



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

① CH 648 605 A5

⑤ Int. Cl.⁴: C 25 C 3/16

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

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑲ Gesuchsnummer: 4786/80

⑲ Inhaber:
Schweizerische Aluminium AG, Chippis,
Zustelladresse: Neuhausen am Rheinfall

⑳ Anmeldungsdatum: 23.06.1980

㉔ Patent erteilt: 29.03.1985

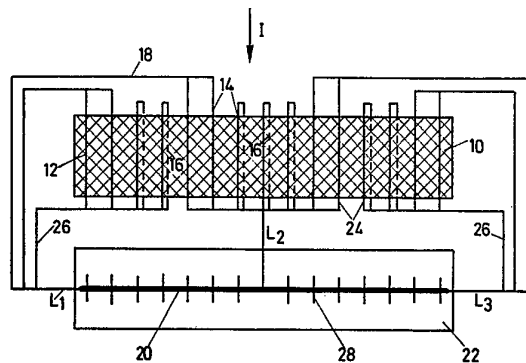
㉕ Patentschrift
veröffentlicht: 29.03.1985

㉗ Erfinder:
Blanc, Jean-Marc, Dr., Sierre

⑤④ Schienenanordnung einer Elektrolysezelle.

⑤⑦ Der elektrische Gleichstrom einer quergestellten Elektrolysezelle, insbesondere zur Herstellung von Aluminium, wird teilweise unter der Zelle durch zur Traverse der Folgezelle geleitet. Die mit den in bezug auf die allgemeine Stromrichtung (I) der Zellenreihe stromauf liegenden Kathodenbarrenenden (14) verbundenen Schienen (16, 18) aus Aluminium sind alternierend einzeln unter der Zelle durch und paketweise um die Zelle herum angeordnet.

Auf der in bezug auf (I) stromab liegenden Längsseite der Zelle sind die einzeln unter der Zelle durchführenden Schienen (16) zweckmässig zu Sammelschienen zusammengefasst; diese werden - vorzugsweise zusammen mit den ebenfalls in die Sammelschienen mündenden, um die Zelle herumgeführten Schienen (18) und/oder den mit einem stromab liegenden Kathodenbarrenende (24) verbundenen Schienen - zur Traverse der Folgezelle geführt.



PATENTANSPRÜCHE

1. Schienenanordnung zum Leiten des elektrischen Gleichstromes von den Kathodenbarrenenden einer quergestellten Elektrolysezelle, insbesondere zur Herstellung von Aluminium, zu der Traverse der Folgezelle, wobei ein Teil der Schienen unter der Zelle angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass mit den stromauf liegenden Kathodenbarrenenden (14) verbundene Schienen (16, 18) alternierend einzeln unter der Zelle (10) durch (16) und paketweise um die Zelle herum (18) angeordnet sind.
2. Schienenanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass je höchstens 5 mit den stromauf liegenden Kathodenbarrenenden (14) verbundene Schienen (16, 18) alternierend einzeln unter der Zelle (10) durch (16) und paketenweise um die Zelle herum (18) angeordnet sind.
3. Schienenanordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Zahl der unter der Zelle (10) durchgeführten Schienen (16) etwa einem Viertel der Zahl von Kathodenbarrenenden (14, 24) entspricht.
4. Schienenanordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass je eine mit den stromauf liegenden Kathodenbarrenenden (14) verbundene Schiene (16, 18) abwechselnd unter der Zelle (10) durch (16) und paketweise um die Zelle herum (18) angeordnet ist.
5. Schienenanordnung nach einem der Ansprüche 1-4, dadurch gekennzeichnet, dass die einzeln unter Zelle (10) durchführenden Schienen (16) auf der stromab liegenden Seite der Zelle in Sammelschienen (26) zusammengefasst und — vorzugsweise zusammen mit dem ebenfalls in diese Sammelschienen mündenden, um die Zelle herumgeführten Schienen (18) und/oder die mit einem stromab liegenden Kathodenbarrenende (24) verbundenen Schienen — zur Traverse (20) der Folgezelle geführt sind.
6. Schienenanordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass alle mit einem Kathodenbarrenende (14, 24) verbundenen Schienen (18, 26) zu 3-6, vorzugsweise 4 Sammelschienen zusammengefasst sind, welche in Steigleitungen (L_1, L_2, L_3, L_4) übergehen und mit der näheren Längsseite bzw. mindestens einer Stirnseite der Traverse (20) der Folgezelle (22) elektrisch leitend verbunden sind.
7. Schienenanordnung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass in alle nicht in der Zellenquerachse liegenden Sammelschienen (26) je die gleiche Anzahl von mit einem Kathodenbarrenende (14, 24) verbundene Schienen mündet, und die Steigleitungen (L) in bezug auf die Zellenquerachse symmetrisch mit der näheren Längsseite bzw. beiden Stirnseiten der Traverse (20) verbunden sind.
8. Schienenanordnung nach einem der Ansprüche 1-6, dadurch gekennzeichnet, dass die am nächsten bei der magnetisch vorherrschenden Nachbarzellenreihe liegende Steigleitung (L_1) mit der Stirnseite der Traverse (20) der Folgezelle verbunden ist, während die übrigen Steigleitungen in die nähere Traversenlängsseite münden.
9. Schienenanordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Abstände zwischen den Verbindungen der Steigleitungen (L_1, L_2, L_3, L_4) mit der Traverse (20) der Folgezelle ungefähr gleich gross sind.
10. Schienenanordnung nach einem der Ansprüche 1-6, 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die am nächsten bei der magnetisch vorherrschenden Nachbarzellenreihe liegende/n Steigleitung/en (L_1, L_2) mehr mit einem Kathodenbarrenende (14, 24) verbundene Schienen (16, 18) enthält, als die von der Nachbarzellenreihe abgewandte/n Steigleitung/en (L_3, L_4).

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Schienenanordnung zum Leiten des elektrischen Gleichstromes

von den Kathodenbarrenenden einer quergestellten Elektrolysezelle, insbesondere zur Herstellung von Aluminium, zu der Traverse der Folgezelle, wobei ein Teil der Schienen unter der Zelle angeordnet ist.

- 5 Für die Gewinnung von Aluminium durch Elektrolyse von Aluminiumoxid wird dieses in Fluoridschmelze gelöst, die zum grössten Teil aus Kryolith besteht. Das kathodisch abgeschiedene Aluminium sammelt sich unter der Fluoridschmelze auf dem Kohleboden der Zelle, wobei die Oberfläche des flüssigen Aluminiums die Kathode bildet. In die Schmelze tauchen von oben an einer Traverse befestigte Anoden ein, die bei konventionellen Verfahren aus amorphem Kohlenstoff bestehen. An den Kohleanoden entsteht durch die elektrolytische Zersetzung des Aluminiumoxids 15 Sauerstoff, der sich mit dem Kohlenstoff der Anoden zu CO_2 und CO verbindet. Die Elektrolyse findet im allgemeinen in einem Temperaturbereich von etwa $940-970^\circ C$ statt. Im Laufe der Elektrolyse verarmt der Elektrolyt an Aluminiumoxid. Bei einer unteren Konzentration von 1-2 20 Gew.-% Aluminiumoxid im Elektrolyten kommt es zum Anodeneffekt, der sich in einer Spannungserhöhung von beispielsweise 4 bis 5 V auf 30 V und darüber auswirkt. Spätestens dann muss die aus erstarrtem Elektrolytmaterial gebildete Kruste eingeschlagen und die Aluminiumoxidkonzentration durch Zugabe von neuem Aluminiumoxid 25 (Tonerde) angehoben werden.

Im Kohleboden der Elektrolysezelle sind die Kathodenbarren eingebettet, wobei deren Enden die Elektrolysewanne auf beiden Seiten durchgreifen. Diese Eisenbarren sammeln den Elektrolysestrom, welcher über die ausserhalb der Zelle angeordneten Stromschienen, die Steigleitungen, die Traverse und die Anodenstangen zu den Kohleanoden der Folgezelle fliesst.

- 35 Durch den ohmschen Widerstand von den Kathodenbarren bis zu den Anoden der Folgezelle werden Energieverluste verursacht, die in der Grössenordnung von bis zu 1 kWh/kg produziertes Aluminium liegen. Es ist deshalb wiederholt versucht worden, die Anordnung der Stromschienen in bezug auf den ohmschen Widerstand zu optimieren. Dabei müssen jedoch auch die gebildeten Vertikal-komponenten der magnetischen Induktion berücksichtigt werden, welche — zusammen mit den horizontalen Strom-dichtekomponenten — im durch den Reduktionsprozess gewonnenen flüssigen Metall ein Kraftfeld erzeugen.

- 45 In einer Aluminiumhütte mit quergestellten Elektrolysezellen erfolgt die Stromführung von Zelle zu Zelle folgendermassen: Der elektrische Gleichstrom wird von im Kohleboden der Zelle eingebetteten Kathodenbarren gesammelt und tritt in bezug auf die allgemeine Stromrichtung aus den stromauf- und stromab liegenden Enden aus. Die eisernen Kathodenbarren sind über flexible Bänder mit Stromschienen aus Aluminium verbunden. Die gegebenenfalls zu Sammelschienen zusammengefassten Stromschienen führen den Gleichstrom in den Bereich der Folgezelle, wo der Strom 55 über andere flexible Bänder und über Steigleitungen zu der die Anoden tragenden Traverse geführt wird. Die Steigleitungen sind je nach Zellentyp mit den Stirn- und/oder einer Längsseite der Traverse elektrisch leitend verbunden.

Diese für Aluminiumhütten charakteristischen Schienenführungen weisen jedoch sowohl elektrische als auch magnetische Unannehmlichkeiten auf, die in mehreren Vorveröffentlichungen zu beheben versucht worden sind.

In der GB-PS 1 032 810 wird im Rahmen einer Erfindung, welche die Ofenkapselung betrifft, offenbart, dass die 65 Stromschienen unterhalb der Elektrolysezelle angeordnet werden können. Der elektrische Strom wird von der Ofenlängsseite aus symmetrisch in die Traverse der Folgezelle eingespeist. Nach Fig. 2 werden Stromführungen 135 in be-

zug auf die Ofenquerrichtung symmetrisch unter der Zelle durchgeföhrt.

Nach der US-PS 3 415 724 wird eine Schienenföhierung angestrebt, mit welcher die magnetischen Effekte nicht erhöhrt werden, wenn die Stromstärke erhöhrt wird. Zu diesem Zweck wird ein Teil des stromauf aus den Kathodenbarrenenden austretenden Stromes, jedoch weniger als die Hälfte, unter der Zelle hindurchgeföhrt. Der übrige, stromauf aus den Kathodenbarrenenden austretende Strom wird konzentriert um die Stirnseiten der Zelle herumgeföhrt. Nach Fig. 3 liegen die den Strom unter der Zelle hindurchföhrenden Leiter in der Mitte der Elektrolysezelle und sind als Sammelschienen ausgebildet. Die Einspeisung in die Traverse der Folgezelle erfolgt in bezug auf die Ofenquerachse symmetrisch an vier Stellen der Traversenlängsseite.

Das Verfahren der DE-AS 26 13 867 offenbart eine Schienenföhierung, nach welcher ein Teil des stromauf aus den Kathodenbarrenenden austretenden Ofenstromes, zusammengefasst in zwei Schienen, in der Zellenmitte unter dem Ofen durchgeföhrt und seitlich in die Traverse des Folgeofens gespeist wird. Der Rest des stromauf austretenden Stromes wird um die Zelle herum in die Stirnseiten der Traverse der Folgezelle eingespeist (Fig. 3). Der aus den stromab liegenden Kathodenbarren austretende Strom wird zum anderen Zweig der Traverse der Folgezelle geföhrt und seitlich eingespeist.

Die Anordnung zum Kompensieren schädlicher magnetischer Einflüsse nach der DE-OS 28 45 614 umfasst drei unter der Zelle durchföhrende Sammelschienen. Der Strom wird über drei Steigleitungen in die Traverse der Folgezelle seitlich eingespeist. Diese Stromeinspeisung ist jedoch asymmetrisch, weil ein geringer Anteil des Ofenstromes um diejenige kurze Seite der Zelle herumgeleitet wird, welche der magnetisch vorherrschenden benachbarten Reihe von Zellen zugewandt ist.

Die den Stand der Technik bildenden Veröffentlichungen bzw. die in ihnen offenbarten Vorrichtungen, bei welchen ein Teil der Schienen unter der Zelle hindurch angeordnet ist, weisen den Nachteil auf, dass die magnetischen und elektrischen Unannehmlichkeiten nicht in optimaler Weise beseitigt sind.

Der Erfinder hat sich deshalb die Aufgabe gestellt, eine Schienenanordnung für quergestellte Elektrolysezellen zu schaffen, welche bei niedrigen Investitionskosten und guter Stromausbeute praktisch vernachlässigbare magnetische und elektrische Effekte erzeugt.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass mit den stromauf liegenden Kathodenbarrenenden verbundene Schienen alternierend einzeln unter der Zelle durch und paketweise um die Zelle herum angeordnet sind.

Die mit den stromauf liegenden Kathodenbarrenenden verbundenen Schienen können gruppenweise unter der Zelle durch- oder um die Zelle herumgeföhrt werden. Dabei ist wesentlich, dass die unter der Zelle durch- und um die Zelle herumgeföhrt Gruppen alternierend sind, und dass jede mit einem stromauf liegenden Kathodenbarrenende verbundene, nicht um die Zelle herumföhrende Schiene einzeln unter der Zelle hindurch geföhrt wird.

Falls z.B. drei aufeinanderfolgend angeordnete, mit den stromauf liegenden Kathodenbarrenenden verbundene Schienen eine unter der Zelle durchföhrende Dreiergruppe bilden, so werden die nächsten drei, ebenfalls stromauf liegenden Kathodenbarrenenden zu einem Paket zusammengefasst und in einer Schiene um die Zelle herumgeföhrt. Die nächste Dreiergruppe von mit den stromauf liegenden Kathodenbarrenenden verbundenen Schienen geht dann wiederum einzeln unter der Zelle durch, usw.

Die Zahl der die Gruppen bildenden Schienen ist auf fünf begrenzt; auf der anderen Seite kann die Anzahl der die Gruppen bildenden Schienen auf eins reduziert werden, wobei keine eigentlichen Gruppen, sondern Einzelschienen alternieren, d.h. in diesem letzteren Fall wechseln unter der Zelle durch föhrende Schienen und paketweise um die Zelle herumföhrende Schienen ab.

Wenn zwei bis fünf Schienen die alternierenden Gruppen bilden, ist die Anzahl der Gruppenmitglieder vorzugsweise etwa gleich gross. Mit anderen Worten heisst dies, dass bevorzugt etwa ein Viertel der mit den Kathodenbarrenenden verbundenen Schienen unter der Zelle durchgeföhrt wird. Das «etwa» muss hinzugefügt werden, weil die Anzahl von Kathodenbarrenenden wohl immer eine gerade Zahl ist, aber nicht einem Mehrfachen von vier entsprechen muss. Wenn die mit den stromauf liegenden Kathodenbarrenenden verbundenen Schienen abwechslungsweise unter der Zelle durch- und um die Zelle herumgeföhrt werden, ergibt sich dieser Sachverhalt zwangsläufig.

Auf der stromab liegenden Seite der Elektrolysezellen werden die einzeln unter der Zelle durchgeföhrt Schienen zu Sammelschienen vereinigt. In diese Sammelschienen münden ebenfalls die um die Zelle herumgeföhrt Schienen und/oder die mit einem stromab liegenden Kathodenbarrenenden verbundenen Schienen. Die Sammelschienen werden zur Traverse der Folgezelle geföhrt.

Bei grösseren Elektrolysezellen können beispielsweise alle mit einem Kathodenbarrenende verbundenen Schienen zu vier Sammelschienen zusammengefasst sein. Diese gehen in Steigleitungen über und sind elektrisch leitend mit der näheren Längsseite bzw. mit mindestens einer Stirnseite der Traverse der Folgezelle verbunden.

Grundsätzlich kann die Schienenanordnung symmetrisch oder asymmetrisch sein.

Bei einer symmetrischen Schienenföhierung mündet in alle in bezug auf die Zellenquerachse symmetrisch angeordneten Sammelschienen die gleiche Anzahl von mit einem Kathodenbarrenende verbundenen Schienen. Die Sammelschienen sind in bezug auf die Zellenquerachse symmetrisch mit der näheren Längsseite bzw. den beiden Stirnseiten der Traverse verbunden. Bevorzugt haben die Verbindungsstellen der Sammelschienen mit der Traverse der Folgezelle den gleichen Abstand.

Eine asymmetrische Stromföhierung kann im wesentlichen auf folgende Arten erreicht werden:

— Die am nächsten bei der magnetisch vorherrschenden Nachbarzellenreihe liegende Steigleitung ist mit der Stirnseite der Traverse der Folgezelle verbunden, während die übrigen Steigleitungen in die nähere Traversenlängsseite der Folgezelle münden. Die Abstände zwischen den Verbindungen der Steigleitungen mit der Traverse der Folgezelle sind vorzugsweise ungefähr gleich gross.

— In die am nächsten bei der magnetisch vorherrschenden Nachbarzellenreihe liegende/n Sammelschiene/n münden mehr mit einem Kathodenbarrenende verbundene Schienen als in die weiter von der Nachbarzellenreihe entfernte/n Sammelschiene/n.

Neben diesen beiden wichtigsten Ausführungsformen kann jedoch eine asymmetrische Stromföhierung beispielsweise auch erreicht werden, indem zur Traverse der Folgezelle föhrende Sammelschienen mit verschiedenem Querschnitt ausgebildet sind und/oder aus Materialien mit verschiedenem elektrischem Widerstand bestehen. Weiter können die Kathodenbarrenenden verschieden lang ausgestaltet sein.

Die Erfindung wird anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen schematisch:

Fig. 1 eine Elektrolysezelle mit symmetrischer Schienenführung zu der Traverse der Folgezelle

Fig. 2 einen Vertikalschnitt durch zwei nebeneinanderliegende Elektrolysezellen

Fig. 3 eine Elektrolysezelle mit asymmetrischer Schienenführung zu der Traverse der Folgezelle, mit einseitiger Stirneinspeisung

Fig. 4 eine Elektrolysezelle mit asymmetrischer Stromführung zur Traverse der Folgezelle, mit Seiteneinspeisung

Fig. 5 eine stilisierte, asymmetrische Schienenführung.

In die Elektrolysezelle 10 von Fig. 1 sind fünfzehn Kathodenbarren 12 eingebettet. Von der in bezug auf die allgemeine Stromrichtung I stromauf liegenden Kathodenbarrenenden 14 wird der elektrische Gleichstrom wie folgt abgeführt:

- Im Zentrum der Zelle führen drei Aluminiumschienen 16 den Strom der drei mittleren Kathodenbarrenenden unter der Zelle 10 durch ab.
- Die nächsten beiden Kathodenbarrenenden sind mit einer Sammelschiene 18 verbunden, welche den Strom um die Zelle herum zu der Traverse 20 der Folgezelle 22 führt.
- Von den nächsten beiden Kathodenbarrenenden wird der Strom, wie bei den mittleren Kathodenbarrenenden, mittels Schienen 16 einzeln unter der Zelle durchgeführt.
- Schliesslich sind die äusseren beiden Kathodenbarrenenden wiederum mit einer Sammelschiene 18 verbunden, die zu der Traverse 20 der Folgezelle 22 führt.

Die Schienen sind also in Zweiergruppen alternierend einzeln unter der Zelle durch und paketweise um die Zelle herum angeordnet.

Die in bezug auf die allgemeine Stromrichtung I stromab liegenden Kathodenbarrenenden 24 sind mit Sammelschienen verbunden, wobei sich die äusseren Sammelschienen 26 mit den um die Zelle herumgeführten Schienen 18 vereinigen und in einer Steigleitung L_1 bzw. L_3 zu den Stirnseiten der Traverse 20 emporgeführt werden. Die in die Steigleitung L_2 übergehende mittlere Sammelschiene mündet in der Mitte der Traverse 20 in die der Zelle 10 zugewandte Seitenfläche.

Im Bereich der Traverse 20 sind die Anodenpaare 28 angedeutet.

Die Schienenführung von Fig. 1 ist in bezug auf die Zellenquerachse absolut symmetrisch.

Im Vertikalschnitt von Fig. 2 ist ersichtlich, wie der elektrische Strom am stromauf liegenden Ende 14 des eisernen Kathodenbarrens 12 über flexible Leiter 30 zu der unter der Zelle hindurchführenden Aluminiumschiene 16 und wieder über flexible Leiter 30 zu der Sammelschiene 26 geführt wird. Diese Sammelschiene 26 geht in einen Steigleiter L über, der den Strom zu der Traverse 20 der Folgezelle 22 führt. An dieser Traverse sind mittels Anodenstangen 32 die Anoden 28 aufgehängt.

Die in Fig. 3 dargestellte, in bezug auf die allgemeine Stromrichtung I quer angeordnete Elektrolysezelle hat 25 Kathodenbarren 12, bzw. je 25 stromauf und stromab angeordnete Kathodenbarrenenden 14, 24. Die allgemeine Stromrichtung der magnetisch vorherrschenden Nachbarzellenreihe, links von Fig. 3, ist mit I_N bezeichnet.

Von den Kathodenbarrenenden 14 wird der Strom abwechselnd mit einzeln angeordneten Schienen 16 unter der Zelle 10 durch oder mit Sammelschienen 18 um die Zelle herumgeführt.

Die Schienenanordnung bzw. Stromführung ist in bezug auf die Zellenquerachse asymmetrisch, indem um die der magnetisch vorherrschenden Nachbarzellenreihe zugewandte Stirnseite der Elektrolysezelle 10 wesentlich mehr Sammelschienen 18 herumgeführt werden, als um die gegenüberliegende Stirnseite der Zelle. Weiter führt die der magnetisch vorherrschenden Nachbarzellenreihe zugewandte Steigleitung L_1 zu der Stirnseite der Traverse 20 der Folgezelle 22, während die übrigen Steigleitungen L_2 , L_3 und L_4 mit der der Zelle 10 zugewandten Seitenfläche der Traverse verbunden sind. Im vorliegenden Fall haben alle Schweissverbindungen der Steigleitungen mit der Traverse sowohl untereinander als auch von der freien Stirnseite der Traverse den gleichen Abstand.

Die in Fig. 4 dargestellte Ausführungsform der Zelle entspricht — abgesehen von der Schienenführung — derjenigen von Fig. 3. Hier sind jedoch die mit den stromauf liegenden Kathodenbarrenenden 14 verbundenen Schienen 16, 18 in Fünferpaketen alternierend einzeln unter der Zelle durch und paketweise um die Zelle herum angeordnet. Weiter ist die Schienenführung asymmetrisch, weil die Sammelschienen 18 auf der magnetisch vorherrschenden Zellenreihe zugewandten Stirnseite den Strom von zehn Kathodenbarrenenden 14 um die Zelle herumführen, auf der gegenüberliegenden Stirnseite jedoch nur denjenigen von fünf Kathodenbarrenenden 14, und weil die Steigleitungen L_1 und L_2 den Strom von je fünfzehn Kathodenbarrenenden zu der näheren Traversenseitenfläche, die Steigleitungen L_3 und L_4 nur den Strom von je zehn Kathodenbarrenenden führen. Schliesslich ist sowohl der Abstand zwischen L_1 und L_2 als auch zwischen L_3 und L_4 kleiner als der Abstand zwischen L_3 und L_4 .

In Fig. 5 sind die isolierten Schienenführungen stilisiert dargestellt. Von den stromauf liegenden Kathodenbarrenenden 14 fliesst der Strom abwechselnd über Schienen 16 unter den Zellen durch und über Sammelschienen 18 um die Zelle herum. Die um die Zelle herumführenden Sammelschienen 18, die den Strom von den Schienen 16 abnehmenden flexiblen Bänder 30 und die den Strom von den stromab liegenden Kathodenbarrenenden abnehmenden Schienen 26 vereinigen sich zu drei grossen Schienen, die in Steigleitungen L_1 , L_2 und L_3 übergehen und den Strom zur Traverse der Folgezelle führen. Wie aus Fig. 5 leicht ersehen werden kann, ist auch diese Anordnung asymmetrisch.

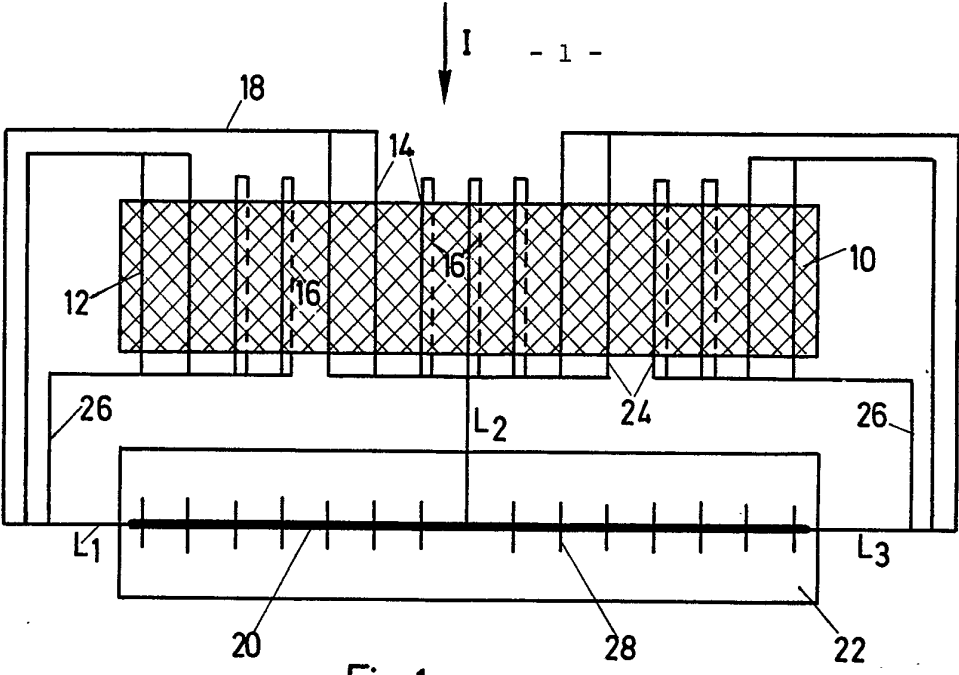


Fig. 1

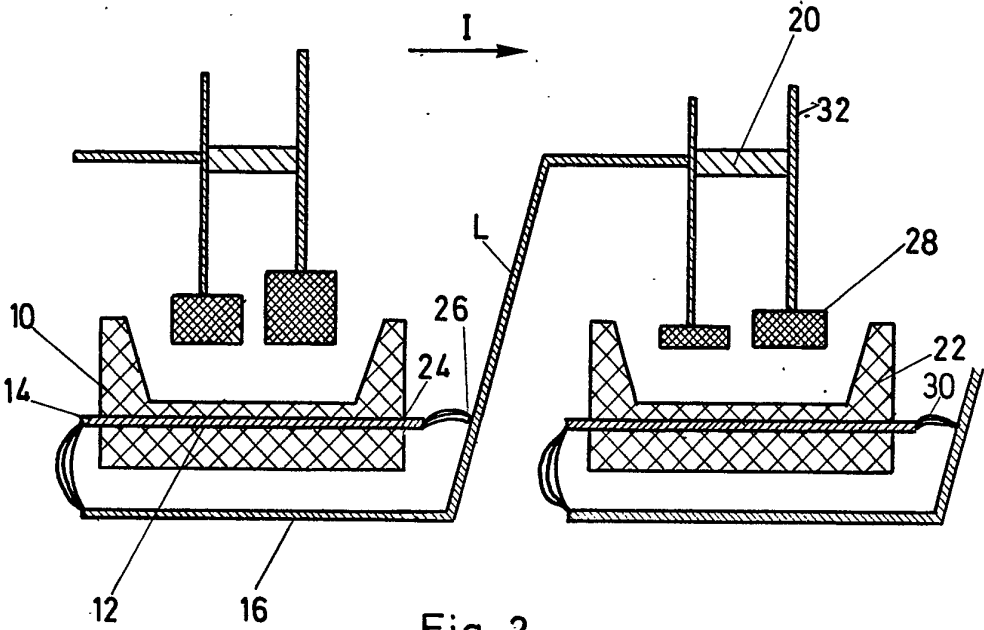


Fig. 2

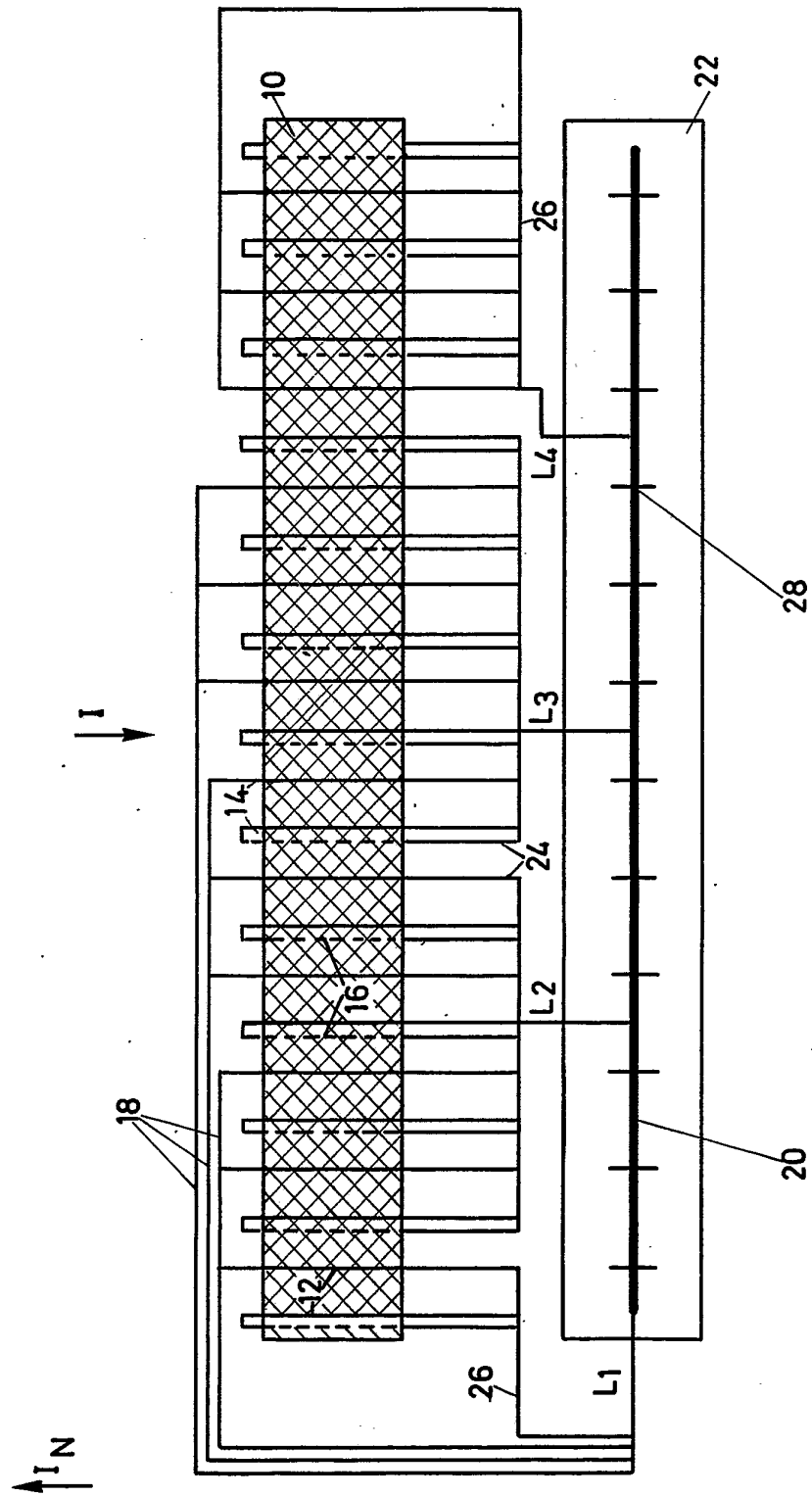


Fig. 3

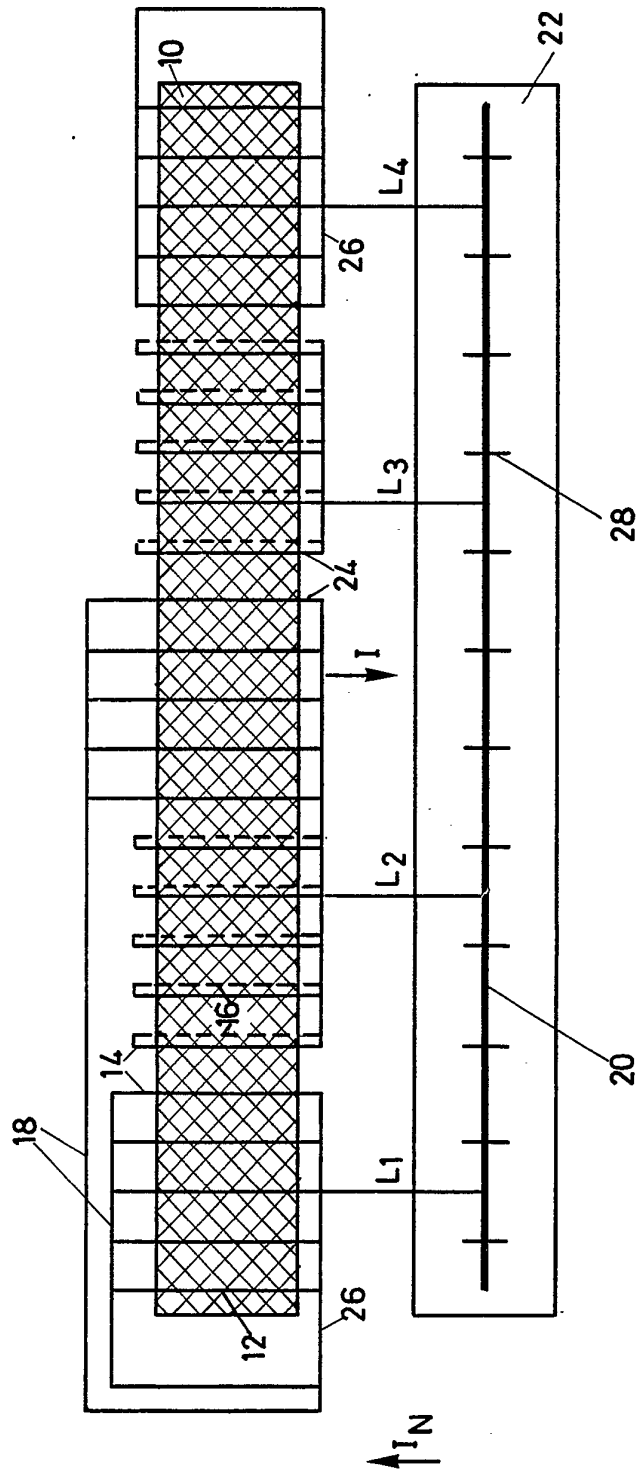


Fig.4

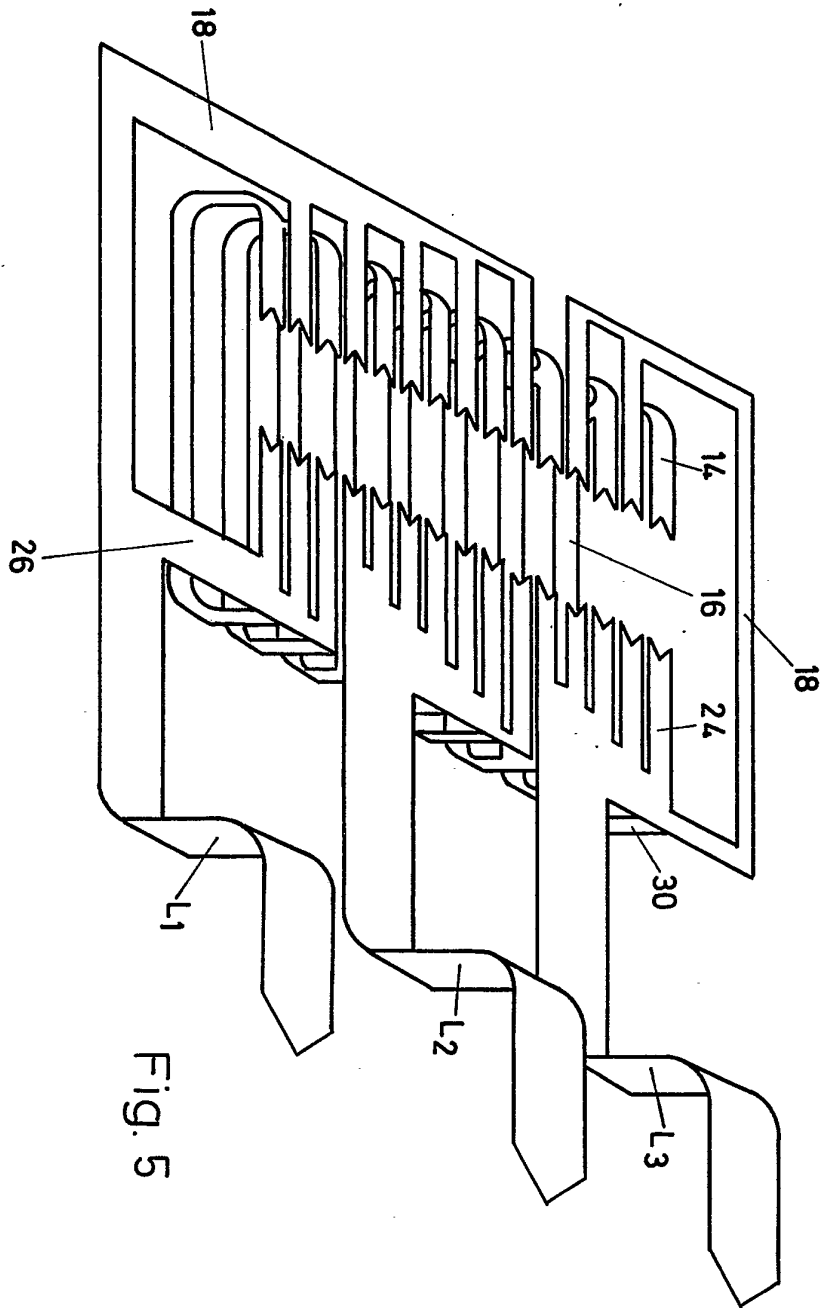


Fig. 5