

19



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

11 Veröffentlichungsnummer:

**0 124 480**  
**A1**

12

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 84810176.2

51 Int. Cl.<sup>3</sup>: **F 15 B 11/08**

22 Anmeldetag: 10.04.84

30 Priorität: 03.05.83 CH 2386/83

71 Anmelder: **SCHWEIZERISCHE ALUMINIUM AG,**  
**CH-3965 Chippis (CH)**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung: 07.11.84  
Patentblatt 84/45

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

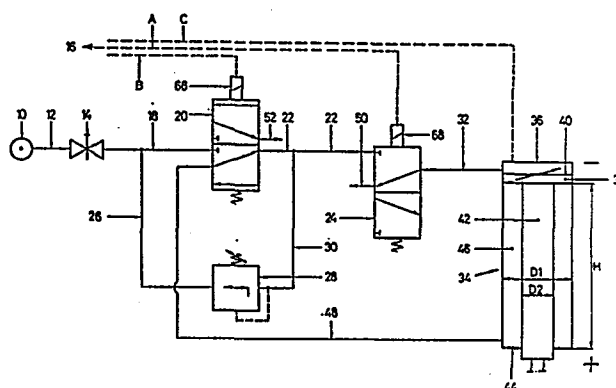
72 Erfinder: **Pfister, Hans, Lerchenweg 4,**  
**CH-8600 Dübendorf (CH)**

54 **Elektropneumatisches Antriebssystem für Krustenbrechvorrichtungen und Verfahren zu deren Betrieb.**

57 Das für Elektrolysezellen zur Herstellung von Aluminium verwendete Antriebssystem wird aus einem Druckluftnetz mit Kompressor und Druckluftspeicher gespeist. Es umfasst mindestens einen Arbeitszylinder (34) mit Kolben (38) und Kolbenstange (42), einen nach der Netzabzweigung eingebauten Schieber (14), Ventile (20, 24, 28), Druckluftleitungen (18, 22, 26, 30, 32, 48) und einen Mikroprozessor (16).

Im normalen Arbeitszyklus während der Stossbewegung bildet der Arbeitszylinder (34) mit einem 5/2-Wegeventil (20), einem 3/2-Wegeventil (24) und entsprechenden Druckluftleitungen (48, 22, 32) einen Kreislauf, der über ein Druckluftreduzierventil (28) und dessen Druckluftleitung (30) gespeist wird.

Durch kurzzeitige Umschaltung des 5/2-Wegeventils (20) kann Normaldruck eingeschaltet und die positive Kammer (46) des Arbeitszylinders (34) entlüftet werden, wodurch die Stosskraft des Systems stark erhöht wird.



**EP 0 124 480 A1**

Elektropneumatisches Antriebssystem für  
Krustenbrechvorrichtungen und Verfahren zu deren Betrieb

Die Erfindung betrifft ein aus einem Druckluftnetz mit Kom-  
pressor und Druckluftspeicher gespeistes elektropneumati-  
5 sches Antriebssystem für Krustenbrechvorrichtungen von Alu-  
miniumschmelzflusselektrolysezellen, welches aus mindestens  
einem Arbeitszylinder mit Kolben und Kolbenstange, einem  
nach der Netzabzweigung eingebauten Schieber, Ventilen,  
10 Druckluftleitungen und einem Mikroprozessor besteht. Weiter  
bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zum Betrieb  
des elektropneumatischen Antriebssystems.

Für die Gewinnung von Aluminium durch Schmelzflusselektro-  
15 lyse von Aluminiumoxid wird dieses in einer Fluoridschmelze  
gelöst, die zum grössten Teil aus Kryolith besteht. Das ka-  
thodisch abgeschiedene Aluminium sammelt sich unter der  
Fluoridschmelze auf dem Kohleboden der Zelle, wobei die  
Oberfläche des flüssigen Aluminiums die Kathode bildet. In  
20 die Schmelze tauchen von oben Anoden ein, die bei konven-  
tionellen Verfahren aus amorphem Kohlenstoff bestehen. An  
den Kohleanoden entsteht durch die elektrolytische Zerset-  
zung des Aluminiumoxids Sauerstoff, der sich mit dem Kohlen-  
stoff der Anoden zu  $\text{CO}_2$  und  $\text{CO}$  verbindet. Die Elektrolyse  
25 findet in einem Temperaturbereich von etwa  $940 - 970^\circ\text{C}$   
statt.

Im Laufe der Elektrolyse wird also das Aluminiumoxid bzw.  
die Tonerde im Elektrolyten verbraucht. Bei einer unteren  
30 Konzentration von etwa 1 - 2 Gew.-% Tonerde im Elektrolyten  
kommt es zum Anodeneffekt, der sich in einer Erhöhung der

Spannung von beispielsweise 4 - 5 V auf 30 V und darüber  
auswirkt. Moderne Elektrolysezellen werden deshalb im Be-  
trieb in Intervallen von wenigen Minuten bedient, auch wenn  
kein Anodeneffekt auftritt. Dabei ist wesentlich, dass  
5 stets ein entsprechender Krustendurchbruch offen ist, damit  
die Tonerde portionenweise in den Elektrolyten eingespeist  
werden kann. Bei modernen Elektrolysezellen sind daher  
stets Tonerdechargierungs- und Krustenbrechvorrichtung ört-  
lich und funktionell miteinander kombiniert. Eine elektro-  
10 nische Prozesssteuerung löst im normalen Betrieb z. B. alle  
2 - 5 Min. das Absenken und Hochheben des Brechmeissels der  
Krustenbrechvorrichtung aus, unmittelbar darauf oder vorher  
erfolgt die Tonerdechargierung. Bei einem Anodeneffekt wird  
die Frequenz stark erhöht.

15

Das Absenken des Brechmeissels bewirkt, dass allfällig in  
der Oeffnung erstarrtes Elektrolytmaterial nach unten ge-  
drückt und im Schmelzfluss wieder aufgelöst wird.

20 Praktisch durchwegs wird der Brechmeissel der Krustenbrech-  
vorrichtung pneumatisch angetrieben. Durch einen mechanisch  
oder pneumatisch betätigbaren Endschalter wird die Senkbe-  
wegung des Meissels beendet und dessen Rückkehr in die  
Ruhelage ausgelöst. Die Anzeige der Endstellung des Brech-  
25 meissels kann jedoch auch über eine Potentialmessung erfol-  
gen, indem beim Eintauchen des Meissels in den Elektrolyten  
ein Stromkreis kurzgeschlossen wird.

In grossen Elektrolysehallen mit Hundert oder mehr Elektro-  
30 lysezellen, die mit je mindestens einer Krusteneinschlag-  
vorrichtung ausgerüstet sind, werden riesige Druckluftmen-

gen verbraucht, was einen entscheidenden Kostenfaktor darstellt. Zwangsläufig ist dazu viel Energie notwendig.

Der Erfinder hat sich die Aufgabe gestellt, ein pneumatisches Antriebssystem für Krustenbrechvorrichtungen von Aluminiumschmelzflusselektrolysezellen und ein Verfahren zu dessen Betrieb zu schaffen, das mit wesentlich weniger Druckluft bzw. Energie die gleiche Leistung erbringt. Das pneumatische Antriebssystem soll von einem Druckluftnetz mit Druckluftspeicher gespeist werden und aus mindestens einem Arbeitszylinder mit Kolben und Kolbenstange, einem nach der Netzabzweigung eingebauten Schieber, Ventilen, Druckluftleitungen und einem Mikroprozessor zur Steuerung der Ventile bestehen.

15

In bezug auf die Vorrichtung wird die Aufgabe gelöst durch

- ein nach dem Schieber eingebautes 5/2-Wegeventil mit einem durch den Mikroprozessor über einen Anschluss steuerbaren Betätigungsorgan,
- 20 - ein über Druckluftleitungen parallel zum 5/2-Wegeventil eingebautes Druckreduzierventil,
- ein nach dem 5/2-Wegeventil bzw. dem Druckreduzierventil eingebautes 3/2-Wegeventil mit einem durch den Mikroprozessor über einen Anschluss steuerbaren Betätigungsorgan,
- 25 - einen Arbeitszylinder, der über entlüftbare Druckluftleitungen auf der Seite von dessen Zylinderkopf - der negativen Seite - mit dem 3/2-Wegeventil und auf der anderen, von der Kolbenstange durchgriffenen Seite - der positiven Seite - mit dem 5/2-Wegeventil
- 30 verbunden ist,

- einen im Arbeitszylinder axial bewegbaren Kolben mit einer einen verhältnismässig grossen Aussendurchmesser aufweisenden Kolbenstange, die mit dem Brechmeissel für die Kruste verbunden ist, und
- 5     - eine das Ende der Stossbewegung des elektropneumatischen Antriebssystems anzeigende Vorrichtung, die über einen Anschluss mit dem Mikroprozessor verbunden ist,

wobei der Arbeitszylinder im normalen Arbeitszyklus während  
10 der Stossbewegung mit dem 5/2-Wegeventil, dem 3/2-Wegeventil und den entsprechenden Druckleitungen einen über das Druckreduzierventil und dessen Druckluftleitung gespeisten Kreislauf bildet.

15 Dank des gebildeten Kreislaufs kann die bei der Stossbewegung aus dem Arbeitszylinder austretende Druckluft wieder verwendet werden. Sie wird auf der negativen Seite in den Arbeitszylinder eingespeist. Die Kolbenbewegung erfolgt, weil auf der positiven Seite die dem reduzierten Druck aus-  
20 gesetzte Kolbenfläche um den Querschnitt der Kolbenstange kleiner ist als auf der negativen Seite.

Bei einer als Bedienungseinheit von Schmelzflusselektrolysezelle zur Herstellung von Aluminium ausgebildeten Kombi-  
25 nation von Tonerdechargier- und Krusteneinschlagvorrichtung kann die bei der Rückbewegung des Kolbens ausgeblasene Luft noch nutzbringend verwendet werden, wenn sie in den Bereich der Dosiervorrichtung, in den konischen Teil des Tagessilos, eingeblasen wird. Dadurch wird die im untersten  
30 Teil des Silos dem grössten statischen Druck ausgesetzte Tonerde fliessfähiger gemacht, ohne dass dafür besondere Energie aufgewendet werden muss.

Bei der Dimensionierung des Querschnitts der Kolbenstange bzw. von deren Aussendurchmesser müssen zwei Faktoren berücksichtigt werden:

- 5     - Je kleiner die Kolbenstange ausgebildet ist, desto geringer ist die auf den Kolben einwirkende Kraftdifferenz zwischen der negativen und der positiven Seite, d.h. desto geringer die Leistung des Kolbens.
- 10    - Der im allgemeinen vertikal oder nahezu vertikal angeordnete Arbeitszylinder von Krustenbrechvorrichtungen in Schmelzflusselektrolysezellen muss auch einen in der Krustenöffnung verklemmten Brechmeissel noch mit reduziertem Druck hochheben können. Deshalb darf der Aussendurchmesser der Kolbenstange nicht zu gross sein, auch wenn dies vom Wirkungsgrad her gesehen wünschenswert wäre.
- 15

Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, Kolbenstangen mit einem Aussendurchmesser, der 25 - 85 %, vorzugsweise 40 - 70 %, des Innendurchmessers des Arbeitszylinders beträgt, auszubilden.

Weil Kolbenstangen, entsprechend den obenstehenden Ausführungen, im allgemeinen einen verhältnismässig grossen Aussendurchmesser haben müssen, sind sie zweckmässig rohrförmig ausgebildet.

Die in Ruhestellung gebrachte Krustenbrechvorrichtung für Elektrolysezellen muss den Brechmeissel aus dem Bereich der Kohlenstoffanoden entfernt haben, damit beim Anodenwechsel oder anderen Arbeitsgängen an der Elektrolysezelle keine

Beschädigungen entstehen. Dazu hat sich ein Hubbereich des Arbeitszylinders von 400 - 600 mm als vorteilhaft erwiesen.

Der aus wirtschaftlichen Gründen (Druckluftverbrauch, Materialverschleiss) im Normalbetrieb mit reduziertem Druck betriebene Druckluftkreislauf wird von einem Druckreduzier-  
5 ventil gespeist, das den Netzdruck um 35 - 75 %, vorzugsweise 45 - 55 % reduziert. Der Netzdruck liegt im allgemeinen bei 6 - 8 bar.

10

In der Praxis sind dieses Druckreduzierventil und die übrigen Ventile auf einer gemeinsamen Grundplatte, zweckmässig auf dem Zylinderkopf des Arbeitszylinders, angeordnet. Dieser liegt ausserhalb des heissen Bereichs der Zelle und ist  
15 von aussen leicht zugänglich.

In Ruhelage wird der Kolben des Arbeitszylinders auf der positiven Seite bevorzugt mit reduziertem Netzdruck beaufschlagt, während die negative Seite des Arbeitszylinders  
20 entlüftet ist. Der Kolben wird z. B. an einen Anschlag des Zylinderkopfs gedrückt. Für eine längerfristige Fixierung in der Ruhelage, insbesondere bei der Demontage der Krustenbrechvorrichtung, kann der Kolben mit einer Verriegelung arretiert werden.

25

Im praktischen Betrieb der Elektrolysezelle muss festgestellt werden können, ob der Brechmeissel die Kruste vollständig durchstossen hat oder nicht. Dazu wird z. B. im Innenraum des Arbeitszylinders ein mechanisch bzw. pneumatisch betätigbarer Endschalter angeordnet. Mittels eines  
30 elektrischen Stromkreises kann auch der Moment des Eintauchens

chens des Meissels in den elektrisch leitfähigen, schmelzflüssigen Elektrolyten als Endposition angezeigt werden.

In bezug auf das Verfahren zum Betrieb der Vorrichtung wird  
5 die Aufgabe erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass der Mikroprozessor in einem ersten einstellbaren Zeitintervall alternativ

10 - das in Ruhelage befindliche 3/2-Wegeventil, welches den zwischen dem Zylinderkopf und dem Kolben liegenden Innenraum des Arbeitszylinders über eine Druckluftleitung entlüftet, durch einen Ansteuerungsimpuls umsteuert, wodurch der geschlossene Kreislauf gebildet wird, sowie ggf. den Kolben entriegelt, und

15 - nach dem Erreichen der Endstellung den Ansteuerungsimpuls für das 3/2-Wegeventil aufhebt, sowie ggf. den Kolben verriegelt.

20 Erreicht der Brechmeissel der Krustenbrechvorrichtung während eines zweiten einstellbaren Zeitintervalls die Endstellung nicht, so steuert der Mikroprozessor das 5/2-Wegeventil mit einem Ansteuerungsimpuls um. Dadurch wird das Druckreduzierventil ausgeschaltet und der von der Kolben-  
25 stange durchgriffene Innenraum des Arbeitszylinders, das positive Ende, wird über eine Druckluftleitung und das 5/2-Wegeventil entlüftet.



Das Nichterreichen der Endstellung durch den Meissel heisst, dass die Kruste nicht durchstossen wird und deshalb die eingespeiste Tonerde nicht in den Schmelzfluss gelangt. Durch das Umschalten des 5/2-Wegeventils wird die auf den  
5 Meissel durch das pneumatische Antriebssystem ausgeübte Kraft um ein Mehrfaches erhöht:

- Der auf der negativen Seite des Arbeitszylinders auf den Kolben ausgeübte Druck wird vergrössert, damit  
10 auch die Kraft.

- Durch die Entlüftung der positiven Seite des Arbeitszylinders fällt der Gegendruck weg, wodurch die auf den Kolben ausgeübte Kraft nochmals erhöht wird.  
15

Erreicht der Meissel trotz der Umschaltung die Endstellung nicht, so wird durch den Mikroprozessor kurzfristig hintereinander die Wiederholung der Schlagbewegung ausgelöst, bis die Kruste durchbrochen ist.

20

Zur höchstmöglichen Energieeinsparung kann die Steuerung durch den Mikroprozessor so eingestellt werden, dass nur im untersten Bereich der Stossbewegung, beispielsweise in den untersten 100 mm des Hubs, durch Umschaltung des 5/2-Wege-  
25 ventils die volle Kraft ausgeübt wird. Bei kurzfristiger Wiederholung der Bewegung mit voller Schlagkraft wird der Meissel in diesem Fall nur in diesem untersten Hubbereich bewegt und entsprechend weniger Druckluft verbraucht.

30 Bei allen Schaltungsvarianten erfolgt die Rückbewegung zur negativen Seite des Zylinders stets mit reduziertem Druck.

Für das elektropneumatische Antriebssystem beträgt der dem Speisenetz entnommene Druck üblicherweise 6 - 8 bar, der reduzierte Druck 3 - 4 bar. Das erste einstellbare Zeitintervall für den Normalbetrieb der Vorrichtung liegt im  
5 praktischen Elektrolysebetrieb zweckmässig im Bereich von 1 - 5 Min. Das zweite einstellbare Zeitintervall für die Auslösung des erhöhten Drucks beträgt das 0 - 3fache des ersten Zeitintervalls. Wenn der Brechmeissel die Endstellung (vollständig durchstossene Kruste) nicht erreicht,  
10 wird vorzugsweise sofort oder nach wenigen Sekunden auf volle Kraft umgeschaltet. Nach einer andern Variante kann vorerst in kürzeren Zeitabständen als das erste einstellbare Zeitintervall die Senkbewegung des Brechmeissels mit reduziertem Druck wiederholt und erst dann auf volle Kraft  
15 umgeschaltet werden.

Es liegt auch im Rahmen der Erfindung, einen geschlossenen Kreislauf, gebildet aus dem Arbeitszylinder, dem 5/2-Wegeventil, dem 3/2-Wegeventil und den entsprechenden Druck-  
20 luftleitungen, einzusetzen, der nicht vom Druckreduzierventil, sondern direkt vom Abzweiger des Speisenetzes gespeist wird. Dadurch kann die Stosskraft des Antriebssystems entsprechend erhöht werden. Die maximal mögliche Kraft kann man aber erst erreichen, wenn nicht nur das Druckreduzier-  
25 ventil ausgeschaltet, sondern zusätzlich die positive Seite des Arbeitszylinders entlüftet wird. Selbstverständlich ist in diesen Fällen auch der Druckluftverbrauch entsprechend grösser.

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

- Fig. 1 eine Uebersichtsskizze der elektropneumatischen Steuerung für Arbeitszylinder für Krustenbrechvorrichtungen von Schmelzflusselektrolysezellen zur Herstellung von Aluminium

5

- Fig. 2 einen Schnitt durch den negativen Teil des Arbeitszylinders.

Aus einem in Industriebetrieben üblichen Druckluftspeisetz 10 führt eine Rohrabzweigung 12 zu einem Schieber 14, der zweckmässig manuell betätigbar ist. Das Druckluftspeisetz 10 wird von einem Kompressor betrieben und ist durch einen Druckluftspeicher stabilisiert.

15 Vom Schieber 14 führt eine Druckluftleitung 18 zum 5/2-Wegeventil 20. Die aus dem 5/2-Wegeventil austretende Druckluftleitung 22 führt zum 3/2-Wegeventil 24.

Von der Druckluftleitung 18 zweigt eine Druckluftleitung 26 ab und führt zum Druckreduzierventil 28. Der reduzierte Druck wird über die Druckluftleitung 30 in die Druckluftleitung 22 eingespeist. Die Druckluftleitungen 26 und 30 und das Druckreduzierventil 28 bilden also einen By-Pass zum 5/2-Wegeventil.

25

Vom 3/2-Wegeventil 24 führt eine Druckluftleitung 32 zur negativen Seite des Arbeitszylinders 34, mit anderen Worten zum zwischen dem Zylinderkopf 36 und dem Kolben 38 gebildeten Hohlraum 40. Der Arbeitszylinder 34 hat einen inneren Durchmesser  $D_1$ , die darin mit einem Hub  $H$  axial bewegliche Kolbenstange 42 hat einen Aussendurchmesser  $D_2$ .

Der von der Innenseite des Arbeitszylinders 34, der Kolbenstange 42, den Kolben 38 und den Zylinderfuss 44 begrenzte Innenraum 46 wird als positive Seite des Arbeitszylinders bezeichnet. Dieser Innenraum 46 ist über eine Druckluftleitung 48 mit dem 5/2-Wegeventil 20 verbunden.

In Ruhelage des pneumatischen Antriebssystems ist der Innenraum 40 über die Druckluftleitung 32 und das 3/2-Wegeventil 24 über einen Stutzen 50 entlüftet, während der Innenraum 46 unter reduziertem Druck gehalten wird.

Zu Beginn der Arbeitsphase steuert der Mikroprozessor 16 das 3/2-Wegeventil 24 über den Anschluss A und ein Betätigungsorgan 68 um, der auf der negativen Seite des Arbeitszylinders 34 liegende Innenraum 40 wird unter reduziertem Druck gesetzt. Muss die Stosskraft des Arbeitszylinders 34 kurzzeitig erhöht werden, so

- steuert der Mikroprozessor 16 das 5/2-Wegeventil 20 über den Anschluss B und ein Betätigungsorgan 66 um, das Druckreduzierventil 28 wird geschlossen, und/oder
- der Innenraum 46 wird über die Druckluftleitung 48, das 5/2-Wegeventil 20 und den Stutzen 52 entlüftet, wodurch kein Druckluftkreislauf mehr gebildet wird.

25

Fig. 2 zeigt den oberen Bereich des Arbeitszylinders 34, in welchem der Kolben 38 axial verschiebbar ist. Der Zylinderkopf 36 ist auf ein Rohr mit dem Innendurchmesser  $D_1$  dichtend aufgesetzt. Im Zylinderkopf 36 ist die Entlüftung 32 ausgespart. Der mit einem Dichtungsring 54 versehene zylinderförmige Kolbenaufsatz 56 passt in eine entsprechend aus-

00124480

geformte Ausnehmung 58 im Zylinderkopf 36. Von dieser Ausparung 58 führt ein Entlüftungskanal 60 nach aussen, wobei dessen Austrittsöffnung mit einem Regelventil 62 eingestellt werden kann.

5

Der Kolben 38 ist mit drei Dichtungsringen 64 versehen. Wegen Material- und Gewichtseinsparung ist die Kolbenstange 42 mit dem Aussendurchmesser  $D_2$  rohrförmig ausgebildet.

10 Die nachfolgenden numerischen Ausführungsbeispiele zeigen den unterschiedlichen Druckluftverbrauch eines üblichen und eines erfindungsgemässen Arbeitszylinders für den pneumatischen Antrieb von Krustenbrechern in Elektrolysezellen. Bei der Betrachtung dieser Beispiele muss berücksichtigt  
15 werden, dass die Einsparung in kurzen Intervallen wiederholt wird, und dass in einer Elektrolysehalle zur Herstellung von Aluminium mehrere Hundert Arbeitszylinder in Betrieb sind.

#### 20 Beispiel 1

Der Arbeitszylinder hat einen Durchmesser  $D_1$  von 200 mm, die Kolbenstange einen Durchmesser  $D_2$  von 50 mm, der Hub  $H$  beträgt 500 mm und der Netzdruck  $p$  7 bar. Dieser Arbeitszy-  
25 linder wird nach bisher üblichen Verfahren betrieben, d.h. ohne geschlossenen Kreislauf. Alle aus dem Arbeitszylinder austretende Luft wird abgeblasen.

#### Luftverbrauch für eine Abwärtsbewegung

30 - Befüllen der negativen Seite:  $D_1^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot H \cdot p = 109,9 \text{ dm}^3$   
- Abluft der positiven Seite:  $(D_1^2 - D_2^2) \cdot \frac{\pi}{4} \cdot H \cdot p = \underline{103,0 \text{ dm}^3}$   
Total 212,9 dm<sup>3</sup>

- Befüllen der positiven Seite: $(D_1^2 - D_2^2) \cdot \frac{\pi}{4} \cdot H \cdot p$	$= 103,0 \text{ dm}^3$
- Abluft der negativen Seite: $D_1^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot H \cdot p$	$= \underline{109,9 \text{ dm}^3}$
<u>Total</u>	<u>212,9 dm<sup>3</sup></u>

10

Ein Arbeitszylinder mit einem Innendurchmesser  $D_1$  von 200 mm hat einen Kolben mit rohrförmig ausgebildeter Kolbenstange mit einem Aussendurchmesser  $D_2$  von 100 mm. Der Hub  $H$  beträgt 500 mm, der reduzierte Arbeitsdruck  $p_{red}$  3,5 bar. Dieser Arbeitszylinder ist in ein erfindungsgemässes elektropneumatisches Antriebssystem eingebaut. Die Stossbewegung des Zylinders erfolgt im Normalfall mittels eines geschlossenen Kreislaufs.

25 - Befüllen der negativen Seite unter Wiederverwendung der Abluft aus dem plusseitigen Innenraum:

$$\text{Pred} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot H \cdot D^2 = 13,7 \text{ dm}^3$$

Luftverbrauch für eine Aufwärtsbewegung

- Befüllen der positiven Seite  

$$\text{Pred} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot H \cdot (D_1^2 - D_2^2) = 41,2 \text{ dm}^3$$
- 5 - Abluft der negativen Seite  

$$\text{Pred} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot H \cdot D_1^2 = \frac{55,0 \text{ dm}^3}{96,2 \text{ dm}^3}$$
- 10 Total für eine Ab- und eine Aufwärtsbewegung: 109,9 dm<sup>3</sup>

Der Druckluft- bzw. Energieverbrauch sinkt damit im Vergleich zur bisherigen Praxis auf 26 %. Diese Einsparung tritt bei einer normalen Zellenbedienung ein. Durch kurzzeitig erhöhte Kraft sinkt die Einsparung.

Die vorgängig berechneten Druckluftverbräuche beziehen sich auf heute grössenordnungsmässig üblicherweise verwendete Zylinderabmessungen und Druckbereiche im Druckluftnetz.

In einer Hütte zur Herstellung von Aluminium mit 200 Elektrolysezellen, die je mit 6 Krustenbrechvorrichtungen ausgerüstet sind, beträgt die Drucklufteinsparung pro Tag bei 3-minütigen Bedienungsintervallen und mit einem reduzierten Druck von 3,5 bar:

$$(425,8 - 109,9) \cdot 6 \cdot 200 \cdot 480 \cdot 10^{-3} = \underline{18'200 \text{ m}^3}$$

PATENTANSPRÜCHE

1. Aus einem Druckluftnetz mit Kompressor und Druckluftspeicher gespeistes elektropneumatisches Antriebssystem  
5 für Krustenbrechvorrichtungen von Aluminiumschmelzflusselektrolysezellen, welches aus mindestens einem Arbeitszylinder mit Kolben und Kolbenstange, einem nach der Netzabzweigung eingebauten Schieber, Ventilen, Druckluftleitungen und einem Mikroprozessor besteht,  
10 gekennzeichnet durch
- ein nach dem Schieber (14) eingebautes 5/2-Wegeventil (20) mit einem durch den Mikroprozessor (16) über einen Anschluss (B) steuerbaren Betätigungsorgan (66),
  - 15 - ein über Druckluftleitungen (26,30) parallel zum 5/2 Wegeventil (20) eingebautes Druckreduzierventil (28),
  - ein nach dem 5/2-Wegeventil (20) bzw. dem Druckreduzierventil (28) eingebautes 3/2-Wegeventil (24)  
20 mit einem durch den Mikroprozessor (16) über einen Anschluss (A) steuerbaren Betätigungsorgan (68),
  - einen Arbeitszylinder (34), der über entlüftbare Druckluftleitungen (32, 48), auf der Seite von dessen Zylinderkopf (36) - der negativen Seite -  
25 mit dem 3/2-Wegeventil (24) und auf der anderen, von der Kolbenstange (42) durchgriffenen Seite - der positiven Seite - mit dem 5/2-Wegeventil (20) verbunden ist,



- einen im Arbeitszylinder (34) axial bewegbaren Kolben (38) mit einer einen verhältnismässig grossen Aussendurchmesser ( $D_2$ ) aufweisenden Kolbenstange (42), die mit dem Brechmeissel für die Kruste verbunden ist, und
  - eine das Ende der Stossbewegung des elektropneumatischen Antriebssystems anzeigende Vorrichtung, die über einen Anschluss (C) mit dem Mikroprozessor (16) verbunden ist,
- wobei der Arbeitszylinder (34) im normalen Arbeitszyklus während der Stossbewegung mit dem 5/2-Wegeventil (20), dem 3/2-Wegeventil (24) und den entsprechenden Druckluftleitungen (48,22,32) einen über Druckreduzierventil (28) und dessen Druckluftleitung (30) gespeisten Kreislauf bildet.
2. Elektropneumatisches Antriebssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Entlüftungsstutzen (50,52) des 5/2-Wegeventils (20) und/oder des 3/2-Wegeventils (24) verlängert sind und im Bereich der Dosiervorrichtung in den konischen Bereich von Tonerdesilos auf der Schmelzflusselektrolysezelle zur Herstellung von Aluminium münden.
  3. Elektropneumatisches Antriebssystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Aussendurchmesser ( $D_2$ ) der Kolbenstange (42) 25 - 85 %, vorzugsweise 40 - 70 %, des Innendurchmessers ( $D_1$ ) des Arbeitszylinders (34), und der Hub (H) 400 - 600 mm beträgt.

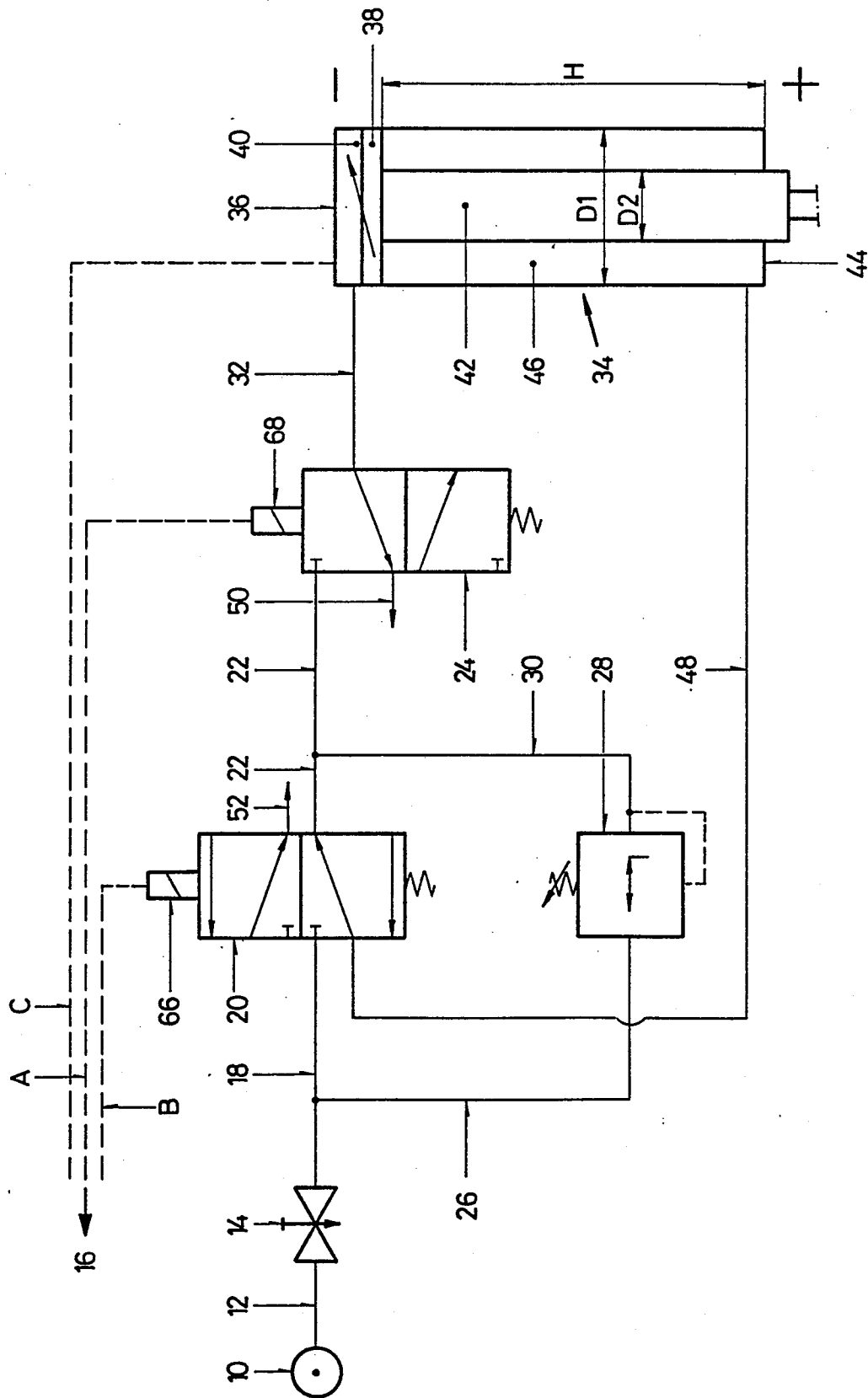
4. Elektropneumatisches Antriebssystem nach mindestens einem der Ansprüche 1 - 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Kolbenstange (42) rohrförmig ausgebildet ist.
5. Elektropneumatisches Antriebssystem nach mindestens einem der Ansprüche 1 - 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Druckreduzierventil (28) für eine Reduktion des pneumatischen Druckes von 35 - 75 %, vorzugsweise 45 - 55 %, ausgestaltet ist.
6. Elektropneumatisches Antriebssystem nach mindestens einem der Ansprüche 1 - 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Ventile wenigstens teilweise auf einer gemeinsamen Grundplatte, vorzugsweise auf dem Kopf (36) des Arbeitszylinders (34) angeordnet sind.
7. Elektropneumatisches Antriebssystem nach mindestens einem der Ansprüche 1 - 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Kolben (38) in Ruhelage durch eine im Arbeitszylinder (34) angeordnete Verriegelung arretiert ist.
8. Elektropneumatisches Antriebssystem nach mindestens einem der Ansprüche 1 - 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung zur Anzeige der beendigten Stossbewegung im Innenraum (46) des Arbeitszylinders (34) ein mechanisch bzw. pneumatisch betätigbarer Endschalter oder ein im Moment des Eintauchens des Brechmeissels in den Schmelzfluss geschlossener elektrischer Stromkreis mit üblichen Messgeräten ist.

9. Verfahren zum Betrieb der Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 1 - 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Mikroprozessor in einem ersten einstellbaren Zeitintervall alternativ
- 5                   - das in Ruhelage befindliche 3/2-Wegeventil (24) welches den zwischen dem Zylinderkopf (36) und dem Kolben (38) liegenden Innenraum (40) des Arbeitszylinders (34) über eine Druckluftleitung (32)
- 10                  entlüftet, durch einen Ansteuerungsimpuls umsteuert, wodurch der geschlossene Kreislauf gebildet wird, sowie ggf. den Kolben (38) entriegelt, und
- nach dem Erreichen der Endstellung den Ansteuerungsimpuls für das 3/2-Wegeventil (24) aufhebt
- 15                  sowie ggf. den Kolben verriegelt.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass beim Nichterreichen der Endstellung während eines zweiten einstellbaren Zeitintervalls der Mikroprozessor das 5/2-Wegeventil (20) mit einem Ansteuerungsimpuls umsteuert, wodurch das Druckreduzierventil (28) ausgeschaltet und der von der Kolbenstange (42) durchgriffene Innenraum (46) des Arbeitszylinders (34) über eine Druckluftleitung (48) und das 5/2-Wegeventil (20) entlüftet wird.
11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Druck des Speisernetzes 6 - 8 bar, der reduzierte Druck 3 - 4 bar, das erste einstellbare Zeitintervall bei 0,5 - 5 Min. und/oder das zweite einstellbare Zeitintervall das 0 - 3fache des ersten einstellbaren Zeitintervalls beträgt.

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass beim Nichterreichen der Endstellung die Umschaltung des 5/2-Wegeventils (20) kurzfristig wiederholt wird, bis der Durchbruch erfolgt.
13. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 10 - 12, dadurch gekennzeichnet, dass sich der Kolben (38) durch Umschalten des 5/2-Wegeventils (20) nur im untersten Hubbereich, vorzugsweise den untersten 100 mm, bewegt.
14. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 9 - 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Stossbewegung des Antriebssystems mit einem geschlossenen Kreislauf, gebildet aus dem Arbeitszylinder (34), einem 5/2-Wegeventil (20), einem 3/2-Wegeventil (24) und den entsprechenden Druckluftleitungen (48,22,32), ausgeführt wird.

Fig. 1

00124480







Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

00124480

Nummer der Anmeldung

EP 84 81 0176

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. <sup>3</sup> )
Y	US-A-3 608 431 (PEASE)  * Insgesamt *	1,8-10 ,14	F 15 B 11/08
Y	GB-A-1 542 402 (SMITHS)  * Insgesamt *	1,8-10 ,14	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. <sup>3</sup> )
			F 15 B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 01-06-1984	Prüfer KNOPS J.
<div>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN</div> <div>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</div> <div>E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument</div> <div>&amp; : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</div>			