

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 86113930.1

51 Int. Cl.⁴: **C25C 3/12**, **C25C 7/02**,
//C04B35/00

22 Anmeldetag: 08.10.86

30 Priorität: 22.10.85 DE 3537575

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
 06.05.87 Patentblatt 87/19

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

71 Anmelder: **C. CONRADTY NÜRNBERG GmbH & Co. KG**
Grünthal 1-6
D-8505 Röthenbach a.d. Pegnitz(DE)

72 Erfinder: **Zöllner, Christine, Dr.**
Händelstrasse 99
D-8501 Schwaig/Nürnberg(DE)
 Erfinder: **Hahn, Herbert**
Virchow-Strasse 50
D-8500 Nürnberg 10(DE)

74 Vertreter: **Füchsle, Klaus, Dipl.-Ing. et al**
Hoffmann . Eitle & Partner Patentanwälte
Arabellastrasse 4
D-8000 München 81(DE)

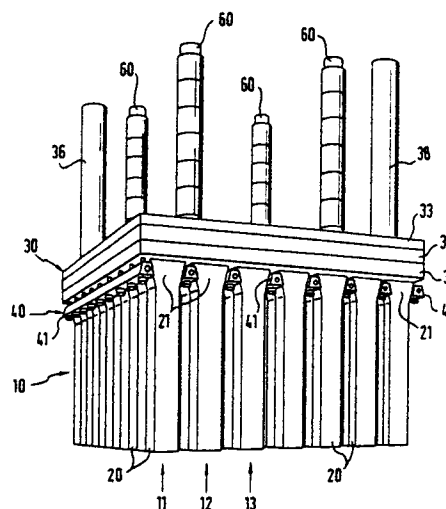
54 **Inerte Verbundelektrode, insbesondere Anode für die Schmelzflusselektrolyse.**

57 Es handelt sich um eine inerte Verbundelektrode, insbesondere Anode für die Schmelzflußelektrolyse, bestehend aus einem Aktivteil in Form einer Mehrzahl von stabförmigen Aktivelementen, insbesondere aus Oxidkeramik, die mit ihren Längsachsen parallel nebeneinander und in zueinander fluchtenden Gruppen angeordnet sind, einem Elektrodenhalter, der eine stromleitende Platte umfaßt, mit deren einer Hauptfläche die Aktivelemente mit ihren Stirnflächen kraftschlüssig in Kontakt stehen, und einer Verbindungsanordnung, die die Aktivelemente gruppenweise untereinander verbindet und mit der Platte in Kontakt hält.

Diese Verbundelektrode ist dadurch charakterisiert, daß die Aktivelemente (20) jeweils plattenseitig einen Kopfabschnitt (20) aufweisen, der in seinem senkrecht zur Fluchtlinie (25) einer Gruppe (z.B. 11, 12 usw.) liegenden Querschnitt und in Richtung der plattenseitigen Stirnfläche (22) im wesentlichen keilförmig (23) verbreitert ist, und mit jeder der zwei gegenüberliegenden Keiflächen (23) des Kopfabschnitts (21) des jeweiligen Aktivelements (20) ein Spannelement (41) mit einer Keiffläche (42) in An-

lage gebracht ist, deren Keilwinkel dem der jeweiligen Keiffläche des Kopfabschnittes im wesentlichen entspricht.

Fig. 1



Inerte Verbundelektrode, insbesondere Anode für die Schmelzflußelektrolyse

Die Erfindung betrifft eine inerte Verbundelektrode, insbesondere Anode für die Schmelzflußelektrolyse, z.B. für die Gewinnung von Aluminium, Magnesium, Natrium, Lithium, u.a. bestehend aus einem Aktivteil in Form einer Mehrzahl von stabförmigen Aktivelementen, insbesondere aus Oxidkeramik, die mit ihren Längsachsen parallel nebeneinander und in zueinander fluchtenden Gruppen angeordnet sind, einem Elektrodenhalter, der eine stromleitende Platte umfaßt, mit deren Hauptfläche die Elektrodenelemente mit ihren Stirnflächen kraftschlüssig in Kontakt stehen, und einer Verbindungsanordnung, die die Aktivelemente gruppenweise untereinander verbindet und mit der Platte in Kontakt hält.

In der Schmelzflußelektrolyse, z.B. bei der Aluminiumerzeugung, ist eine intensive Entwicklung im Gange, für die Elektrolyse anstelle der sich verzehrenden Anoden aus Kohlenstoff sogenannte inerte Anoden, die insbesondere aus Oxidkeramik bestehen, einzusetzen.

Für diese Entwicklung bilden eine Reihe von Vorteilen den Anreiz:

- Bei Herstellung und bei Betrieb der inerten Anoden ergibt sich eine erhebliche Energieeinsparung.

-Zugleich wird Rohstoff eingespart. Bei der Herstellung muß nicht auf fossilen Rohstoff Erdöl, aus dem dann Petrol, Koks und Pech gewonnen wird, zurückgegriffen werden. Beim Betrieb der inerten Anoden ergibt sich kein oder nur ein sehr geringer Verbrauch an Anodenmaterial. Damit fallen die weiteren Investitionen und Betriebskosten für die Anodenfabrikation weg.

-Da der sich bei verzehrenden Anoden turnusgemäß notwendige Anodenwechsel entbehrlich wird, können die Zellen geschlossener gefahren werden. Dadurch verbessern sich die Arbeitsbedingungen.

-Die Abluft aus den Zellen enthält weder Schwefeldioxid noch polyaromatische Kohlenwasserstoffe. Aus dem geschlossenen Abluftsystem können die Fluoride leichter zurückgewonnen werden.

-Schließlich können inerte Anoden mit höheren Stromdichten als Kohlenstoffanoden gefahren werden. Dadurch erhöht sich die Produktionskapazität auf weniger Fläche und/oder in weniger Zeit.

Konstruktiv müssen die inerten Elektroden einerseits den Vorgaben der bereits vorhandenen, noch mit Kohlenstoffanoden ausgerüsteten Zellen Rechnung tragen. Dies gilt insbesondere in bezug

auf die Stromzuleitung und die Anordnung und/oder die Dimensionierung der Aktivteile der Anoden. Andererseits müssen aber natürlich auch die Erfordernisse, die aus dem Werkstoff, aus dem die Aktivteile der inerten Anoden bestehen, Berücksichtigung finden. Dies gilt insbesondere in bezug auf die physikalischen Parameter und die Herstellungstechnologie.

Eine inerte Verbundelektrode der eingangs definierten Art ist aus der DE-PS 30 03 922 bekannt. Diese besteht im wesentlichen aus einem Aktivteil, einem Elektrodenhalter und einer Anordnung zum Verbinden der zwei erstgenannten Baugruppen.

Der Aktivteil ist durch eine Mehrzahl von stabförmigen Aktivelementen gebildet. Diese sind mit ihren Längsachsen parallel nebeneinander und in zueinander fluchtenden Gruppen angeordnet. Der zu den Längsachsen der Aktivelemente senkrechte Gesamtquerschnitt entspricht in etwa dem entsprechenden Querschnitt einer herkömmlichen Kohlenstoffanode für eine Schmelzflußelektrolysezelle. Die einzelnen Aktivelemente bestehen aus einem oxidkeramischen Werkstoff.

Zur Halterung der Aktivelemente und zur Stromzuführung zu diesen ist ein rohrförmiger Träger vorgesehen. In diesen ist konzentrisch ein weiteres Rohr angeordnet, dessen unteres Ende mit einer Bodenplatte versehen ist. Diese Bodenplatte weist eine zentrische Bohrung auf, durch die ein stabförmiger Stromzuleiter hindurchgeführt ist, dessen unteres, unterhalb der Bodenplatte endendes Ende mit einer stromleitenden Anpreßplatte versehen ist. Mit dieser Anpreßplatte werden die oberen Stirnflächen der Aktivelemente auf kraftschlüssige Weise in mechanischen und elektrischen Kontakt gebracht. Hierzu weisen die gruppenweise untereinander fluchtenden Aktivelemente in ihrem oberen Abschnitt je eine Bohrung auf, die in bezug auf eine Gruppen ebenfalls zueinander fluchten. Durch die zueinander fluchtenden Bohrungen einer Gruppe ist jeweils ein Aufhängestab hindurchgeführt, dessen Enden auf einer Auflageplatte aufliegen. Diese Auflageplatte und die genannte Bodenplatte sind über Schraubbolzen zu verspannen, wodurch die oberen Stirnflächen der Aktivelemente in Kontakt mit der stromführenden Anpreßplatte gebracht werden. Gegebenenfalls kann zwischen den Stirnflächen der Aktivelemente und der Anpreßplatte eine elektrisch gut leitende Zwischenschicht eingebracht sein.

Diese bekannte Elektrodenkonstruktion weist mehrere gravierende Nachteile auf.

Zum einen ist ihr Aufbau insgesamt relativ kompliziert, insbesondere in bezug auf die Aufhängestäbe, die durch die Bohrungen im Kopfabschnitt der Aktivelemente hindurchgeführt sind und entsprechend gelagert und gespannt werden müssen.

Des weiteren erfordert die Herstellung der Bohrungen in den Kopfabschnitten der Aktivelemente einen größeren Herstellungsaufwand. Sie sind nur im Grünzustand der oxidkeramischen Aktivelemente zu erzeugen. Des weiteren sind Bohrungen, insbesondere in bezug auf die Fluchtung der in Gruppen angeordneten Aktivelemente, mit größeren Toleranzen behaftet, da derartige Toleranzen schon bei der Herstellung der Aktivelemente im Grünzustand eingehen und des weiteren beim Sintern der Aktivelemente weitere Maßabweichungen unvermeidlich sind. Dies hat zur Folge, daß die Bohrungen einer Gruppe von Aktivelementen nicht genau fluchten, so daß einige der Aktivelemente, die an einem Aufhängestab untereinander gereiht sind, nicht oder nicht genügend mit ihren Stirnflächen in Kontakt mit der stromführenden Platte des Elektrodenhalters gelangen. Dies gilt dann umso mehr im Betrieb, wo sich die unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten der Werkstoff der Aktivelemente einerseits und der stromzuführenden Platte andererseits verstärkt negativ in bezug auf die Kontaktierung zwischen den Stirnflächen der Aktivelemente und der Platte auswirken. Dadurch ergibt sich ein erhöhter Spannungsabfall mit der Folge, daß der elektrische Wirkungsgrad sinkt.

Dieser Nachteil wird noch dadurch verschärft, daß die Bohrungen die Querschnittsfläche parallel zur Längsachse der Aktivelemente verkleinern, und zwar gerade im kalten Bereich der Aktivelemente. Dadurch werden gerade dort die Strombahnen eingeschnürt.

Die genannte Schwächung des Querschnittes der Aktivelemente der bekannten Anode vermindert auch die mechanische Festigkeit der Aktivelemente, und zwar in einem Bereich, in dem einerseits der jeweilige Aufhängestab aufgrund dessen Vorspannung einer erhöhte Druckspannung auf den Werkstoff der Aktivelemente ausübt und andererseits auch die höchsten Zugspannungen aufgrund des Gewichtes der Aktivelemente auftreten. Aufgrund dessen wirken die größten mechanischen Spannungen gerade im Bereich des geschwächten Querschnitts der Aktivelemente, so daß eine erhöhte Gefahr des Bruches der Elektrodenelemente an der genannten Stelle gegeben ist.

Schließlich ist bei der bekannten Anodenkonstruktion kein bzw. wenig Augenmerk gerichtet auf die notwendige Elektrolytbewegung im Bereich der in die Schmelze eintauchenden unteren Abschnitte

der Elektrodenelemente sowie auf die Gasabfuhr im Bereich der Elektrodenelemente.

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine inerte Verbundelektrode der vorausgesetzten Art zu schaffen, bei der die oxidkeramischen Aktivelemente unter Berücksichtigung der Werkstoff- und Herstellungstechnologie für Oxidkeramik gestaltet sind, die einen einfachen Aufbau besitzt und leicht montierbar ist sowie einen guten elektrochemischen Wirkungsgrad aufweist.

Diese Aufgabe wird bei einer inerten Verbundelektrode mit den eingangs genannten Merkmalen dadurch gelöst, daß die Aktivelemente jeweils plattenseitig einen Kopfabschnitt aufweisen, der in seinem senkrecht zur Fluchtlinie einer Gruppe liegenden Querschnitt und in Richtung der plattenseitigen Stirnfläche im wesentlichen keilförmig verbreitert ist, und mit jeder der zwei gegenüberliegenden Keiflächen des Kopfabschnitts des jeweiligen Aktivelements ein Spannelement mit einer Keifläche in Anlage gebracht ist, deren Keilwinkel dem der jeweiligen Keifläche des Kopfabschnittes im wesentlichen entspricht, so daß sich eine Schwalbenschwanz-Verbindung ergibt.

Der Aktivteil der erfindungsgemäßen Anode ist also aufgelöst in eine Mehrzahl von stabförmigen Aktivelementen, wie dies an sich bekannt ist. Die Aktivelemente sind herstellungstechnologisch günstig gestaltet, weil der keilförmige Kopfabschnitt der Gestaltung in der Keramik-Technologie entgegenkommt, wohingegen die im Kopfabschnitt der Aktivelemente der bekannten Anode vorgesehenen Bohrungen schon herstellungstechnisch eine Reihe von Problemen verursachen, wie oben dargestellt wurde.

Im montierten Zustand sind die Aktivelemente im Bereich der Keilverspannung ausschließlich auf Druck beansprucht, was durch den oxidkeramischen Werkstoff aufgrund dessen hoher Druckfestigkeit ohne weiteres aufgenommen werden kann, zumal der Querschnitt im druckbeaufschlagten Bereich der Aktivelemente aufgrund der Keilform der Kopfabschnitte vergrößert ist. Als Folge der Querschnittsvergrößerung im Einspannbereich der Aktivelemente können auch die Zugspannungen aufgrund des Gewichtes der Aktivelemente gut aufgenommen werden. Insgesamt ergibt sich also eine mechanisch sehr stabile Anodenkonstruktion.

Die Keil- bzw. Schwalbenschwanzverspannung der Aktivelemente mittels der beschriebenen Spannelemente ergibt zugleich einen selbstjustierenden Effekt mit der Folge, daß sämtliche der Aktivelemente mit ihren Stirnflächen in innigen Kontakt mit der stromführenden Platte gelangen, und zwar unter Überbrückung bzw. aufgrund Ausgleichs eventuell bestehender Fertigungstoleranzen. Aufgrund der selbstjustierenden Keilverspannung zwischen den Aktivelementen einerseits und den Spannele-

menten bzw. der Platte andererseits werden des weiteren eventuelle Bewegungen der Baugruppen zueinander aufgrund der unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten der Werkstoffe ausgeglichen, so daß auch im Betrieb der Anode ein inniger Kontakt der Stirnflächen der Aktivelemente mit den Spannelementen und der stromzuführenden Platte erhalten bleibt. Auf diese Weise ist eine dauerhafte und sowohl elektrisch als auch mechanisch optimale Verbindung zwischen der metallischen Stromzuführung und den keramischen Aktivelementen gewährleistet.

Dadurch wird der Spannungsabfall zwischen der stromzuführenden Platte und den Stirnflächen der Aktivelemente minimiert.

Darüber hinaus ist bei der erfindungsgemäßen Anode die Stromübertragungsfläche zwischen der stromzuführenden Platte und den Aktivelementen dadurch vergrößert, daß die Spannelemente ebenfalls in elektrischer Verbindung sowohl zur Platte als auch zu den Keifflächen der Elektrodenelemente stehen, so daß letztere die Gesamt-Kontaktfläche der Aktivelemente in bezug auf das stromzuführende Bauteil entsprechend vergrößern. Aufgrund der vergrößerten Gesamt-Kontaktfläche wird auch dementsprechend der Spannungsabfall verkleinert.

Aufgrund der schon angesprochenen Querschnittsvergrößerung im Kopfabchnitt der Aktivelemente, d.h. gerade im kalten Bereich derselben, ist die Stromführung an dieser kritischen Stelle entscheidend verbessert. Die Flächennutzung der erfindungsgemäßen Anode ist also sehr gut, da die Stromlinien einen gewissen seitlichen Umgriff haben und die wirksame Anodenfläche in etwa gleich der projizierten Anodenfläche ist.

Nachdem die Anodenelemente aus einem Werkstoff mit Heißeiter-Eigenschaften bestehen, sind die im kalten, d.h. nicht gutleitenden Bereich der Anodenelemente getroffenen Maßnahmen zur Erhöhung der Leitfähigkeit, nämlich die Querschnittsvergrößerung im Kopfabchnitt der Anodenelemente, die spezielle Ausbildung des Werkstoffes der Anodenelemente zur Erhöhung der Leitfähigkeit und die vergrößerte Stromübertragungsfläche entscheidend zur Erhöhung des elektrischen Wirkungsgrads. Insgesamt weist also die erfindungsgemäße Anodenanordnung einen sehr guten elektro-chemischen Wirkungsgrad auf.

Zwischen den gruppenweise angeordneten Aktivelementen sind mindestens dort, wo die Spannelemente vorgesehen sind, Kanäle zwischen den Aktivelementen ausgebildet. Einerseits kann im Bereich der in die Schmelze bzw. in den Elektrolyt eintauchenden unteren Abschnitt der Aktivelemente in diesen Kanälen die Schmelze und der Elektrolyt zirkulieren, wodurch einer sonst möglichen Ver-

mung des Elektrolyts effektiv entgegengewirkt wird. Andererseits stellen diese Kanäle für die Gasabfuhr genug Raum zur Verfügung, so daß das entwickelte Gas schnell abgeführt wird. Beides trägt zu einer Erhöhung des elektrochemischen Wirkungsgrads des mit den erfindungsgemäßen Elektroden durchgeführten Prozesses bei.

Zweckmäßige Ausbildungen der erfindungsgemäßen Verbundelektrode ergeben sich aus den übrigen Ansprüchen.

So können beispielsweise die Aktivelemente einer Gruppe in deren Fluchtlinie untereinander in Anlage stehen. Es sind also nur Kanäle zwischen den Aktivelementen dort gebildet, wo Spannelemente zwischen den Aktivelementen liegen. Dadurch ergibt sich einerseits ein sehr kompakter Aufbau des Aktivteils der erfindungsgemäßen Anode, andererseits ist aber auch ausreichend einer entsprechenden Bewegung der Schmelze und des Elektrolyts sowie der Gasabfuhr Rechnung getragen.

Zwar ist durch die keilförmige Verbreiterung der Kopfabchnitte der Aktivelemente bereits der Spannungsabfall im kalten Bereich weitgehend reduziert. Trotzdem kann es sich noch empfehlen, die elektrische Leitfähigkeit des Werkstoffes der Aktivelemente im Bereich des Kopfabchnittes höher ausulegen als im übrigen Bereich, nachdem diese Werkstoffe Heißeiter eigenschaften besitzen. Dies ist z.B. dadurch möglich, daß der Werkstoff der Aktivelemente im Bereich des Kopfabchnittes ein Cermet ist, das vorzugsweise Silber enthaltendes Zinnoxid ist. Damit ist die Stromleitfähigkeit im kritischen Kopfabchnitt der Aktivelemente bei der erfindungsgemäßen Elektrode noch weiter verbessert.

Um den Übergangswiderstand zwischen der stromzuführenden Platte und den Aktivelementen noch weiter zu verkleinern, kann es von Vorteil sein, daß zwischen der betreffenden Hauptfläche der Platte und den entsprechenden Stirnflächen der Aktivelemente eine Kontaktschicht eingebracht ist. Diese kann durch ein Netz aus gut leitendem Metal, insbesondere Kupfer, gebildet sein.

Es kann für jede fluchtende Gruppe von Aktivelementen beidseitig je ein durchgehendes Spannelement oder aber separate Spannelemente vorgesehen sein. Es ist aber auch möglich, daß das Spannelement zur Befestigung von zwei gegenüberliegenden Aktivelementen zweier benachbarter Gruppen ausgebildet ist und hierzu zwei gegenüberliegende Keifflächen mit im wesentlichen spiegelbildlicher Anordnung aufweist. Dadurch erniedrigt sich der Aufwand in der Fertigung und in der Montage weiter.

Das angesprochene Spannelement kann zweckmäßigerweise im Querschnitt senkrecht zur

Fluchtlinie der Gruppen der Aktivelemente trapezförmig ausgebildet sein.

Des weiteren sind jedem Aktivelement je zwei separate Spannelemente zugeordnet und die Länge eines Spannelements entspricht im wesentlichen der Länge eines Aktivelements.

Es ist aber auch möglich, daß für jeweils eine Gruppe von Aktivelementen je zwei durchgehende Spannelemente vorgesehen sind und die Länge eines Spannelementes der Länge einer Gruppe von Aktivelementen im wesentlichen entspricht.

Für eine schnelle Montage und Demontage empfiehlt es sich, daß die Spannelemente mittels Schrauben an der Platte befestigt sind.

Zur Vermeidung von Korrosion aufgrund der in der Zelle vorhandenen aggressiven Gase und der hohen Temperaturen ist es natürlich zweckmäßig, nicht nur die dem Zelleninneren zugekehrten Bereiche der stromführenden Platte, sondern auch die Spannelemente einschließlich ihrer Befestigungselemente durch Abdeckelemente aus korrosionsbeständigem Werkstoff zu schützen. Es bieten sich Keramik-Grafit-Verbundmaterialien an, z.B. Tongrafit.

Schließlich ist es von erheblichem Vorteil, die stromzuführende Platte zu kühlen. Dadurch ist es möglich, den Elektrodenhalter so dicht wie möglich an die Schmelze heranzuführen und trotzdem die Kontakttemperatur zwischen Platte und Aktivelemente unter 250°C zu halten. Dies ist insbesondere dann erforderlich, wenn die Anode mit höherer Strombelastung gefahren wird, da bekanntlich die Temperatur der Elektroden quadratisch mit der Strombelastung steigt. Bevorzugt sollte die Kühlung so ausgelegt sein, daß ca. 30 bis 35 % der Gesamtwärme über die Anodenoberfläche abgeführt werden. Der Vorteil des möglichst nahen Heranführens des Elektrodenhalters ist natürlich darin zu sehen, daß die Aktivelemente dadurch kurz ausgebildet werden können, wodurch einerseits teurer Werkstoff eingespart werden kann und andererseits der Spannungsabfall in den Aktivelementen weiter erniedrigt wird.

Zweckmäßigerweise wird die Kühlung der Platte durch eine Wasserkühlung verwirklicht, wofür die Platte als Hohlkörper ausgebildet ist, innerhalb dem Kanäle für das Kühlwasser angeordnet sind. In diesem Fall ist es schließlich zweckmäßig, daß der jeweilige Stromzuleiter zur Platte durch das Innere des Hohlkörpers hindurchgeführt und mit der Innenseite der Hauptfläche, mit der die Aktivelemente in Kontakt stehen, elektrisch verbunden ist.

Weitere Vorteile und Einzelheiten der erfindungsgemäßen Verbundelektrode ergeben sich anhand der Beschreibung der Zeichnung und der Erläuterung eines speziellen Ausführungsbeispiels.

In den Zeichnungen zeigt:

Fig. 1 eine perspektivische Darstellung eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Verbundelektrode,

Fig. 2 eine teilweise geschnittene Seitenansicht der erfindungsgemäßen Verbundelektrode, und

Fig. 3 die Ansicht A und den Schnitt B-B entsprechend der Fig. 2.

Die erfindungsgemäße inerte Elektrode, insbesondere Anode für die Schmelzflußelektrolyse, besteht im wesentlichen aus drei Baugruppen, nämlich einem insgesamt mit 10 bezeichneten Aktivteil, einem insgesamt mit 30 bezeichneten Elektrodenhalter und einer insgesamt mit 40 bezeichneten Anordnung zum Verbinden der zwei erstgenannten Baugruppen.

Der Aktivteil besteht aus einer Mehrzahl von stabförmigen Aktivelementen, die allgemein mit 20 bezeichnet sind. Diese sind mit ihren in der Montagestellung in der Zelle vertikal ausgerichteten Längsachsen parallel nebeneinander und in zueinander längs der Fluchtlinie 25 (Fig. 3) fluchtenden Gruppen 11, 12, 13 usw. angeordnet. Sie sind in ihrem zu ihrer Längsachse senkrechten Querschnitt im wesentlichen quadratisch bzw. rechteckförmig. Sie bestehen aus einem noch näher zu bezeichnenden, elektrisch leitenden und elektrochemisch aktiven oxidkeramischen Werkstoff. Die Aktivelemente 20 weisen jeweils einen Kopfabschnitt 21 auf, der in seinem senkrecht zur Fluchtlinie einer Gruppe liegenden Querschnitt und in Richtung der entsprechenden Stirnfläche 22 durch Keilflächen 23 verbreitert ist.

Der im wesentlichen plattenförmig ausgebildete Elektrodenhalter 30 besitzt eine -in der Montagestellung in der Elektrolysezelle gesehen -nach unten gerichtete Hauptfläche 31, an der die Aktivelemente 20 mit ihren Stirnflächen 22 mechanisch und elektrisch in Kontakt gehalten sind. Dies erfolgt mit Hilfe von die Verbindungsanordnung 40 darstellenden Spannelementen 41. Diese Spannelemente sind in ihrem parallel zur Längsachse der Aktivelemente 20 und senkrecht zur Fluchtlinie einer Gruppe verlaufenden Querschnitt so trapezförmig ausgebildet, daß die zwei gegenüberliegenden Keilflächen 42 mit den gleichwinklig liegenden Keilflächen 23 zweier in zwei benachbarten Gruppen, z.B. 12, 13, gegenüberliegenden Aktivelementen 20 mit entsprechender Vorspannung in Anlage stehen. Hierzu sind die Spannelemente 41 mittels Schrauben mit dem plattenförmigen Elektrodenhalter 30 verschraubt.

Durch die Spannelemente 41 sind zwei benachbarte Gruppen 11, 12, 13 usw. von Aktivelementen so beabstandet, daß Kanäle 50 ausgebildet sind, die in beschriebener Weise eine Zirkulation des Elektrolyts bzw. der Schmelze zwischen den unteren, in die Schmelze bzw. in den Elektrolyt

eintauchenden Abschnitten 26 der Aktivelemente 20 ermöglicht wird und die andererseits eine rasche Abfuhr des bei dem Elektrolyseprozeß entwickelten Gases zwischen den Gruppen angeordneten Aktivelementen 20 nach oben hin gewährleisten.

Der plattenförmige Elektrodenhalter 30 ist als Hohlkörper ausgebildet, bestehend aus einer unteren horizontalen Platte 32, einer oberen, zur ersten parallel angeordneten Platte 33 und dazu senkrechten Seitenwänden 34. Der Hohlraum dient zur Zirkulation von Kühlwasser im Innenraum 35 des Elektrodenhalters 30. Hierzu ist ein Kühlwasser-Zulaufrohr 36 vorgesehen, das randseitig in den Innenraum 35 mündet. Entlang spiralförmig verlaufenden Leitwänden 37 zirkuliert das Kühlwasser durch den Innenraum 35 des plattenförmigen Elektrodenhalters 30 bis zu dessen Zentrumsbereich und von dort wieder in den peripheren Bereich, von wo das entsprechend erwärmte Kühlwasser durch ein Kühlwasserableitrohr 38 abgezogen wird.

Der plattenförmige Elektrodenhalter 30 ist des weiteren mit mehreren Stromzuführungs-Bolzen 60 ausgerüstet, über die der elektrische Strom dem plattenförmigen Elektrodenhalter 30 zugeleitet und von dort auf die Elektrodenelemente 20 übertragen wird. Zur Verbindung der Stromzuführungsbolzen 60 mit der unteren Platte 33 des Elektrodenhalters 30 sind an der Innenfläche der unteren Platte 33 jeweils Muffen 61 verschweißt, die ein Innengewinde besitzen, mit dem der untere und mit einem Außengewinde versehene Abschnitt des entsprechenden Stromzuführungsbolzens 60 verschraubt ist. Um den Stromzuführungsbolzen 60 im Bereich des Innenraums der Zelle vor Korrosion zu schützen, ist dieser mit Schutzhülsen 62 aus korrosionsbeständigem Material umgeben.

Um den elektrischen Kontakt zwischen den Stirnflächen 22 der Aktivelemente 20 und der Fläche 31 des plattenförmigen Elektrodenhalters noch weiter zu verbessern, ist zwischen diesen Flächen ein Netz 39, z.B. aus Kupfer, eingebracht.

Der plattenförmige Elektrodenhalter 30 und die Spannelemente 41 sowie deren Spannschrauben 43 bestehen zweckmäßigerweise aus Stahl. Sie können auch aus Nickel oder aus Stahl-bzw. Nickellegierungen bestehen.

Zum Schutz dieser Bauteile gegen Korrosion sind Abdeckelemente vorgesehen. Die an der Unterseite der Spannelemente angeordneten Abdeckelemente 44 sind z.B. mittels einer Schwalbenschwanzführung an den Spannelementen 41 gesichert. Die seitlichen Abdeckelemente 45 können mit den stirnseitigen Enden der Spannelemente 41 durch Schrauben 46 verschraubt sein.

Die Aktivelemente 20 bestehen zweckmäßigerweise aus dotierter Oxid-Keramik, z.B. Zinnoxid, Nickelferrit oder Yttriumoxid.

Beispielsweise kann die Zusammensetzung wie folgt sein:

94,1 Atom-% Zinnoxid

3,8 Atom-% Kupfer

2,1 Atom-% Antimon

Bei einem speziellen Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Anode hat sich folgende Dimensionierung der stabförmigen Aktivelemente als zweckentsprechend erwiesen:

Querschnitt der oberen Stirnfläche: 3 x 3 cm

Querschnitt der unteren Stirnfläche: 2 x 2 cm

Länge: 25 cm

Keilwinkel: 20°

Abstand zwischen zwei benachbarten Gruppen von Elektrodenelementen: 1,5 cm

Die Seitenlänge des oberen Querschnitts kann zweckmäßigerweise zwischen ca. 2 und 6 cm liegen. Die Länge der Aktivelemente kann zwischen ca. 15 cm und ca. 40 cm liegen. Der erwähnte Abstand zwischen zwei Gruppen von Aktivelementen kann zwischen ca. 1 cm und ca. 2 cm liegen. Der Keilwinkel des Kopfabschnittes der jeweiligen Aktivelemente kann zwischen ca. 5° und ca. 25° betragen.

Das beschriebene Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Anode wurde in einer Elektrolysetestzelle mit folgenden Betriebsdaten betrieben:

Badzusammensetzung: Kryolith 84 Gew.-%

A1F3 5 Gew.-%

A12O3 10 Gew.-%

CaF2 1 Gew.-%

Temperatur: 980-1000 C

Klemmspannung: 4-5 Volt

Stromstärke: 30 A

Stromdichte an der Anode: 2 A/cm²

Stromdichte an der Kathode: 0,14 A/cm²

Elektrodenabstand: 3 cm

Tauchtiefe der Anoden: 2cm

Ansprüche

1. Inerte Verbundelektrode, insbesondere Anode für die Schmelzflußelektrolyse, bestehend aus einem Aktivteil in Form einer Mehrzahl von stabförmigen Aktivelementen, insbesondere aus Oxidkeramik, die mit ihren Längsachsen parallel nebeneinander und in zueinander fluchtenden Gruppen angeordnet sind,

-einem Elektrodenhalter, der eine stromleitende Platte umfaßt, mit deren einer Hauptfläche die Aktivelemente mit ihren Stirnflächen kraftschlüssig in Kontakt stehen, und

-einer Verbindungsanordnung, die die Aktivelemente gruppenweise untereinander verbindet und mit der Platte in Kontakt hält,

dadurch **gekennzeichnet**, daß

-die Aktivelemente (20) jeweils plattenseitig einen Kopfabschnitt (21) aufweisen, der in seinem senkrecht zur Fluchtlinie (25) einer Gruppe (z.B. 11, 12 usw.) liegenden Querschnitt und in Richtung der plattenseitigen Stirnfläche (22) im wesentlichen keilförmig (23) verbreitert ist, und

-mit jeder der zwei gegenüberliegenden Keilflächen (23) des Kopfabschnitts (21) des jeweiligen Aktivelements (20) ein Spannelement (41) mit einer Keilfläche (42) in Anlage gebracht ist, deren Keilwinkel dem der jeweiligen Keilfläche des Kopfabschnittes im wesentlichen entspricht.

2. Verbundelektrode nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Aktivelemente (20) einer Gruppe (z.B. 11) in deren Fluchtlinie (25) untereinander in Anlage stehen.

3. Verbundelektrode nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Leitfähigkeit des Werkstoffs der Aktivelemente (20) im Bereich des Kopfabschnitts (21) höher ist als im übrigen Bereich.

4. Verbundelektrode nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Werkstoff der Aktivelemente (20) im Bereich des Kopfabschnitts (21) ein Cermet ist, das vorzugsweise Silber enthält.

5. Verbundelektrode nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der betreffenden Hauptfläche (31) der Platte (30) und den entsprechenden Stirnflächen (22) der Aktivelemente (20) eine Kontaktschicht (39) eingebracht ist.

6. Verbundelektrode nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktschicht durch ein Netz (39) aus gut leitendem Metall, insbesondere Kupfer, gebildet ist.

7. Verbundelektrode nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Spannelement (41) zur Befestigung von zwei gegenüberliegenden Aktivelementen (20) zweier benachbarter Gruppen (z.B. 11, 12) ausgebildet ist und hierzu zwei gegenüberliegende Keilflächen (42) mit im wesentlichen spiegelbildlicher Anordnung aufweist.

8. Verbundelektrode nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Spannelement (41) im Querschnitt senkrecht zur Fluchtlinie der Gruppen der Aktivelemente trapezförmig ist.

9. Verbundelektrode nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jedem Aktivelement (20) je zwei separate Spannelemente (41) zugeordnet sind und die Länge eines Spannelements (41) der Länge eines Aktivelements (20) im wesentlichen entspricht.

10. Verbundelektrode nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß für jeweils eine Gruppe (z.B. 11) von Aktivelementen (20) je zwei durchgehende Spannelemente (41) vorgesehen sind und die Länge eines Spannelements (41) der Länge einer Gruppe (z.B. 11) von Aktivelementen (20) im wesentlichen entspricht.

11. Verbundelektrode nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannelemente (41) mittels Schrauben (43) an der Platte (30) befestigt sind.

12. Verbundelektrode nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannelemente (41), bevorzugt einschließlich ihrer Befestigungsmittel (43), gegen das Innere der Zelle durch Abdeckelemente (44, 45) aus korrosionsbeständigem Werkstoff geschützt sind.

13. Verbundelektrode nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Platte (30) gekühlt ist.

14. Verbundelektrode nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß eine Wasserkühlung vorgesehen ist.

15. Verbundelektrode nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Platte (30) als Hohlkörper ausgebildet ist, innerhalb dem Kanäle für das Kühlwasser angeordnet sind.

16. Verbundelektrode nach einem der vorhergehenden Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Stromzuleiter (60) zur Platte vorgesehen ist, der durch das Innere des Hohlkörpers hindurchgeführt und mit der Innenseite der Hauptfläche (31), mit der die Elektroden-elemente (20) in Kontakt stehen, elektrisch verbunden ist.

Fig.1

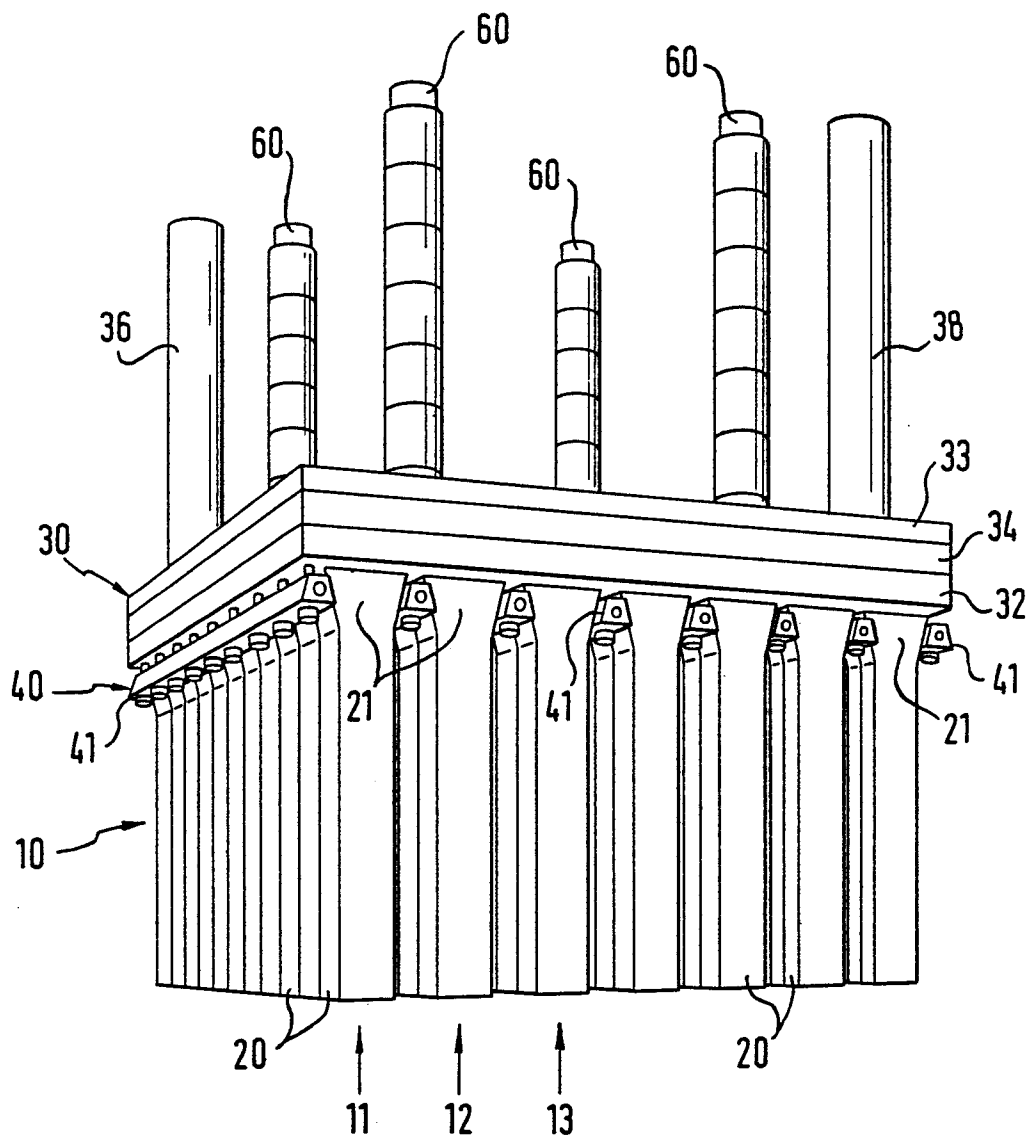
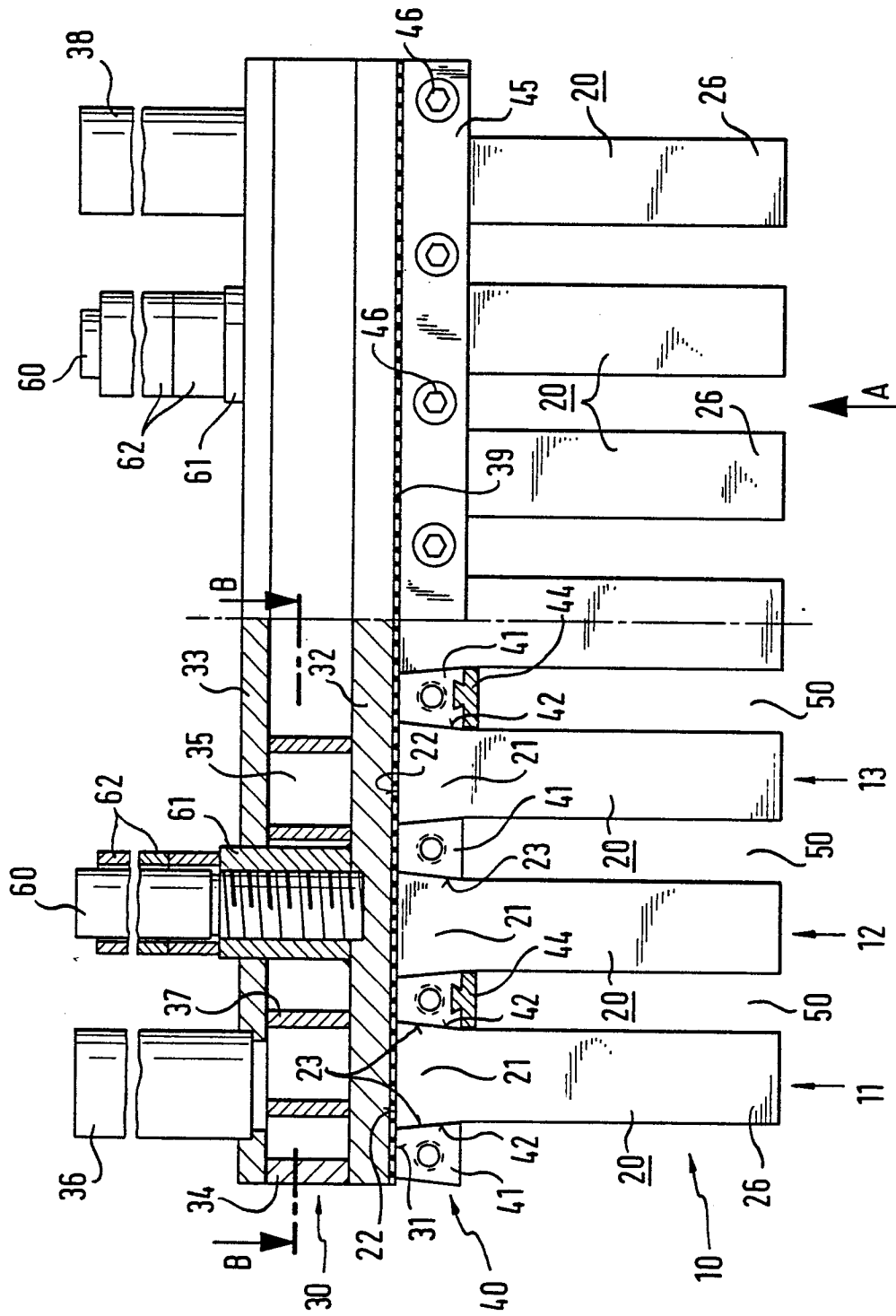


Fig. 2



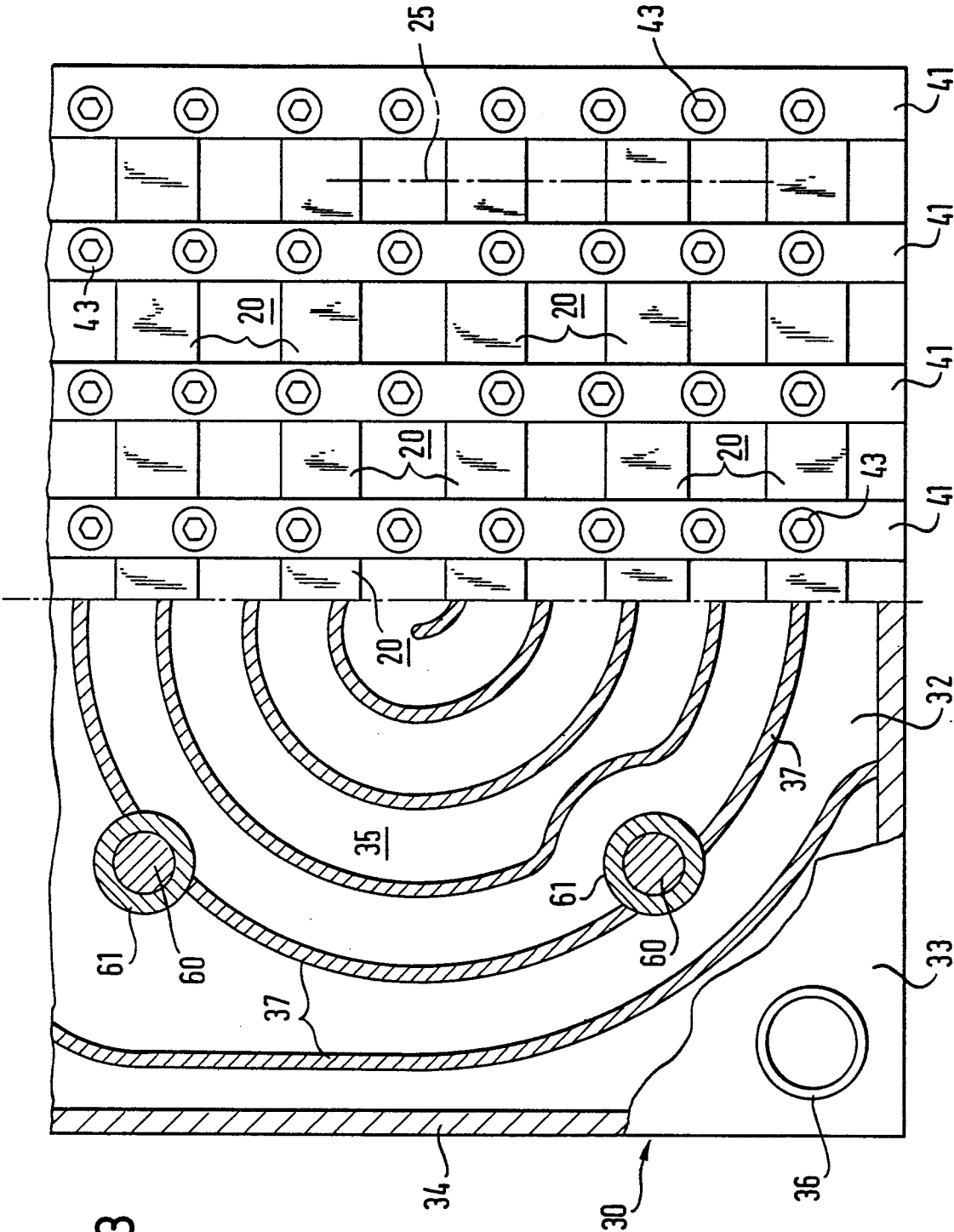


Fig. 3



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			EP 86113930.1
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 4)
D, A	DE - A1 - 3 003 922 (SCHWEIZERISCHE ALUMINIUM) * Ansprüche 1,7,8; Fig. * --	1,2,5, 6,11, 12	C 25 C 3/12 C 25 C 7/02 // C 04 B 35/00
A	EP - A1 - 0 022 921 (CONRADTY) * Seite 8, Zeilen 15-25; Fig. 5; Anspruch 10 * --	1,2,4	
A	US - A - 3 607 713 (BROWN et al.) * Fig. 13 * --	7,8, 11,12	
A	CH - A - 340 346 (ALUMINIUM INDUSTRIE) * Patentanspruch, Unteranspruch 2, Fig. 1 * ----	13,14, 15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 4)
			C 25 C C 25 B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort WIEN		Abschlußdatum der Recherche 26-01-1987	Prüfer LUX
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche 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 andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			