CH 647 820 A5

(19) SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 647 820 A5

(51) Int. Cl.[4]: C 25 C 7/00

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

(12) PATENTSCHRIFT A5

(21) Gesuchsnummer: 3287/81

(22) Anmeldungsdatum: 20.05.1981

(24) Patent erteilt: 15.02.1985

(45) Patentschrift veröffentlicht: 15.02.1985

(73) Inhaber:
Schweizerische Aluminium AG, Chippis,
Zustelladresse:, Neuhausen am Rheinfall

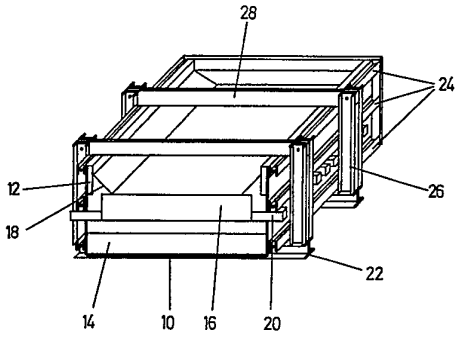
(72) Erfinder:
Fischer, Werner Karl, Venthône
Bosshard, Ernst, Fällanden

(54) Unterteil einer Schmelzflusselektrolysezelle.

(57) Ein Unterteil einer Schmelzflusselektrolysezelle, die sich insbesondere zur Herstellung von Aluminium eignet, besteht aus einer von Metallbauteilen getragenen bzw. gestützten Elektrolysewanne. Diese umfasst eine äussere Stahlwanne (10), eine wärmedämmende Isolationsschicht (14) und eine elektrisch leitende, gegen das schmelzflüssige Metall beständige Innenauskleidung (16, 18) aus Kohlenstoff.

Ein in Längsrichtung rasterförmig gegliedertes Fachwerk aus Stahlprofilen besteht aus sich einstückig über die ganze Zellenlänge erstreckenden massiven Seitenprofilen (24) und in durch Festigkeitsanforderungen und Zellenkonstruktion bestimmten Abständen angeordneten, die Seitenprofile (24) umfassenden «Cradles» (22, 26, 28). Diese «Cradles» bestehen aus paarweise an unteren Auflageprofilen (22) befestigten und von oberen Halteprofilen (28) zusammengehaltenen massiven Seitenstützen (26).

Die Elektrolysewanne ist im Fachwerk angeordnet und wird über plastisch oder elastisch verformbare, einen Gegendruck erzeugende Elemente (30, 32, 34) von den Seitenprofilen (24) fixiert.



PATENTANSPRÜCHE

1. Unterteil einer Schmelzflusselektrolysezelle, insbesondere zur Herstellung von Aluminium, bestehend aus einer von Metallbauteilen getragenen bzw. gestützten Elektrolysewanne mit einer äusseren Stahlwanne, einer wärmedämmenden Isolationsschicht und einer elektrisch leitenden, gegen das schmelzflüssige Material beständigen Innenauskleidung aus Kohlenstoff, gekennzeichnet durch

- ein in Längsrichtung rasterförmig gegliedertes Fachwerk aus Stahlprofilen, das aus sich einstückig über die ganze Zellenlänge erstreckenden, massiven Seitenprofilen (24) und in durch Festigkeitsanforderungen und Zellenkonstruktion bestimmten Abständen angeordneten, die Seitenprofile (24) umfassenden Cradles (22, 26, 28) besteht, wobei diese Cradles durch paarweise an unteren Auflageprofilen (22) befestigte und von oberen Halteprofilen (28) zusammengehaltene massive Seitenstützen (26) gebildet sind, und
- eine im Fachwerk angeordnete, über plastisch odere elastisch verformbare, einen Gegendruck erzeugende Elemente (30, 32, 34) auf den Seitenprofilen (24) fixierte Elektrolysewanne.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass pro Elektrolysezelle auf jeder Längsseite mindestens zwei Seitenprofile (24) angeordnet sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass auf jeder Längsseite der Elektrolysezelle ein Seitenprofil (24) auf der Höhe des Bodens (16) der Kohleauskleidung (16, 18) angeordnet ist.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-3, dadurch gekennzeichnet, dass die Cradles (22, 26, 28) in einem Abstand von 1-5 m, vorzugsweise 3-4 m, angeordnet sind.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-4, dadurch gekennzeichnet, dass die Cradles (22, 26, 28) in regelmässigen Abständen angeordnet sind.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-5, dadurch gekennzeichnet, dass das Fachwerk niedrig, mit vorzugsweise 1-70 cm oberhalb der Elektrolysewanne verlaufenden Halteprofilen (28), ausgebildet ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-6, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrolysewanne über plastisch oder elastisch verformbare, einen Gegendruck erzeugende Elemente (30, 32, 34) auf den Auflageprofilen (22) gelagert ist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-7, dadurch gekennzeichnet, dass der Gegendruck der verformbaren Elemente (30, 32, 34) einstellbar ist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-8, dadurch gekennzeichnet, dass als verformbare Elemente (30, 32, 34) Tellerfedern eingesetzt sind.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-9, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrolysewanne in Modulbauweise aus einzeln auswechselbaren, zusammengesetzten Elementen besteht.

Die Erfindung bezieht sich auf einen Unterteil einer Schmelzflusselektrolysezelle, insbesondere zur Herstellung von Aluminium, bestehend aus einer von Metallbauteilen getragen bzw. gestützten Elektrolysewanne mit einer äusseren Stahlwanne, einer wärmedämmenden Isolationsschicht und einer elektrisch leitenden, gegen das schmelzflüssige Material beständigen Innenauskleidung aus Kohlenstoff.

Für die Gewinnung von Aluminium durch Schmelzflusselektrolyse von Aluminiumoxid wird dieses in einer Fluoridschmelze gelöst, die zum grössten Teil aus Kryolith besteht. Das kathodisch abgeschiedene Aluminium sammelt sich unter der Fluoridschmelze auf dem Kohleboden der Zelle, wobei die Oberfläche des flüssigen Aluminiums die Kathode bildet. In die Schmelze tauchen von oben Anoden ein, die bei konventionellen Verfahren aus amorphem Kohlenstoff bestehen. An den Kohleanoden entsteht durch die elektrolytische Zersetzung des Aluminiumoxids Sauerstoff, der sich mit dem Kohlenstoff der Anoden zu CO_2 und CO verbindet. Die Elektrolyse findet in einem Temepraturbereich von etwa 940-970°C statt.

Die Kohlenstoffauskleidung erfährt im Verlaufe der Betriebsdauer eine bedeutsame Volumenzunahme. Diese wird durch das Eindringen von Komponenten, die aus dem Elektrolyten stammen, verursacht. Unter Komponenten werden beispielsweise Natrium, oder Salze, aus denen die Fluoridschmelze zusammengesetzt ist, sowie chemische Verbindungen, die durch nicht näher bekannte Reaktionen aus der Fluoridschmelze entstanden sind, verstanden.

Infolge der Volumenvergrösserung der Kohlenstoffauskleidung drückt diese auf die thermische Isolation und damit indirekt auf die Stahlwanne. Diese erleidet dadurch nichtreversible Verformungen, die sie bis in den plastischen Bereich des Stahles beanspruchen und zum Reissen bringen können. Auch die Kohleauskleidung verformt sich; meistens wölbt sich deren Boden nach oben, wodurch in ihm Risse entstehen. Das flüssige Aluminium kann dann durch diese Risse eindringen und die eisernen Kathodenbarren, welche den elektrischen Gleichstrom abführen, angreifen. Die Zerstörung der Auskleidung der Zelle kann so weit fortschreiten, dass das flüssige Aluminium aus der Zelle ausfliesst. In diesem Fall muss die Zelle im allgemeinen vorzeitig ausser Betrieb gesetzt werden. Dies führt zu teuren Reparaturen; ausserdem erleidet man durch den Stillstand der Zelle einen Produktionsverlust.

Es sind zahlreiche Versuche unternommen worden, durch das Anbringen von Versteifungen auf der Stahlwanne Verformungen und Risse zu vermeiden. Diese konnten jedoch nicht verhindert, sondern lediglich vermindert werden. Weiter stellen Versteifungen einen wesentlichen wirtschaftlichen Nachteil dar, die Zelle wird verteuert und das Gesamtgewicht der Zellenwanne erheblich erhöht.

Andere Anstrengungen hatten das Ziel, die Tränkung der Kohlenstoffauskleidung mit Elektrolytkomponenten und die daraus resultierende Volumenvergrösserung zu beseitigen. Es hat sich jedoch gezeigt, dass sich diese Volumenvergrösserung nicht vermeiden lässt und als unabdingbare Voraussetzungen hingenommen werden muss.

In der DE-AS 1 005 739 wird versucht, sowohl die Festigkeit als auch die Lebensdauer der Stahlwanne und der Innenauskleidung zu erhöhen, indem die Stahlwanne aus einer Anzahl verschiedener Einzelteile zusammengesetzt ist, welche relative Verschiebungen gegeneinander erfahren können. Diese Einzelteile sind mittels elastischer Rückführelemente auf das feststehende Gestell oberhalb der Zelle montiert. Da jedoch die nicht mehr notwendigen Versteifungsmittel durch einen komplizierten Wannenaufbau ersetzt werden, bleiben die Investitionskosten hoch.

In der DE-AS 2 633 055 wird vorgeschlagen, in der Stahlwanne eine Ausbuchtung auszuformen. Diese umfasst einen mit einem ersten, leicht verformbaren Material und einem zweiten, erst bei grösseren Kräften verformbaren Material vollständig gefüllten Stauraum zur Aufnahme des Bodens der Kohlenstoffauskleidung, welcher sich während des Betriebes in horizontaler Richtung ausdehnt. Das zweite Material weist solche mechanische Eigenschaften auf, dass die Kräfte ohne dauernde Verformung und/oder Rissbildung auf den ausgebuchteten Stahlmantel übertragen werden. Die auf den

Boden der Kohlenstoffauskleidung einwirkenden Gegenkräfte vermindern dessen Aufwölben und Durchsetzen mit Rissen.

Ein Vorschlag, die Elektrolysewanne mit Versteifungen zu belegen, aber die Elastizität der Wannenausdehnung dennoch zu erhalten, wird in der DE-OS 2 948 104 beschrieben. Die an die Seitenwände der Wanne angelegten Verstärkungen sind elastisch ausgebildet und mittels Befestigungsvorrichtungen bewegbar angeordnet. Vorzugsweise sind die Versteifungselemente hohl, so dass sich im Profil ein Temperaturgradient von 100–200°C ausbilden kann.

Schliesslich wird in der DE-OS 2 122 246 eine Elektrolysezelle mit einer Stahlwanne beschrieben, die als Kasten ausgebildet ist und aussen an der Kurzseite sowie am Boden horizontale Träger und an den Längsseiten vertikale Träger aufweist. Mit Rundmuttern ausgestattete Stiftschrauben gewährleisten eine gelenkige Verbindung des Bodens mit den vertikalen Trägern, deren untere Enden paarweise durch Distanzbauteile gestützt sind.

Obwohl die nach dem Stand der Technik vorgeschlagenen Lösungen teilweise Abhilfe bringen, bestehen für Elektrolysezellen mit extrem hohen Stromstärken noch erhebliche Probleme. Moderne Aluminiumschmelzflusselektrolysezellen mit über 200 kA Leistung können nur noch länger, nicht mehr breiter gebaut werden, weil in diesem Fall die magnetischen Probleme leichter beherrschbar sind. Bei solchen langen und schmalen Elektrolysezellen besteht eine erhöhte Neigung, bei Ausdehnung der Kohleauskleidung Torsionsbewegungen in der Längsachse auszubilden, die bis zu einer Knickung senkrecht zur Zellenlängsachse führen können. Dieser sogenannte «Schuhschachteleffekt» muss also verhindert werden, ohne die Zelle derart starr zu verankern, dass Rissbildungen auftreten können.

Die Erfinder haben sich die Aufgabe gestellt, ein Konzept für ein Unterteil einer Schmelzflusselektrolyse zu schaffen, das in allen Grössenordnungen, insbesondere auch bei Hochstromzellen über 200 kA, unkontrollierbare Deformationen verhindern kann, ohne dass der Zelle Schaden in form von Rissbildung zugefügt wird. Das Konzept soll weiter mit geringen Investitionskosten auskommen und flexibel anwendbar sein.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäss gelöst durch

- ein in Längsrichtung rasterförmig gegliedertes Fachwerk aus Stahlprofilen, das aus sich einstückig über die ganze Zellenlänge erstreckenden, massiven Seitenprofilen und in durch Festigkeitsanforderungen und Zellenkonstruktion bestimmten Abständen angeordneten, die Seitenprofile umfassenden Cradles besteht, wobei diese Cradles durch paarweise an unteren Auflageprofilen befestigte und von oberen Halteprofilen zusammengehaltene massive Seitenstützen gebildet sind, und
- eine im Fachwerk angeordnete, über plastisch oder elastisch verformbare, einen Gegendruck erzeugende Elemente auf den Seitenprofilen fixierte Elektrolysewanne.

Der mit zunehmendem Zellenalter immer grösser werdende seitliche Druck der Kohlenstoffauskleidung muss von den horizontal angeordneten Seitenprofilen und den vertikalen Seitenstützen des Fachwerks aufgefangen werden. Diese beiden Profiltypen müssen deshalb massiv dimensioniert sein, beispielsweise in Form eines Doppel-T-Breitflanschträgers oder U-Trägers. Stahlprofile mit einer Wandstärke von mindestens 1 cm sowie Flansch- und Steglängen von mehr als 10 cm können die entstehenden Kräfte auffangen, wenn die Seitenprofile mindestens alle 5 m an den Innenflanschen von Seitenstützen befestigt sind.

Die in Querrichtung der Zelle verlaufenden Auflageprofile dagegen haben lediglich das Gewicht der Zelle zu tragen, es wirken keine Dilatationskräfte auf sie ein. Ausserdem können die Auflageprofile an mehreren Orten, im Grenzfall über die ganze Länge, unterstützt sein. Insbesondere im letzten Fall genügen deshalb für die Auflageprofile hochgestellte schmale I-Träger, die neben der Trägerfunktion nur noch die Zugbeanspruchung durch die Seitenstützen aushalten müssen.

Die oberen Halteprofile müssen lediglich die von den Seitenstützen übertragenen Zugkräfte aufnehmen. Um Einrichtungen und Manipulationen an der Zelle möglichst wenig zu behindern, sind sie deshalb in Form von schmalen hochgestellten I-Trägern ausgebildet. Die Halteprofile verlaufen wenig oberhalb der Elektrolysewanne, vorzugsweise 1–70 cm.

Die einzelnen Profile des Fachwerkes sind in bekannter Weise miteinander verbunden:

- Lösbar, z.B. durch Schrauben, Bolzen oder Fügen (Ineinanderstecken der profile);
- Unlösbar, z.B. durch Schweissen.

Die Seitenstützen können auch schwenkbar an die Auflageprofile angelenkt sein.

Aus magnetischen und wirtschaftlichen Gründen werden Schmelzflusselektrolysezellen zur Herstellung von Aluminium mit grosser Leistung, z.B. über 150 kA, in der Halle quergestellt. In diesem Fall wird der elektrische Gleichstrom nicht nur in die Schmal, sondern in die Längsseite der Traverse eingespeist. Das erfindungsgemässe Fachwerk ist derart niedrig ausgebildet, dass die seitliche Einspeisung in die Traverse oberhalb der Stahlprofile erfolgen kann. Dadurch werden Manipulationen an der Elektrolysezelle durch das Fachwerk nicht oder nur wenig gestört.

Die aus unterem Auflageprofil, Seitenstützen und oberem Halteprofil gebildeten Cradles werden – je nach Festigkeitsanforderungen und Zellenkonstruktion – derart angeordnet, dass die Seitenprofile den Wannendruck ohne nennenswerte Deformationen auffangen können. Andererseits dürfen die Cradles nicht so zahlreich angeordnet werden, dass die Investitionskosten ungebührlich ansteigen oder Zellenmanipulationen, wie z.B. das Auswechseln von Anoden, ernstlich behindert werden. Die Cradles werden deshalb zweckmässig in Abständen von 1 bis 5 m, vorzugsweise zwischen 3 und 4 m, angeordnet. Weil die ganze Schmelzflusselektrolysezelle auf der Basis der geometrischen Regelmässigkeit aufgebaut ist, werden auch die Cradles bevorzugt in regelmässigen Abständen angeordnet.

Die Anzahl der Seitenprofile beträgt mindestens zwei auf jeder Zellenlängsseite, wobei mindestens ein Seitenprofil im Bereich des Kohlenstoffbodens angeordnet ist, weil dort der grösste Druck ausgeübt wird.

Das erfindungsgemässe Fachwerk ist in der Lage, bei Elektrolysezellen mit hohen bis sehr hohen Strömen nicht nur die seitliche Ausdehnung sondern auch die Ausbildung von Torsionen in der Längsachse der Zelle oder Knickungen senkrecht zu deren Längsachse zu verhindern. Dies ist insbesondere wichtig, weil sich insbesondere bei grossen, d.h. langen Zellen die Durchbiegung der Seitenwände nach dem 1^3-Gesetz auswirkt, d.h. die Durchbiegung der Zellenseitenwände steigt proportional zur dritten Potenz von deren Länge.

Die Elektrolysewanne des erfindungsgemässen Unterteils einer Schmelzflusselektrolysezelle muss nicht mehr als komplizierter Kasten mit Verstärkungselementen ausgebildet sein, sie wird vielmehr durch eine einfache äussere Stahlwanne begrenzt. Zwischen den Seitenprofilen des Fachwerks und der Elektrolysewanne sind plastisch oder elastisch ver-

formbare Elemente angeordnet. Diese Elemente können vorspannbar sein, d.h. die kalte Elektrolysezelle kann z.B. schon beim Einstampfen der Kohlemasse einem Gegendruck der verformbaren Elemente unterworfen sein. Damit wird ein «äusserer Stauraum» geschaffen und bei der Wahl von geeigneten verformbaren Elementen kann der Gegendruck beliebig eingestellt werden. Als gut geeignet haben sich mit einem Drehmomentschlüssel einstellbare Tellerfedern erwiesen. Vorteilhaft sind auch die Auflageprofile mit solchen verformbaren Elementen ausgerüstet.

In Analogie zur DE-AS 2 633 055 hat es sich auch als vorteilhaft erwiesen, zweistufige Stauräume zu bilden. Diese sind jedoch nicht in einer Ausbuchtung der Stahlwanne angeordnet, sondern zwischen Stahlwanne und horizontalen Seitenprofilen. In diesem ausserhalb der Wanne liegenden Bereich können also auch ein erstes, leicht verformbares Material und ein zweites erst bei grösseren Kräften verformbares Material eingebaut sein. In diesem Zusammenhang wird insbesondere auf die Fig. 4 bis 7 und deren Beschreibung in der DE-AS 2 633 055 verwiesen. Das zweite, schwer verformbare Material ist auf der Höhe des Kohlebodens angeordnet; damit der Gegendruck aufgefangen werden kann, verläuft im Fachwerk auf derselben Höhe ein massives Seitenprofil.

Schliesslich besteht ein weiteres wesentliches Merkmal darin, dass das erfindungsgemässe Fachwerk mit durchgehenden massiven Seitenprofilen erlaubt, eine Elektrolysewanne in Elementbauweise einzubauen. Bei der Schmelzflusselektrolyse zur Herstellung von Aluminium beispielsweise kann eine quergestellte Zelle aus Wannenelementen aufgebaut sein, die je eine Stromstärke von 60 kA erlauben. Die Modulbauweise basiert also auf Wannenelementen, die vorzugsweise stossförmig zusammengesetzt sind und bei einem vorzeitigen Defekt einzeln ausgewechselt werden könnten. Dies kann einen enormen wirtschaftlichen Vorteil bedeuten.

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

Fig. 1 einen aufgeschnittenen, perspektivisch dargestellten Ausschnitt aus einer Aluminiumschmelzflusselektrolysezelle

Fig. 2 und 3 vertikale Teilschnitte durch eine Aluminiumschmelzflusselektrolysezelle, welche die in Fig. 1 einfachheitshalber weggelassen elastisch oder plastisch verformbaren Elemente zeigen.

Der in Fig. 1 dargestellte Ausschnitt aus dem Unterteil einer Aluminiumschmelzflusselektrolysezelle besteht im wesentlichen aus einem Fachwerk und der darin eingelagerten Wanne. Diese Elektrolysewanne wird nach aussen von einer Stahlwanne 10 begrenzt, die am oberen Bord durch Ausbildung eines rechteckigen Kohlebordblocks 12 verstärkt ist. Eine thermische Isolationsschicht 14 verhindert zu grosse Wärmeverluste während der Schmelzflusselektrolyse. Die innere Kohlenstoffauskleidung besteht aus dem Wannenboden 16 und dem Seitenbord 18.

Diese Formteile aus Kohlenstoff bilden die Kathode der leeren Schmelzflusselektrolysezelle, der elektrische Gleichstrom wird durch eiserne Kathodenbarren 20 abgeführt.

Während des Elektrolyseprozesses ist die Kohlenstoffauskleidung 16, 18 mit flüssigem Aluminium und dem darauf liegenden Elektrolyten gefüllt.

Der Boden der Stahlwanne 10 wird durch Auflageprofile 22 gestützt, welche aufrecht I- oder schmale Doppel-T-Profile sind. Die Seitenwände der Stahlwanne werden auf jeder Seite durch je drei Doppel-T-Breitflanschprofile gestützt, welche sich in horizontaler Richtung über die ganze Zellenlänge erstrecken. Das mittlere der Seitenprofile 24 liegt auf der Höhe des Kohlenstoffbodens 16. Alle Seitenprofile 24 sind ihrerseits an aus stirnseitig gegeneinander liegenden U-Profilen befestigt, welche die Seitenstützen 26 bilden. Diese Seitenstützen 26 sind im vorliegenden Fall mit je einem Ende der Auflageprofile 22 verschweisst und werden oben von mittels Bolzen befestigten Halteprofilen 28 verankert.

Ein Auflageprofil 22, zwei Seitenstützen 26 und ein Halteprofil 28 bilden ein Cradle. Diese Cradles sind im vorliegenden Beispiel in einem Abstand angeordnet, der dem vierfachen Abstand der Kathodenbarren 20 entspricht. Das Halteprofil 28 darf nicht Kathodenpotential haben, entweder muss das ganze Cradle, oder das Halteprofil 28 gegenüber den Seitenstützen 26 isoliert sein.

Der in Fig. 2 vergrössert dargestellte Randbereich einer Elektrolysezelle hat zwischen den auf die Seitenwand 11 der Stahlwanne 10 geschweissten Seitenprofilen 24 und den Seitenstützen 26 einen ausserhalb der Zelle liegenden vertikalen Stauraum. Die von zwei tellerförmigen Auflageplatten 34 gestützten Druckfedern 30 können mit einer Schraube 32 individuell vorgespannt werden. Bei kalter Zelle können alle Federn gleich stark angezogen werden. Da der grösste Druck vom Kohleboden 16 ausgeübt wird, werden jedoch die auf dieser Höhe angeordneten Federn bevorzugt stärker vorgespannt.

In der Anordnung nach Fig. 3 liegen die auf die Seitenwand 11 der Stahlwanne 10 geschweissten Seitenprofile 24 direkt auf den Seitenstützen 26. Auflage- 22 und Halteprofile 28 sind fixiert und auf den Stirnseiten für die Aufnahme von Schrauben 32 ausgerüstet. Eine individuelle Vorspannung der Seitenstützen 26 gegenüber Halte- 22 bzw. Auflageprofil 28 kann eingestellt werden, indem eine Schraube 32 auf eine Auflageplatte 34 drückt, welche ihrerseits auf mindestens eine Druckfeder 30 einwirkt.

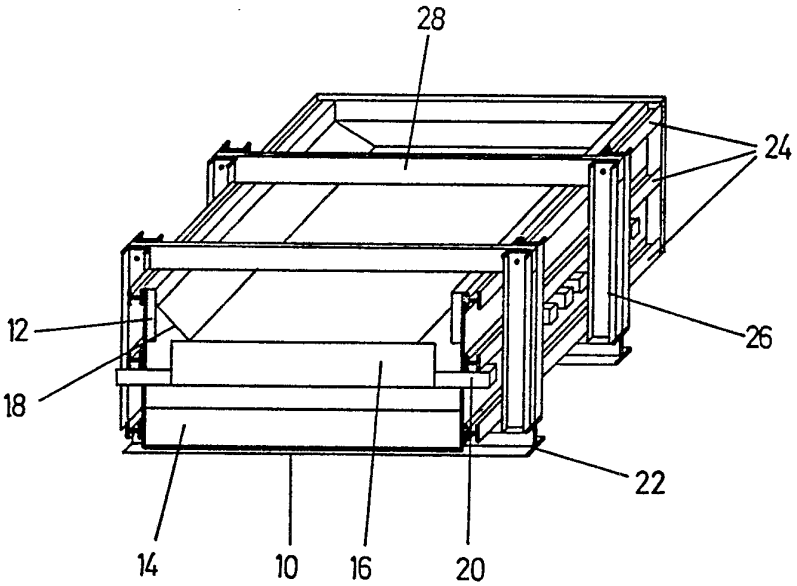


Fig. 1

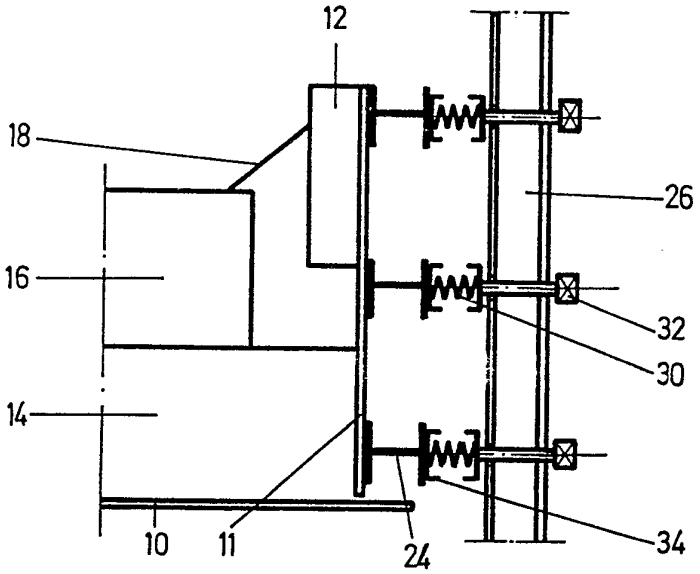


Fig. 2

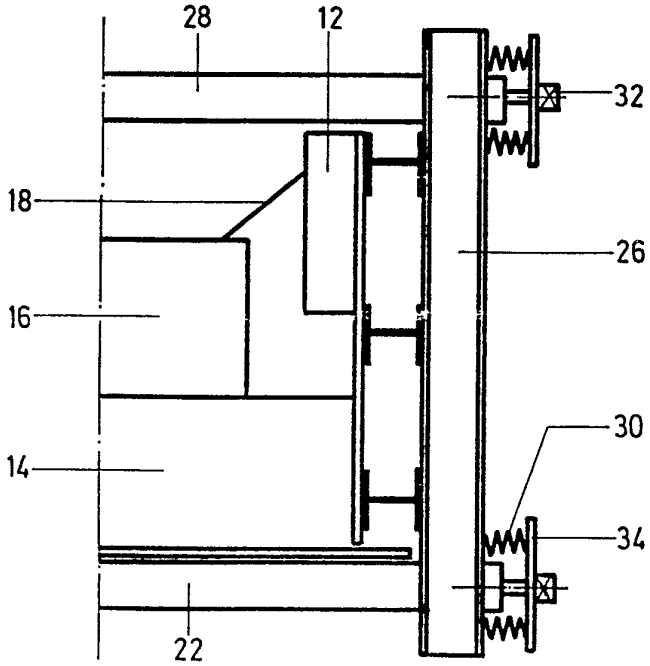


Fig. 3