Kathodenblöcke 20, die jeweils über eine in eine zwischen den Kathodenblöcken 20 angeordnete Stampfmassenfuge 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.

[0036] 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 nicht erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel winklig mit einem Winkel α zwischen dem angrenzenden Abschnitt der Nutwand und der Wand der Vertiefung von 90 Grad ausgebildet. 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.

[0037] 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.

[0038] 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 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 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.

[0039] In dem vorliegenden nicht erfindungsgemäßen 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 Kathodenblockes 20 abdeckt, wobei jeweils zwei nebeneinander angeordnete Anoden 18 die Länge eines Kathodenblockes 20 überdecken.

[0040] 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 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.

[0041] Die in den Fig. 3 und 4 im Längsschnitt und Querschnitt gezeigte Kathodenanordnung und Kathodenblock gemäß einem zweiten nicht erfindungsgemäßen 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.

[0042] Ferner zeigen die Fig. 5a bis d beispielhafte Vertiefungen 36, die in einer Nut 26 eines erfindungsgemäßen 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 α 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 β 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 - zulässt.

[0043] 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 8°, bevorzugt 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.

[0044] 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.

[0045] 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 Kathoden-

blocks 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 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 Stromschienen 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 von Rissbildung oder gar ein Zerschlagen des Kathodenblocks auch während langer Betriebsdauer der Elektrolysezelle zuverlässig verhindert, bei gleichzeitiger Gewährleistung einer hervorragenden elektrischen Leitfähigkeit zwischen der Stromschiene bzw. dem Gusseisen 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 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

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.

[0046] In der Fig. 6 ist ein Kathodenblock 20 gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung im Längsschnitt dargestellt, und zwar im Unterschied zu den in den Fig. 1 bis 4 dargestellten auf dem Kopf stehend, bezogen auf den späteren Einbau in der Elektrolysezelle, um die Anordnung während des Eingießens mit flüssigen Gusseisen zu verdeutlichen. Dieser Kathodenblock 20 unterscheidet sich von den in den Fig. 1 bis 4 dargestellten dadurch, dass dieser keine Vertiefung in der die Nut 26 begrenzenden Wand aufweist. Anstelle dessen weist dieser Kathodenblock 20 in seiner Nut 26 einen Vorsprung 50, welcher bezogen auf die Längsrichtung des Kathodenblocks 20 mittig angeordnet ist und, in der Längsrichtung des Kathodenblocks geschnitten gesehen, trapezförmig ausgestaltet ist. Dabei ist die die der Bodenwand 34 des Kathodenblocks 20 gegenüberliegende Seite des Vorsprungs 50 begrenzende Fläche planar, rechteckig und parallel zu der Oberfläche der der Nut gegenüberliegenden Seite des Kathodenblocks verlaufend ausgestaltet und bildet dadurch eine Auflagefläche für die Endstücke zweier Stromschienen 28. Selbstverständlich kann bzw. können an wenigstens einer oder an beiden der die Nut 26 begrenzenden Seitenwände des Kathodenblocks 20 auch jeweils eine Vertiefung, wie in den Fig. 1 und 2 dargestellt, oder zwei Vertiefungen, wie in den Fig. 3 und 4 dargestellt, vorgesehen sein.

[0047] Zudem ist in der Fig. 7 ein Kathodenblock 20 gemäß eines zweiten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung im Längsschnitt dargestellt, und zwar wiederum im Unterschied zu dem in den Fig. 1 bis 4 dargestellten auf dem Kopf stehend. Dieser Kathodenblock 20 unterscheidet sich von dem in der Fig. 6 dargestellten dadurch, dass der hier schraffiert dargestellte Vorsprung 50 nicht, in der Längsrichtung des Kathodenblocks geschnitten gesehen, trapezförmig ausgestaltet ist, sondern in seinem unteren Teil rechteckig ausgestaltet ist, wobei auf der der Bodenwand 34 des Kathodenblock 20 gegenüberliegende Seite dieses Teils des Vorsprungs 50 eine in der Längserstreckung des Kathodenblocks 20 gesehen mittig angeordnete Nase 54 vorgesehen ist, welche sich über die restliche Höhe des Vorsprungs 50 erstreckt. Mit anderen Worten ist die der Bodenwand 34 gegenüberliegende Seite des wenigstens einen Vorsprungs 50 durch eine Fläche begrenzt, welche zwei, in der Längsrichtung des Kathodenblocks gesehen, äußere Abschnitte 52, 52' und einen dazwischen angeordneten mittleren Abschnitt 54 umfasst, wobei die beiden äußeren Abschnitte 52, 52' jeweils eine Auflagefläche für eine

Stromschiene 28 ausbilden und jeweils planar, rechteckig und parallel zu der Oberfläche der der Nut 26 gegenüberliegenden Seite des Kathodenblocks 20 verlaufend ausgestaltet sind und sich, bezogen auf die Tiefe der Nut 26, auf derselben Höhe befinden, wohingegen der mittlere Abschnitt 54 gegenüber den beiden äußeren Abschnitten 52, 52', von der Bodenwand 34 aus gesehen, in die Nut 26 hinein erhaben ausgebildet ist. Dabei ist der mittlere Abschnitt 54, in der Längsrichtung des Kathodenblocks 20 geschnitten gesehen, rechteckig ausgestaltet ist, so dass zwischen den beiden äußeren Abschnitten 52, 52' und dem mittleren Abschnitt 54 jeweils eine Stufe ausgebildet ist. Selbstverständlich kann bzw. können an wenigstens einer oder an beiden der die Nut 26 begrenzenden Seitenwände des Kathodenblocks 20 auch jeweils eine Vertiefung, wie in den Fig. 1 und 2 dargestellt, oder zwei Vertiefungen, wie in den Fig. 3 und 4 dargestellt, vorgesehen sein.

Bezugszeichenliste

[0048]

10	Aluminium-Elektrolysezelle
12, 12'	Kathodenanordnung
14	Aluminiumschmelze
16	Kryolith-Aluminiumoxid -Schmelze
18	Anode
20	Kathodenblock
22	Stampfmassenfuge
24	Stampfmasse
26	Nut
28	Stromschiene
32	Seitenwand
34	Bodenwand
36, 36'	Vertiefung
37	Übergangsbereich zwischen der Wand der Vertiefung und dem angrenzenden Abschnitt der Nutwand
38	Gusseisen
39	Umhüllung
40	Pfeil
42	gestrichelte Linie
44	Breite der Nut 26
46	Breite des Kathodenblocks 20
48	Übergangsbereich zwischen zwei aneinander angrenzenden Vertiefungen
50	Vorsprung
52, 52'	äußerer Abschnitt des Vorsprungs
54	mittlerer Abschnitt des Vorsprungs/Nase

Patentansprüche

1. Kathodenblock (20) für eine Aluminium-Elektrolysezelle auf Basis von Kohlenstoff und/oder Graphit der wenigstens eine sich in der Längsrichtung des Kathodenblocks (20) erstreckende Nut (26) zur Aufnahme

me von 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 diese Nut (26) von einer Wand (32, 34) begrenzt ist, wobei an der Wand (32, 34) wenigstens ein sich in die Nut (26) hinein erstreckender Vorsprung (50) vorgesehen ist.

2. Kathodenblock (20) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wand (32, 34) eine Bodenwand (34) und zwei Seitenwände (32) umfasst, wobei an der Bodenwand (34) wenigstens ein sich in die Nut (26) hinein erstreckender Vorsprung (50) vorgesehen ist, der sich vorzugsweise vertikal in die wenigstens eine Nut (26) hinein erstreckt.

3. Kathodenblock (20) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine Vorsprung (50) auf seiner der Bodenwand (34) gegenüberliegenden Seite wenigstens eine Auflagefläche für wenigstens eine Stromschiene (28) aufweist, welche zumindest abschnittsweise im Wesentlichen parallel zu der Oberfläche der der Nut (26) gegenüberliegenden Seite des Kathodenblocks (20) verläuft.

4. Kathodenblock (20) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die der Bodenwand (34) gegenüberliegende Seite des wenigstens einen Vorsprungs (50) durch eine Fläche begrenzt wird, welche zwei, in der Längsrichtung des Kathodenblocks gesehen, äußere Abschnitte (52, 52') und einen dazwischen angeordneten mittleren Abschnitt (54) umfasst, wobei die beiden äußeren Abschnitte (52, 52') jeweils eine Auflagefläche für eine Stromschiene (28) ausbilden und jeweils planar, zumindest im Wesentlichen rechteckig und parallel zu der Oberfläche der der Nut (26) gegenüberliegenden Seite des Kathodenblocks (20) verlaufend ausgestaltet sind und sich, bezogen auf die Tiefe der Nut (26), auf derselben Höhe befinden, wohingegen der mittlere Abschnitt (54) gegenüber den beiden äußeren Abschnitten (52, 52'), von der Bodenwand (34) aus gesehen, in die Nut (26) hinein erhaben ausgebildet ist.

5. Kathodenblock (20) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mittlere Abschnitt (54), in der Längsrichtung des Kathodenblocks (20) geschnitten gesehen, rechteckig ausgestaltet ist, so dass zwischen den beiden äußeren Abschnitten (52, 52') und dem mittleren Abschnitt (54) jeweils eine Stufe ausgebildet ist.

6. Kathodenblock (20) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass**

der wenigstens eine Vorsprung (50), bezogen auf die Längserstreckung des Kathodenblocks (20), an der Stelle angeordnet ist, an welcher die Nut (26) die höchste Tiefe aufweist.

5

7. Kathodenblock (20) nach Anspruch 6,

dadurch gekennzeichnet, dass

der wenigstens eine Vorsprung (50) aus dem gleichen Material wie der übrige Teil des Kathodenblocks (20) zusammengesetzt ist.

10

8. Kathodenanordnung (12) umfassend wenigstens einen Kathodenblock (20) nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei in wenigstens einer der wenigstens einen Nut (26) mit variierender Tiefe des wenigstens einen Kathodenblocks (20) wenigstens eine Stromschiene (28) vorgesehen ist, wobei die Stromschiene (28) zumindest auf einem Abschnitt des wenigstens einen Vorsprungs (50) aufliegt.

15

20

9. Verwendung eines Kathodenblocks (20) nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 7 oder einer Kathodenanordnung (12) nach Anspruch 8 zur Durchführung einer Schmelzflusselektrolyse zur Herstellung von Metall, bevorzugt zur Herstellung von Aluminium.

25

30

35

40

45

50

55

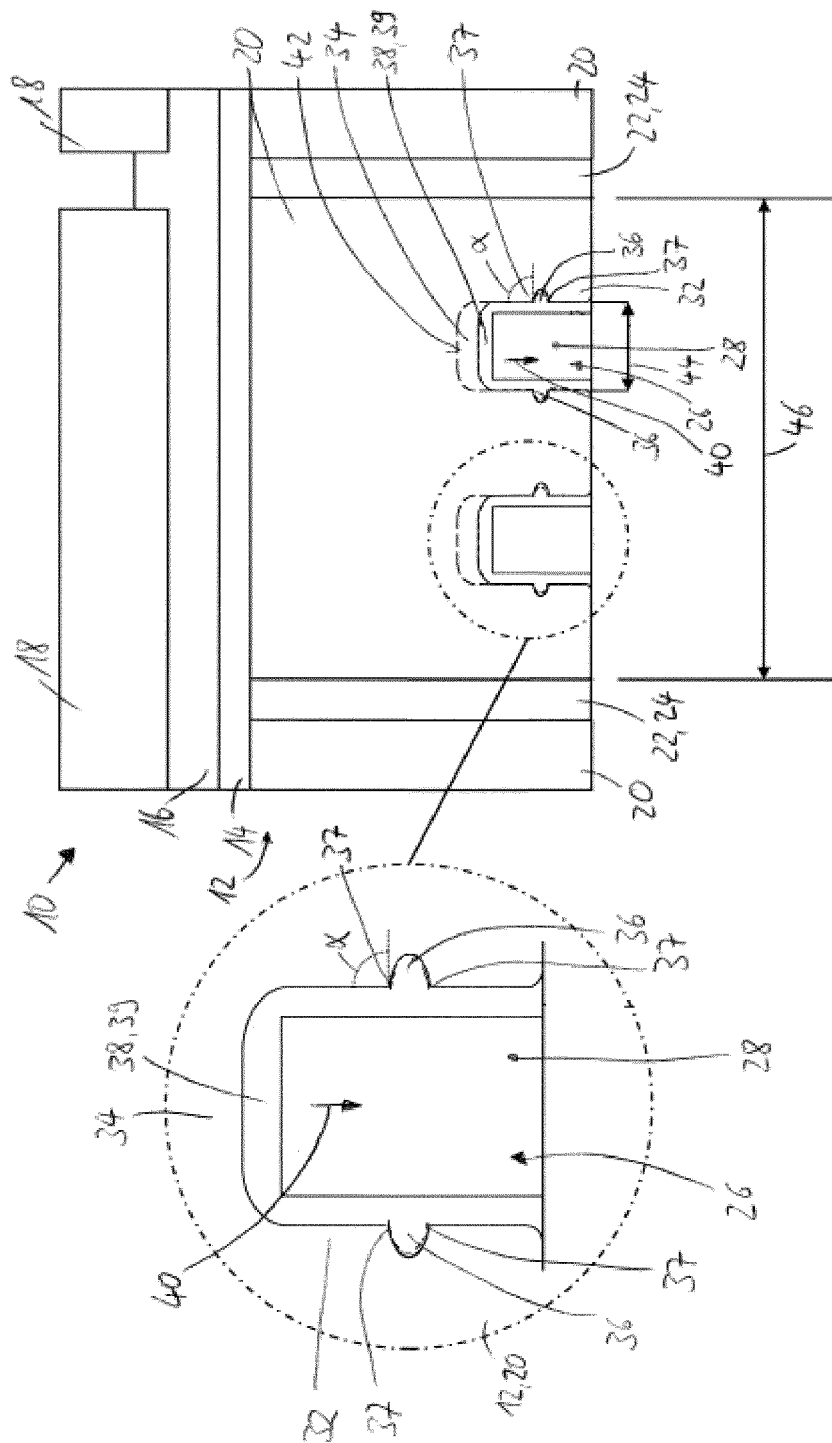


Fig. 1

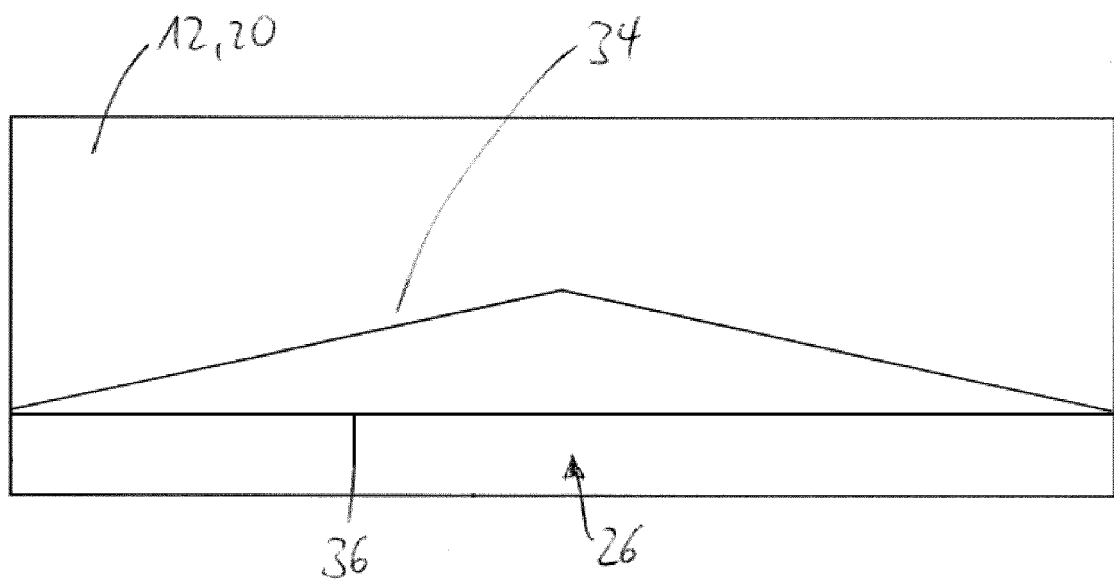


Fig. 2

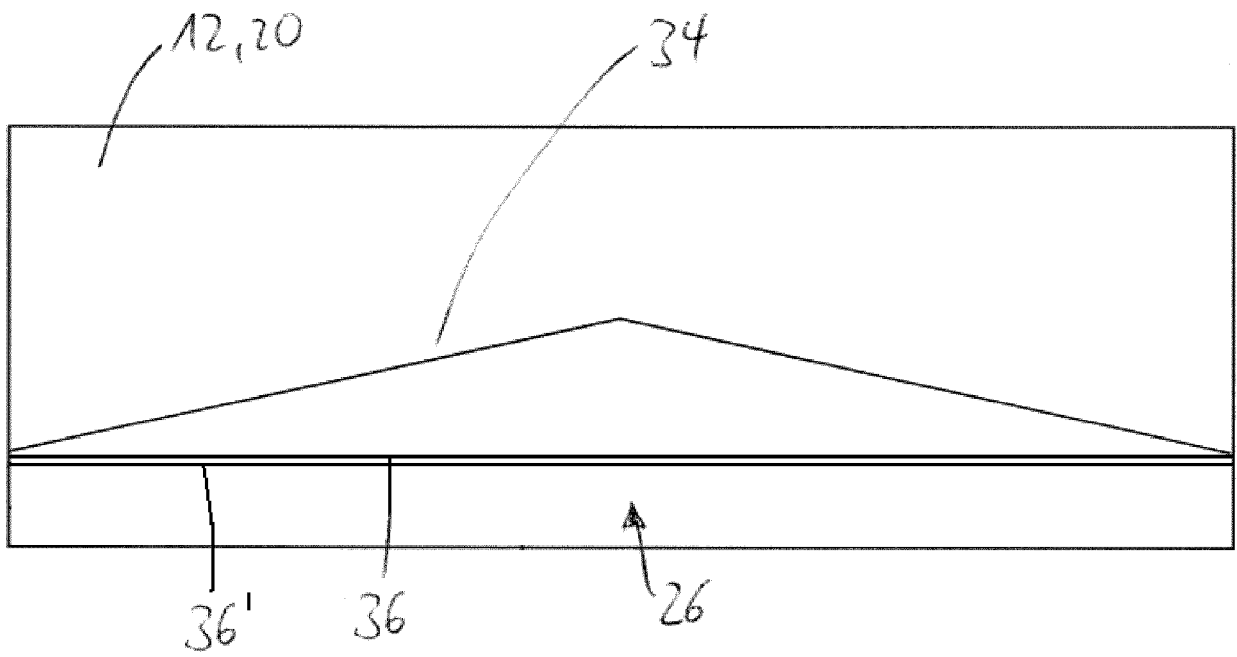


Fig. 4

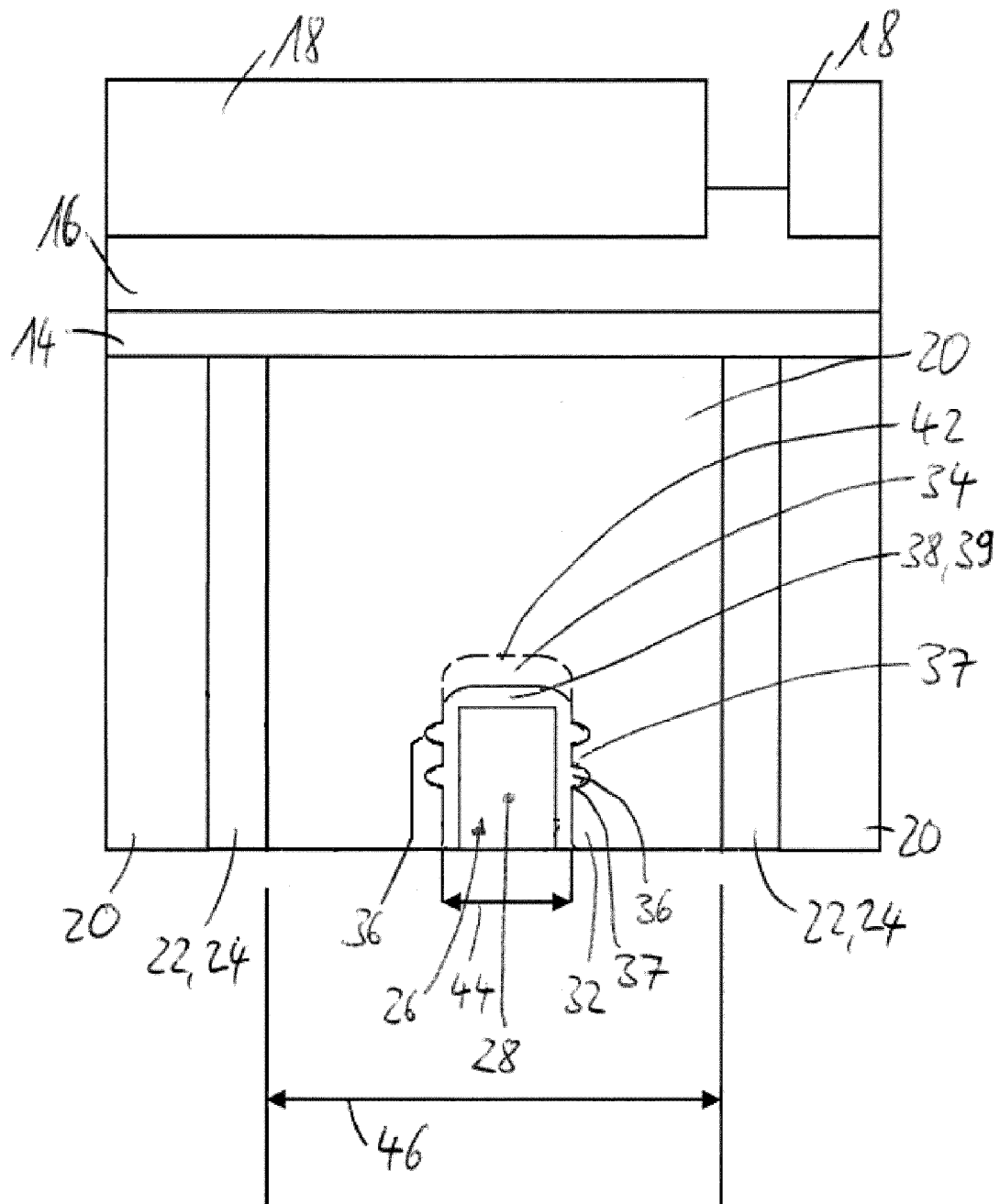


Fig. 3

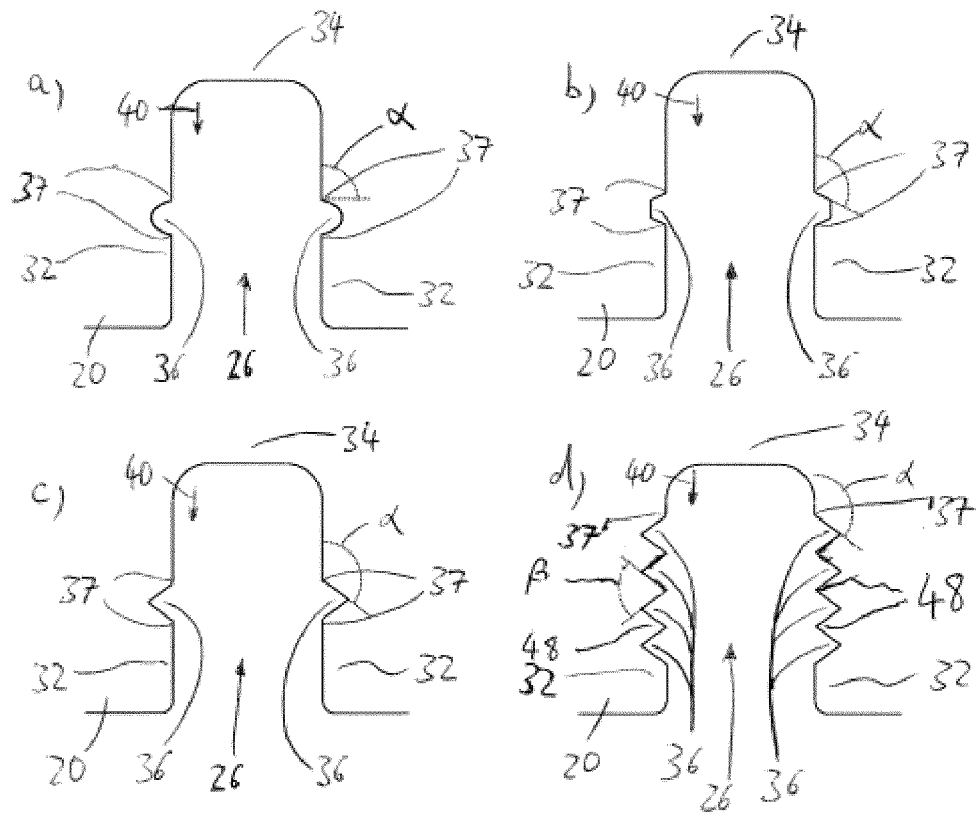


Fig. 5

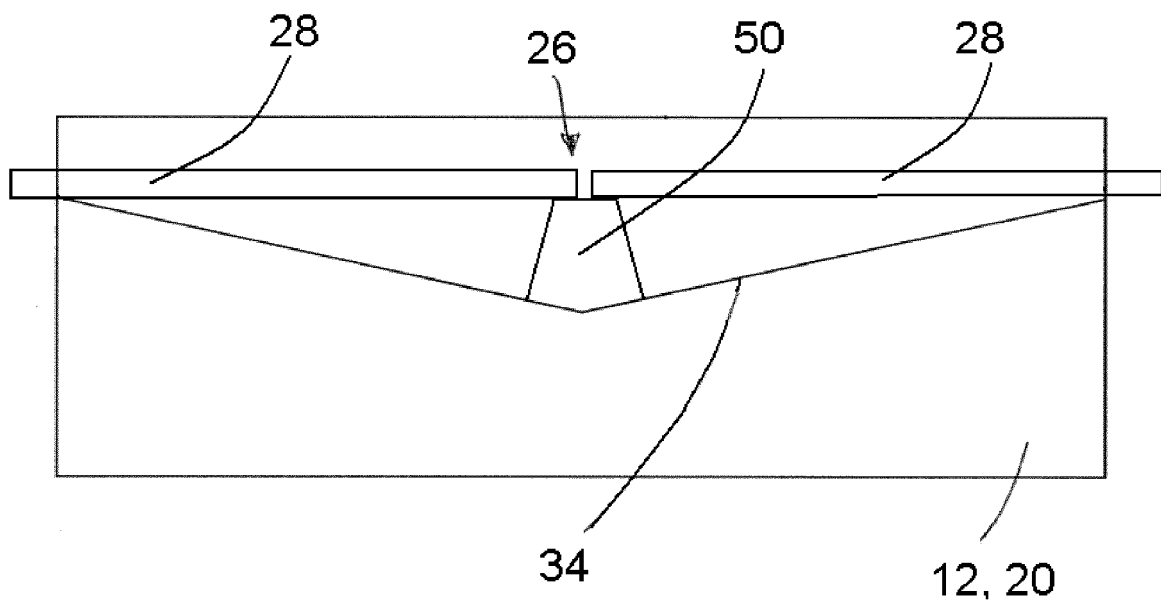


Fig. 6

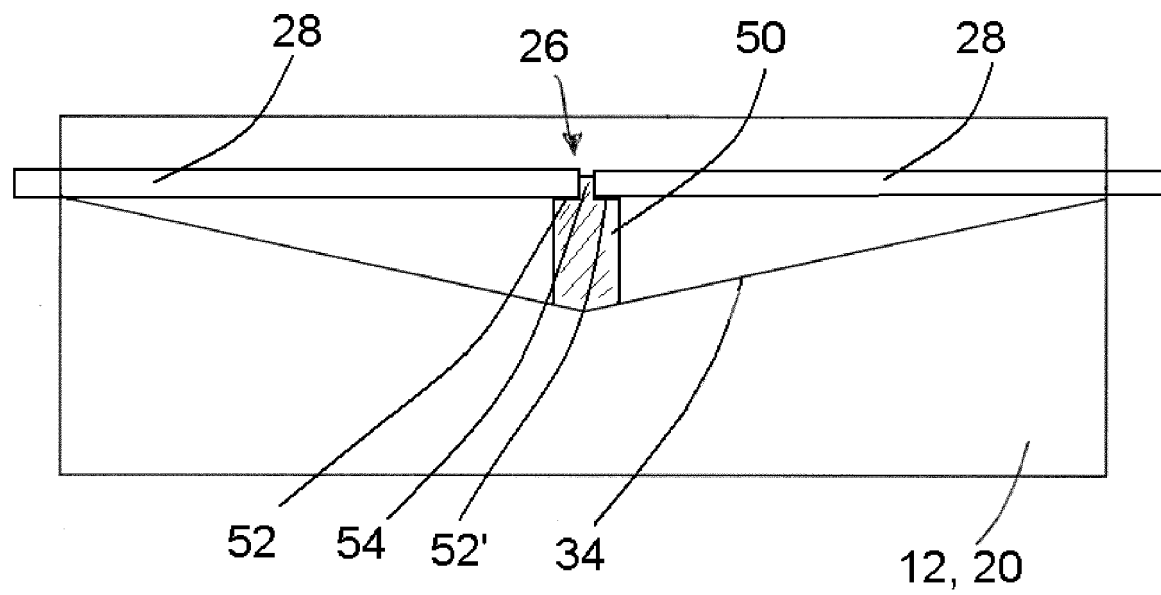


Fig. 7



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 19 16 6841

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	DE 10 2011 004009 A1 (SGL CARBON AG) 16. August 2012 (2012-08-16) * das ganze Dokument *	1-9	INV. C25C3/08 C25C3/16
A	DE 24 05 461 A1 (ALUSUISSE) 15. August 1974 (1974-08-15) * das ganze Dokument *	1-9	
A	EP 0 052 577 A1 (ALUSUISSE [CH]) 26. Mai 1982 (1982-05-26) * das ganze Dokument *	1-9	
Y	US 2009/050474 A1 (HILTMANN FRANK [DE] ET AL) 26. Februar 2009 (2009-02-26) * das ganze Dokument *	1,3-9	
Y	DE 26 31 673 A1 (SAVOIE ELECTRODES REFRAC) 20. Januar 1977 (1977-01-20) * das ganze Dokument *	1,3-9	
X	CN 102 181 883 A (UNIV CENTRAL SOUTH; HUNAN ZHONGDA YESHINE TECHNOLOGY CO LTD ET AL.) 14. September 2011 (2011-09-14) * das ganze Dokument *	1-9	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) C25C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 26. August 2019	Prüfer Ritter, Thomas
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 19 16 6841

5

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

26-08-2019

10

15

20

25

30

35

40

45

50

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 102011004009 A1	16-08-2012	AU	2012215568 A1	09-05-2013	
		BR	112013020197 A2	08-11-2016	
		CA	2825785 A1	16-08-2012	
		CN	103429792 A	04-12-2013	
		DE	102011004009 A1	16-08-2012	
		EP	2673400 A2	18-12-2013	
		RU	2013141549 A	20-03-2015	
		US	2013319853 A1	05-12-2013	
		WO	2012107412 A2	16-08-2012	

DE 2405461	A1	15-08-1974	AT	327580 B	10-02-1976
			AU	6532274 A	07-08-1975
			CA	1022880 A	20-12-1977
			CH	544578 A	30-11-1973
			DE	2405461 A1	15-08-1974
			FR	2217071 A1	06-09-1974
			GB	1431622 A	14-04-1976
			IT	1007268 B	30-10-1976
			JP	S5550119 B2	16-12-1980
			JP	S49112818 A	28-10-1974
			NL	7401770 A	13-08-1974
			NO	137508 B	28-11-1977
			US	3867562 A	18-02-1975
			YU	33074 A	31-12-1980
			ZA	7400766 B	24-12-1974

EP 0052577	A1	26-05-1982	AT	6273 T	15-03-1984
			AU	545284 B2	11-07-1985
			CA	1190515 A	16-07-1985
			EP	0052577 A1	26-05-1982
			NO	154433 B	09-06-1986
			NZ	198976 A	30-04-1985
			YU	272781 A	31-12-1983

US 2009050474	A1	26-02-2009	AT	500356 T	15-03-2011
			AU	2006341952 A1	25-10-2007
			BR	PI0621553 A2	13-12-2011
			CA	2643829 A1	25-10-2007
			CN	101432466 A	13-05-2009
			EP	1845174 A1	17-10-2007
			IS	8762 A	29-09-2008
			JP	4792105 B2	12-10-2011
			JP	2009533550 A	17-09-2009
			NO	340775 B1	19-06-2017
			RU	2008144716 A	20-05-2010
			UA	96291 C2	25-10-2011

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

55

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 19 16 6841

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

26-08-2019

	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
10			US 2009050474 A1	26-02-2009
			WO 2007118510 A2	25-10-2007
			ZA 200808360 B	27-10-2010
15	DE 2631673	A1 20-01-1977	AR 207419 A1	30-09-1976
			AU 1590876 A	19-01-1978
			BE 844253 A	17-01-1977
			BR 7604559 A	02-08-1977
			CA 1085346 A	09-09-1980
20			DD 125887 A5	01-06-1977
			DE 2631673 A1	20-01-1977
			DE 7622260 U1	20-01-1977
			DK 320176 A	18-01-1977
			EG 12258 A	31-12-1978
25			ES 449839 A1	16-06-1977
			FI 762061 A	18-01-1977
			FR 2318244 A1	11-02-1977
			GB 1507276 A	12-04-1978
			HU 173658 B	28-07-1979
			IS 2336 A7	27-08-1976
30			IT 1067554 B	16-03-1985
			JP S5212625 A	31-01-1977
			JP S5413413 B2	30-05-1979
			NL 7607879 A	19-01-1977
			NO 145203 B	26-10-1981
35			OA 5378 A	28-02-1981
			PT 65378 A	01-08-1976
			RO 69535 A	30-06-1981
			SE 7608153 A	18-01-1977
			SU 685162 A3	05-09-1979
			TR 18957 A	01-01-1978
40			US 4031615 A	28-06-1977
			YU 172476 A	30-06-1982
			ZA 7604112 B	31-08-1977
45	CN 102181883	A 14-09-2011	KEINE	
50				

EPO FORM P0461

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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]
- WO 2012107412 A2 [0005] [0045]