

19



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

11 Veröffentlichungsnummer:

**0 347 847  
A2**

12

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 89111223.7

51 Int. Cl.4: **B24B 35/00 , B24B 47/10**

22 Anmeldetag: 20.06.89

30 Priorität: 21.06.88 DE 8807980 U  
26.09.88 DE 8812160 U

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
27.12.89 Patentblatt 89/52

84 Benannte Vertragsstaaten:  
DE FR GB IT

71 Anmelder: **Supfina Maschinenfabrik Hentzen  
GmbH & Co. KG  
Greulingstrasse 33  
D-5630 Remscheid(DE)**

72 Erfinder: **Klotz, Norbert, Dr.  
Kölnerstr. 32  
D-5630 Remscheid 11(DE)**

74 Vertreter: **Strasse, Joachim, Dipl.-Ing. et al  
Strasse und Stoffregen European Patent  
Attorneys Zweibrückenstrasse 17  
D-8000 München 2(DE)**

54 **Automatische spitzenlose Feinstbearbeitungsvorrichtung für oberflächenrotationssymmetrische Körper in einer Durchlaufmaschine.**

57 Eine automatische, spitzenlose Feinstbearbeitungsvorrichtung für oberflächenrotationssymmetrische Körper in einer Durchlaufmaschine weist einen gemeinsamen Schwingungsantrieb auf. Dieser besitzt eine Aufnahmevorrichtung zur Aufnahme der Schwingbewegung, die mit einem Prozeßrechner verbunden ist, der vorgegebene Soll- und gemessene Istwerte der Schwingbewegung miteinander vergleicht und den Schwingungsantrieb dann so steuert, daß die Schwingungsamplitude konstant gehalten wird.

**EP 0 347 847 A2**

## Automatische spitzenlose Feinstbearbeitungsvorrichtung für oberflächenrotationssymmetrische Körper in einer Durchlaufmaschine

Die Erfindung betrifft eine Feinstbearbeitungsmaschine zur Oberflächenbearbeitung von rotationssymmetrischen Werkstücken, die spitzenlos gelagert und durchlaufend bearbeitet werden. Insbesondere betrifft sie solche Maschinen mit pneumatischen Schwingern zur Bewegung von Finishsteinen und deren Regelvorrichtungen. Sie ist aber auf diese Maschinen nicht begrenzt. Es kommen auch hydraulische, elektromagnetische oder federmechanische Antriebe in Betracht.

Solche Feinstbearbeitungsmaschinen dienen zur Bearbeitung von äußeren zylindrischen Oberflächen, zur Verbesserung der Oberflächenqualität, zum exakten Ausformen des Krümmungsradiuses und zur Einstellung der exakten Größe dieser Werkstücke.

Ausgegangen wird von einer Feinstbearbeitungsmaschine, wie sie im US-Patent 4,558,537 beschrieben ist. Die zu bearbeitenden Werkstücke werden durch zwei Antriebswalzen spitzenlos gelagert und durch ein gleichsinniges Drehen dieser Walzen in Rotation versetzt. Oberhalb der Walzen und Werkstücke sind nebeneinander mehrere Bearbeitungsstationen angeordnet. Jede Bearbeitungsstation besteht aus einem Finishstein, der von einem Steinhalter gehalten wird. Der Steinhalter ist mit einer Kolbenstange eines Steuerzylinders verbunden. Über diesen Zylinder kann der Finishstein gesteuert an das zu bearbeitende Werkstück herangefahren oder auch wieder von ihm zurückgefahren werden.

Der Anpreßdruck der Finishsteine ist über eine Steuerung veränderbar, um sich wechselnden Oberflächen anpassen zu können und um den Verschleiß der Finishsteine ausgleichen zu können. Die Finishsteine werden zusätzlich in schwingende Bewegungen in Richtung der Antriebswalzenachsen versetzt.

Es hat sich bei Untersuchungen an spitzenlosen Durchlaufmaschinen gezeigt, daß der Materialabtrag und damit die Qualität des zu bearbeitenden Werkstückes neben den technologischen Parametern wie zum Beispiel Walzendrehzahl, Anlagewinkel, Anpreßdruck ursächlich mit der Schwingamplitude der Finishsteine zusammenhängt.

Ferner konnte festgestellt werden, daß eine Änderung des Kontaktverhaltens zwischen Werkstück und Werkzeug (Werkstückmaterial, Steinspezifikation, Anzahl der im Eingriff befindlichen Steine, Anpreßdruck, Steinlängen) unmittelbaren Einfluß auf die resultierende Schwingamplitude besitzt.

Für das Konstanthalten einer einmal erreichten Qualität bei einem definierten Arbeitsfall sollte demnach vor allem die Schwingamplitude des

Werkzeugs konstant gehalten werden, weil hieraus die größten Einflüsse resultieren.

Die DE-28 14 761 beschreibt ein komplexes Schwingungsverfahren zum Polieren begrenzter Flächen sowie die Antriebsvorrichtungen für das Erzeugen der Schwingungen. Die Kontrolle der Schwingbegrenzungen erfolgt manuell oder über elektrische Endschalter.

Die DE-30 07 314 beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Bearbeiten von Lagerflächen, wobei die Kontrolle der Schwingbewegung der Schleifsteine ebenfalls über elektrische oder mechanische Endschalter erfolgt.

Die DE-31 33 246 beschreibt eine Werkzeugmaschine mit anschlagloser Wegbegrenzung, wobei über Potentiometer eine Spannung gebildet wird, die dem aktuellen Ort des Werkzeugs entspricht. Über den Vergleich mit vorgegebenen Spannungsgrenzwerten erfolgt dann eine Wegbegrenzung der Werkzeugposition.

Die in diesen Schriften beschriebenen Werkzeugsteuerungsvorrichtungen erlauben nur eine grobe Kontrolle über die Werkzeugbewegungen.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher darin, eine automatische Vorrichtung mit einer entsprechenden Schaltung verfügbar zu machen, die das präzise Regeln, insbesondere das Konstanthalten der Schwingamplitude der Bewegung von Bearbeitungswerkzeugen insbesondere von Finishsteinen, ermöglicht. Darüber hinaus sollten die beeinflussten Parameter anzeigbar sein.

Gelöst wird diese Aufgabe im Prinzip dadurch, daß die tatsächliche Bewegung der Finishsteine gemessen und mit einem vorgegebenen Sollwert verglichen wird. Dazu weist eine gemeinsame Querverbindung der Finishsteine, über die die Finishsteine zum gemeinsamen Schwingen angeregt werden, einen entsprechenden Meßfühler zur Aufnahme der Bewegung auf. Die Bewegung der Finishsteine kann beispielsweise über einen Wegnehmer oder Beschleunigungsmesser ermittelt werden. Dessen Meßwerte werden zu Kontrollzwecken angezeigt und zur Auswertung einem Prozeßrechner zugeführt. Diese Ist-Werte werden über Meßleitungen dem Prozeßrechner zugeführt. Über eine weitere Leitung erhält der Prozeßrechner die zugehörigen Sollwerte dieser Meßgrößen. Der Prozeßrechner vergleicht diese Werte und regelt dem Ergebnis entsprechend die Schwingbewegung der Finishsteine. Dazu ist der Ausgang des Prozeßrechners über eine Steuerleitung mit einem regelbaren Druckventil verbunden. Dieses Druckventil befindet sich in einer Druckversorgungsleitung eines pneumatischen Zylinders, der zum Schwin-

gungsantrieb der Finishsteine dient. Dazu ist die Kolbenstange dieses Zylinders mit der gemeinsamen Querverbindung der Finishsteine verbunden.

Durch eine solchermaßen ausgebildete Steuerungsvorrichtung werden folgende Vorteile erzielt:

- Amplitudenkonstanz im Leerlauf und während der Bearbeitung (z.B. bei Einrichtarbeiten)
- Kontrolle der Schwingerfunktion
- Nachregelung der Schwingamplitude über sehr lange Zeiträume infolge von Änderungen im Reibungs- und Verschleißverhalten
- Nachregelung der Schwingamplitude über prozeßbedingte Änderungen, die als Meßgrößen zur Verfügung stehen
- konstanter Materialabtrag bei unterschiedlichen Kontaktbedingungen (Qualitätskonstanz)
- Möglichkeit zur Realisierung einer definierten Bearbeitung mit vorher bestimmbarer, nicht abhängiger Amplitude
- Möglichkeit zur Überwachung des Bearbeitungsprozesses
- Visuelle Kontrolle der Amplitude

Die neuerungsgemäße Steuerungsvorrichtung kann auch zur Nachrüstung schon bestehender Feinstbearbeitungsmaschinen verwendet werden.

Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung zweier in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispiele.

Es zeigen

Figur 1: eine perspektivische Ansicht einer teilweise schematischen Darstellung des zentralen Teils einer spitzenlosen Durchlauf-Superfinishmaschine mit zugehörigen Steuerungsvorrichtungen, wobei ein Wegmesser als Bewegungsaufnehmer vorgesehen ist und

Figur 2: eine Darstellung gemäß Figur 1, wobei ein Beschleunigungsaufnehmer als Bewegungsaufnehmer vorgesehen ist.

In den Figuren 1 und 2 ist der zentrale Teil einer spitzenlosen Durchlauf-Superfinishmaschine dargestellt.

Die Maschine weist einen Schwingförderer 12 auf, über den einzelne zu bearbeitende Werkstücke 10 kontinuierlich in Pfeilrichtung der Maschine zugeführt werden. Im dargestellten Ausführungsbeispiel handelt es sich um im wesentlichen zylindrische Rollen, welche von einer Vorbearbeitungsstation, beispielsweise einer Schleifmaschine, zugeführt werden. In der Superfinishmaschine erhalten diese Werkstücke 10 auf der zylindrischen Mantelfläche ihre endgültige Oberflächengüte, in dem sie in der Maschine nacheinander mehreren Bearbeitungsstationen ausgesetzt sind. Ein zweiter Schwingförderer 18 dient dem Abtransport (in Pfeilrichtung) der endgültig bearbeiteten Werkstücke 10.

Zwei Antriebswalzen 14 und 16 dienen zur spitzenlosen Lagerung und zum Vortrieb der Werkstücke 10 während der Bearbeitung. Die Walzen 14 und 16 drehen sich gleichsinnig und versetzen damit die Werkstücke 10 in Drehung. Die Achsen der Walzen 14 und 16 vergrößern über den Weg leicht ihren Abstand, wodurch sich die Werkstücke 10 entlang der Walzen vorwärtsbewegen. Über den Walzen sind im dargestellten Beispiel sieben aufeinanderfolgende Bearbeitungsstationen A, B, C, D, E, F, G angeordnet.

Jede Bearbeitungsstation weist einen Finishstein 20 auf. Gehalten wird der Finishstein 20 von einem Steinhalter 22. Der Steinhalter 22 ist mit einer Zustellstange 24 verbunden, die über einen Zustellzylinder 26 bewegbar ist. Durch diese Anordnung kann jeder Finishstein 20 von und zum Werkstück 10 ab- und zugestellt werden, unabhängig von den Finishsteinen 20 der anderen Bearbeitungsstationen. Damit werden unterschiedliche Abmessungen der Finishsteine 20 ausgeglichen oder unterschiedliche Bearbeitungen möglich.

In der Achsenrichtung der Walzen 14 und 16 sind die einzelnen Bearbeitungsstationen miteinander über eine Stange 30 verbunden.

Die Stange 30 ist auf ihrer einen Seite mit einem Kolben 32 verbunden. Mit Hilfe dieses Kolbens 32 kann die Stange 30 in eine schnelle oszillierende Bewegung in Richtung der Achsen der Walzen 14 und 16 versetzt werden. Dies führt gleichzeitig zu einer hin- und hergehenden Antriebsbewegung der Finishsteine 20. Der Kolben 32 wird pneumatisch betätigt, wofür eine Druckluftzuleitung 34 vorgesehen ist, die über ein Steuerventil 36 und eine weitere Druckluftleitung 40 mit einem Druckerzeuger 38 verbunden ist.

Die Stange 30 ist ferner mit einem Bewegungsaufnehmer 50 versehen zur Messung der Bewegung der Stange 30 und damit auch der Finishsteine 20.

In einem ersten Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 ist als Bewegungsaufnehmer 50 ein Wegmesser vorgesehen, mit dem die Schwingungsamplitude und die Frequenz der Bewegung der Finishsteine (20) festgestellt wird. Als Wegmesser können beispielsweise Widerstandsgeber oder induktive Geber Verwendung finden.

Über eine Meßleitung 90 ist der Wegmesser 50 mit einem Anzeigegerät 92 zur Anzeige von Amplitude und Frequenz der Schwingung und weiter mit einem Prozeßrechner 80 verbunden.

Der Prozeßrechner 80 vergleicht die ihm über die Leitung 90 zugeführten Istwerte der Amplitude und der Frequenz der Stange 30 mit dem ihm über eine Leitung 82 zugeführten Sollwerte von Amplitude und Frequenz.

Über eine Ausgangsleitung 84 ist der Prozeßrechner 80 mit dem Steuerventil 36 verbunden. In

Abhängigkeit der Differenzen von Ist- und Sollwerten der Amplitude und Frequenz der Bewegung der Stange 30 steuert der Prozeßrechner 80 über das Servoventil 36 den Druck im Kolben 32 und damit die Schwingungsamplitude der Finishsteine 20.

In Figur 2 ist als Bewegungsaufnehmer (50) ein Beschleunigungsmesser vorgesehen, mit dem die Beschleunigung und die Frequenz der Bewegung der Stange (30) und damit der Finishsteine (20) festgestellt wird. Als Beschleunigungsmesser können beispielsweise Lotfühler oder Trägheitsfühler mit Kapazitiven, induktiven oder piezoelektrischen Wandlern Verwendung finden.

Über eine Meßleitung 52 ist der Beschleunigungsaufnehmer 50 mit einer Ader 54 mit einem Anzeigegerät 56 verbunden, das zur Anzeige der Beschleunigung dient.

Mit der anderen Ader 58 ist der Beschleunigungsaufnehmer 50 mit einem weiteren Anzeigegerät 60 verbunden, das zur Anzeige der Frequenz der Bewegung der Stange 30 dient. Beide Adern 54 und 58 sind mit einem Integrator 62 verbunden. Dessen Ausgang ist über eine Leitung 64 mit einem weiteren Anzeigegerät 66 verbunden, das zur Anzeige der Bewegungsgeschwindigkeit der Stange 30 dient. Die Leitung 64 ist zugleich mit einem zweiten Integrator 68 verbunden. Dessen Ausgang ist mit einer Leitung 70 mit einem Anzeigegerät 72 verbunden, das zur Anzeige der Bewegungsstrecke der Stange 30 dient.

Die Leitung 70 ist zugleich mit einem Prozeßrechner 80 verbunden. Die Ader 58 des Beschleunigungsaufnehmers 50 ist über eine Leitung 74 ebenfalls mit dem Prozeßrechner 80 verbunden. Der Prozeßrechner 80 vergleicht die ihm über die Leitungen 70 und 74 zugeführten Istwerte der Beschleunigung und der Frequenz der Stange 30 mit dem ihm über eine Leitung 82 zugeführten Sollwerte von Beschleunigung und Frequenz.

Über eine Ausgangsleitung 84 ist der Prozeßrechner 80 mit dem Steuerventil 36 verbunden. In Abhängigkeit der Differenzen von Ist- und Sollwerten der Beschleunigung und Frequenz der Bewegung der Stange 30 steuert der Prozeßrechner 80 über das Servoventil 36 den Druck im Kolben 32 und damit die Schwingungsamplitude der Finishsteine 20.

Anhand des Ausführungsbeispiels 2 gemäß Figur 2 soll die Wirkungsweise der vorliegenden Erfindung nochmals näher erläutert werden:

Die Aufgabe der Erfindung, während der Bearbeitung von Werkstücken in einer spitzenlosen Durchlaufmaschine die Schwingungsamplitude aller Bearbeitungsstationen und damit der oszillierenden Bewegung der Finishsteine 20 auf der Bearbeitungsfläche der Werkstücke 10 zu kontrollieren, sowie auf die Schwingungsamplitude dämpfende Einflüsse zu reagieren, wird zunächst dadurch ge-

löst, daß der Beschleunigungsaufnehmer 50 auf jede einzelne Beschleunigung reagiert. Von ihm geht ein der zweiten Ableitung des tatsächlichen Weges proportionales elektrisches Signal  $\ddot{x}_{ist}$  aus. Dieses Signal  $\ddot{x}_{ist}$  kann in zweifacher Weise angezeigt werden. Auf dem Anzeigegerät 56 wird die tatsächliche Beschleunigung in  $m/s^2$  angezeigt. Jede Abweichung von der Sollbeschleunigung kann somit abgelesen und erkannt werden.

Mit dem zweiten Anzeigegerät 60 wird aus dem Signal  $\ddot{x}_{ist}$  die Schwingung pro Zeiteinheit dargestellt. In dem ersten Integrator 62 wird als erste Integrationsstufe aus der Beschleunigung die Geschwindigkeit als elektrisches Signal  $\dot{x}$  gewonnen und auf dem Anzeigegerät 66 ablesbar gemacht. Dasselbe elektrische Signal  $\dot{x}$  wird dem zweiten Integrator 68 zugeführt. In dieser Integrationsstufe wird aus der Geschwindigkeit  $\dot{x}$  ein elektrisches Signal  $x$  für den maximalen Weg oder die Bearbeitungsstrecke ermittelt und sowohl auf dem Anzeigegerät 72 sichtbar gemacht als auch als ein Istwert für die Bewegungsamplitude dem Prozeßrechner 80 zugeführt.

Die vorstehend erwähnten einzelnen Anzeigegeräte 56, 60, 66 und 72 sind in der Praxis keine Einzelgeräte, sondern Anzeigen, welche wahlweise auf eine ohnehin an der Maschine vorhandene Anzeigeeinrichtung, beispielsweise einem zentralen Bildschirm, auf dem auch die Sollwerte für die Einrichtung der Maschine oder alle anderen Betriebszwecke sichtbar gemacht werden, aufschaltbar sind. Die Ablesemöglichkeit der umschaltbar darzustellenden Werte für die Beschleunigung, die Frequenz, die Geschwindigkeit und die Amplitude stellt zwar eine Kontrollmöglichkeit für die Bedienungsperson dar, reicht aber zur automatischen Nachregelung im Sinne der Konstanthaltung der Amplitude nicht aus.

Zur automatischen Nachregelung und Konstanthaltung der Amplitude werden die gewonnenen und verarbeiteten elektrischen Größen in dem dargestellten Beispiel für die Frequenz  $f_{ist}$  über die Leitung 74 und der Weg  $x$  über die Leitung 70 dem Prozeßrechner 80 zugeführt. In dieser Rechenstufe 80 findet ein Vergleich mit dem über die Leitung 82 zugeführten Sollwert für die Amplitude statt. Jede Abweichung zwischen einem gestellten Sollwert und einem festgestellten Istwert  $x$  führt am Ausgang zu einem elektrischen Steuersignal  $\Delta U$  in der Steuerleitung 84 zum Steuerventil 36. Entsprechend der Richtung und Größe des Steuersignals  $\Delta U$  erfolgt eine Druckveränderung  $\Delta p$  in der Druckluftzuleitung 34 zum pneumatischen Antrieb 34 für die Oszillationsbewegung der Finishsteine 20.

Eine nicht dargestellte Variante besteht darin, daß dem Prozeßrechner 80 auch die Istwerte der Geschwindigkeit  $\dot{x}$  oder die Beschleunigung  $\ddot{x}$

direkt zugeführt werden, während zugleich entsprechende Sollwertvorgaben statt oder zusätzlich zum Amplituden-Sollwert eingegeben werden.

### Ansprüche

1. Automatische spitzenlose Feinstbearbeitungsvorrichtung für oberflächenrotationssymmetrische Körper in einer Durchlaufmaschine mit mehreren aufeinanderfolgenden Bearbeitungsstationen mit einzeln zustellbaren Finishsteinen, die über einen gemeinsamen Antrieb zum Schwingen ange-regt werden,

#### dadurch gekennzeichnet,

daß der gemeinsame Schwingungsantrieb (32) mit allen angetriebenen Teilen (20-30) mit einer Aufnahmevorrichtung (50) zur Aufnahme der Schwingbewegung verbunden ist, deren elektrischer Ausgang mit einem Prozeßrechner (80) verbunden ist, dem ein Sollwert über eine Leitung 82 zugeführt ist und dessen Ausgang an ein regelbares Steuerorgan (36) angelegt ist, welches dem Schwingungsantrieb (32) vorgeschaltet ist.

2. Feinstbearbeitungsvorrichtung nach Anspruch 1,

#### dadurch gekennzeichnet,

daß es sich bei der Aufnahmevorrichtung (50) zur Aufnahme der Schwingbewegung um einen Beschleunigungsaufnehmer handelt, dessen elektrischer Ausgang über Integratoren (62, 68) mit dem Prozeßrechner (80) verbunden ist.

3. Feinstbearbeitungsvorrichtung nach Anspruch 1

#### dadurch gekennzeichnet,

daß es sich bei der Aufnahmevorrichtung (50) zur Aufnahme der Schwingbewegung um einen Wegaufnehmer handelt, dessen elektrischer Ausgang direkt mit dem Prozeßrechner (80) verbunden ist.

4. Feinstbearbeitungsvorrichtung nach Anspruch 3,

#### dadurch gekennzeichnet,

daß zwischen Wegaufnehmer (50) und Prozeßrechner (80) ein Anzeigegerät (92) zur Anzeige der Schwingungsamplitude eingefügt ist.

5. Feinstbearbeitungsvorrichtung nach Anspruch 2,

#### dadurch gekennzeichnet,

daß zwischen dem Beschleunigungsaufnehmer (50) und dem Prozeßrechner (80) Leitungen abgezweigt sind, die zu visuellen Anzeigegeräten (56, 60, 66, 72) geführt sind.

6. Feinstbearbeitungsvorrichtung nach Anspruch 2 oder 5

#### dadurch gekennzeichnet,

daß zur Übertragung der Schwingungsfrequenz

eine direkte Leitung (74) von dem Beschleunigungsaufnehmer (50) zum Prozeßrechner (80) geführt ist.

7. Feinstbearbeitungsvorrichtung nach Anspruch 2, 5 oder 6

#### dadurch gekennzeichnet,

daß in einer Leitung (52, 54, 64, 70) zur Übertragung der Schwingungsamplitude von dem Beschleunigungsaufnehmer (50) zum Prozeßrechner (80) zwei Integrationsstufen (62, 68) zwischengeschaltet sind.

8. Feinstbearbeitungsvorrichtung nach Ansprüchen 2, 5, 6 oder 7

#### dadurch gekennzeichnet,

daß die Abzweigungen für die Anzeigegeräte (56, 60, 66, 72) von den Verbindungsleitungen (52, 54, 58, 64, 70, 74) zwischen dem Beschleunigungsaufnehmer (50) und dem Prozeßrechner (80) an folgenden Stellen angeordnet sind:

a) an der direkten Leitung (52, 58, 74) vom Beschleunigungsaufnehmer (50) zu dem Prozeßrechner (80)

b) vor der ersten Integrationsstufe (62)

c) vor der zweiten Integrationsstufe (68)

d) nach der zweiten Integrationsstufe (68)

9. Feinstbearbeitungsvorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche

#### dadurch gekennzeichnet,

daß das regelbare Steuerorgan (36) ein Servoventil in einer Druckfluidumsleitung (40, 34) ist.

10. Feinstbearbeitungsvorrichtung nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche

#### dadurch gekennzeichnet,

daß der Schwingungsantrieb (32) pneumatisch in einen einfach oder doppelt wirkenden Zylinder ausgeführt ist.

11. Feinstbearbeitungsvorrichtung nach Ansprüchen 2 oder 5 bis 11,

#### dadurch gekennzeichnet,

daß der Beschleunigungsaufnehmer (50) in Form eines Massependels ausgeführt ist, dessen Kraft über Federn, Kohledruck, durch Induktions- oder Kapazitätsmessung oder mittels Piezoeffekt gemessen wird.

Fig. 1

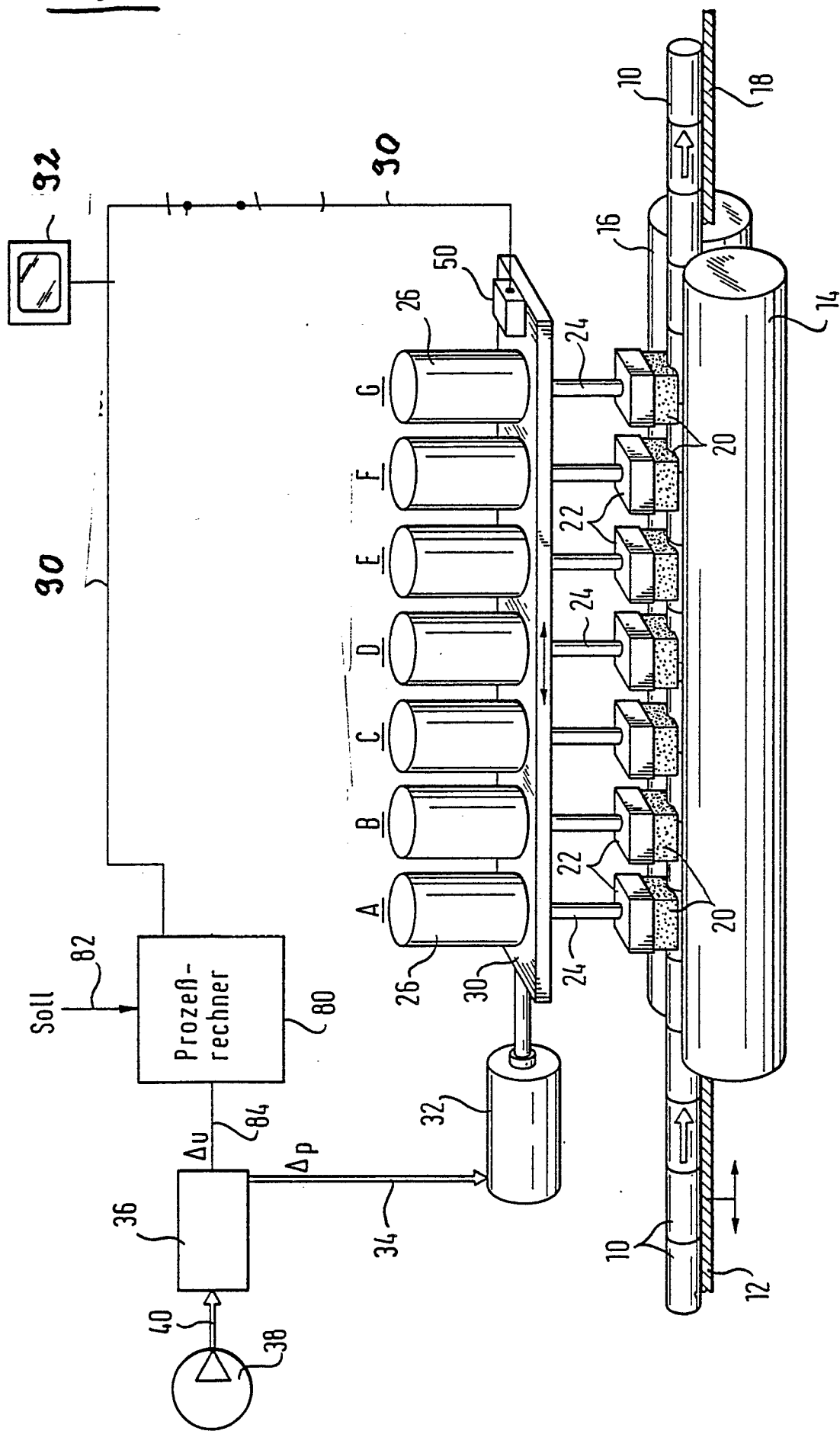


Fig. 2

