



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
29.04.2009 Patentblatt 2009/18

(51) Int Cl.:
B21B 37/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08167442.6**

(22) Anmeldetag: **23.10.2008**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA MK RS

(30) Priorität: **23.10.2007 DE 102007050911**

(71) Anmelder: **ERAS Entwicklung und Realisation adaptiver Systeme GmbH**
37085 Göttingen (DE)

(72) Erfinder:
• **Gnauert, Uwe, Dr.**
37083 Göttingen (DE)
• **Schiebler, André**
37170 Uslar-Verliehausen (DE)
• **Wimmel, Roger**
37124 Rosdorf (DE)

(74) Vertreter: **Rehberg Hüppe + Partner**
Patentanwälte
Nikolausberger Weg 62
37073 Göttingen (DE)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Unterdrücken des Ratterns von Arbeitswalzen eines Walzgerüsts**

(57) Zum Unterdrücken des Ratterns von Walzen (1 bis 4) eines Walzgerüsts (15), das mindestens zwei einander über einen Walzenspalt (16) gegenüberliegende Arbeitswalzen (2, 3), zwei die Arbeitswalzen (2, 3) abstützende Stützwalzen (1, 4) und zwei den Walzenspalt (16) einstellende Hydraulikzylinder (6) aufweist, werden Druckänderungen in einem Hydraulikmedium erzeugt, das mindestens einen der den Walzenspalt (16) des Walzgerüsts (15) einstellenden Hydraulikzylinder (6) beaufschlagt. Dabei werden die Druckänderungen unmittelbar an einem an seinen Kolben (8) angrenzenden Druckraum (24) des Hydraulikzylinders (6) erzeugt.

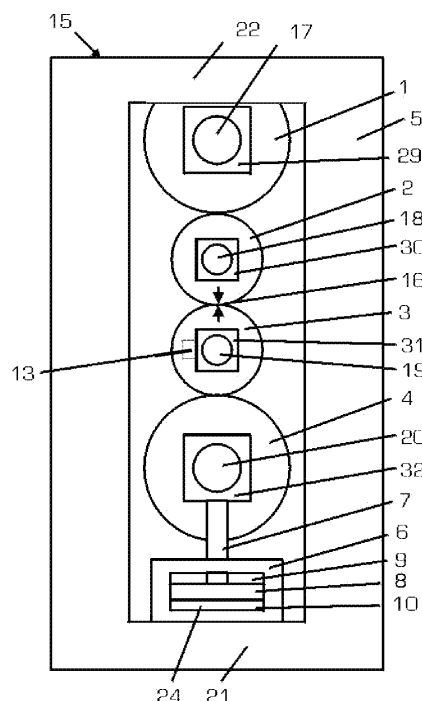


Fig. 3

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Unterdrücken des Ratterns von Walzen eines Walzgerüsts mit den Merkmalen des Oberbegriffs des unabhängigen Patentanspruchs 1 sowie auf eine Vorrichtung zum Unterdrücken des Ratterns von Walzen eines Walzgerüsts mit den Merkmalen des Oberbegriffs des unabhängigen Patentanspruchs 6.

[0002] Beim Rattern von Walzen eines Walzgerüsts handelt es sich um Schwingungen der Walzen, die auch als Chatter-Schwingungen, z. B. 3. Oktav-Chatter, 5. Oktav-Chatter, bezeichnet werden. Diese Schwingungen oder von ihnen hervorgerufene Unrundheitsbildungen der Walzen, welche ihrerseits Schwingungen anregen, führen zu Variationen des Walzenspalts des jeweiligen Walzgerüsts, die sich in Form von Ratter- oder Chattermarken auf dem gewalzten Material bemerkbar machen. Die Chattermarken stellen in jedem Fall eine Qualitätsminderung des gewalzten Materials dar, bei dem es sich z. B. um Aluminium- oder Stahlblech bis herab zur Folienstärke handeln kann. Wenn die Chattermarken an den Walzen selbst zu erkennen sind, müssen diese ausgebaut und nachgeschliffen werden, weil dann selbst durch veränderte Betriebsparameter des Walzgerüsts die Chatter-Schwingungen nicht mehr unterdrückt werden können. Derartige geänderte Betriebsbedingungen zum Unterdrücken von Chatter-Schwingungen bedeuten in der Regel eine erhebliche Reduktion der Produktionsgeschwindigkeit.

STAND DER TECHNIK

[0003] Ein Verfahren mit den Merkmalen des Oberbegriffs des unabhängigen Patentanspruchs 1 und eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Oberbegriffs des unabhängigen Patentanspruchs 6 sind aus der US 5,724,846 bekannt. Hier werden Druckpulsationen in dem Hydraulikmedium hervorgerufen, das mindestens einem der den Walzenspalt des Walzgerüsts einstellenden Hydraulikzylinder zugeführt wird. Diese Druckpulsationen sind asynchron zu den zu unterdrückenden Chatter-Schwingungen und sollen durch die von ihnen ausgehende asynchrone Anregung der Walzen die Akkumulation von Schwingungsenergie bei den den Chatter-Schwingungen zugrundeliegenden Eigenfrequenzen der Walzen bzw. des Walzgerüsts stören. Wie die Druckpulsationen konkret erzeugt werden sollen, ist in der US 5,724,846 nicht angegeben.

[0004] Aus der EP 0 956 950 A1 ist es zum aktiven Unterdrücken von Kontaktschwingungen an Walzenanordnungen, insbesondere an Papierstreichapparaten, mit zwei parallel ausgerichteten, direkt oder indirekt aneinander anliegenden Walzen, von denen insbesondere eine Walze ohne aktives Unterdrücken der Kontaktschwingungen eine zunehmende periodische Verfor-

mung ihrer Oberfläche zeigt, bekannt, Bewegungen mindestens einer der Walzen zu erfassen und Ausgleichskräfte in Abhängigkeit von den gemessenen Bewegungen aufzubringen. Dabei wird die Drehfrequenz der Walze mit der sich potentiell insbesondere verformenden Oberfläche bestimmt, und die Ausgleichskräfte zwischen den beiden Walzen werden mit dieser Drehfrequenz und/oder mindestens einem aus der Drehfrequenz generierten ganzzahligen Vielfachen der Drehfrequenz aufgebracht. Es ist jedoch nicht beschrieben, wie die Ausgleichskräfte konkret aufgebracht werden sollen. Es ist nur von einem zwischen den Achsen der beiden Walzen wirkenden Aktuator die Rede.

[0005] Aus der DE 10 2005 026 907 A1 ist eine Biegeausgleichswalze bekannt, die einen umlaufenden Walzenmantel, ein den Walzenmantel axial durchsetzendes drehfestes Joch und wenigstens eine zwischen dem Joch und dem Walzenmantel angeordnete hydraulische Stützquelle aufweist. Dabei sind Mittel zur Erfassung der Walzenmantelbewegung sowie Mittel zur Regelung des hydraulischen Drucks unter oder auf der Stützquelle in Abhängigkeit von der erfassten Walzenmantelbewegung vorgesehen. Die Regelung des hydraulischen Drucks erfolgt vorzugsweise so, dass eine sich der statischen lastgebenden Kraft überlagernde, die Mantelbewegung dämpfende dynamische Kraft erzeugt wird. Für die Regelung des hydraulischen Drucks mit der gewünschten Dynamik ist in der Stützquelle ein Piezo-Stapel-Aktuator vorgesehen, der über eine Membran den Druckraum unter oder den Druckraum auf der Stützquelle beaufschlagt, um den darin herrschenden hydraulischen Druck zu variieren.

[0006] Aus der DE 40 10 662 A1 ist eine Anstellvorrichtung zum Einstellen des Walzenabstands in Walzgerüsten bekannt, die zwei hydraulische Anstellzylinder aufweist, welche beidseitig auf eine anzustellende Arbeitswalze arbeiten. Die Anstellzylinder weisen jeweils zwei oder mehr Kolbenflächen auf, die unabhängig voneinander, und zwar einzeln in wahlweiser Kombination oder sämtlich gemeinsam mit Druckmedium beaufschlagbar sind. Dadurch lässt sich die Walzkraftregelung in dem jeweiligen Walzkraftbereich gegenüber der Beaufschlagung nur einer Kolbenfläche je Anstellzylinder so verbessern, dass prozentuale Walzkraftschwankungen minimiert werden.

[0007] Aus der WO 01/00346 A1 ist ein passiver Schwingungstilger für Walzgerüste bekannt, dessen Tilgermasse die Form eines Kolbens hat, der elastisch an gegeneinander schwingenden Teilen des Walzgerüsts abgestützt ist. Dabei ist er an dem unteren Teil des Walzgerüsts, gegenüber dem er mit Hilfe von Hydraulikmedium in einer Bohrung verfahrbar ist, weichelastisch abgestützt, während er gegenüber einem oberen Teil des Walzgerüsts, an den er mit Hilfe des Hydraulikmediums angedrückt wird, mit einer höheren Federsteifigkeit abgestützt ist.

AUFGABE DER ERFINDUNG

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren mit den Merkmalen des Oberbegriffs des unabhängigen Patentanspruchs 1 und eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Oberbegriffs des unabhängigen Patentanspruchs 6 aufzuzeigen, mit denen Chatter-Schwingungen an einem Walzgerüst effektiv unterdrückt werden können, ohne dass dazu umfangreiche Änderungen an dem Walzgerüst vorgenommen werden müssten.

LÖSUNG

[0009] Die Aufgabe der Erfindung wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs 1 und eine Vorrichtung mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs 6 gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen des neuen Verfahrens sind in den abhängigen Patentansprüchen 2 bis 5 beschrieben, während die abhängigen Patentansprüche 7 bis 15 bevorzugte Ausführungsformen der neuen Vorrichtung beschreiben.

BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0010] Bei dem neuen Verfahren werden Druckänderungen in einem Hydraulikmedium, das mindestens einen der den Walzenspalt des Walzengerüsts einstellenden Hydraulikzylinder beaufschlagt, unmittelbar in einem an seinen Kolben angrenzenden Druckraum des Hydraulikzylinders erzeugt, indem das Volumen des Druckraums verändert wird. Das heißt, es werden dem Hydraulikzylinder keine Druckpulsationen von außen zugeführt, die sich je nach Schaltstellung von zu dem Hydraulikzylinder führenden Ventilen unterschiedlich auf den Druck in dem Hydraulikzylinder selbst auswirken. Insbesondere werden Verzögerungen zwischen der Erzeugung der Druckänderungen und ihrem Einwirken auf den Kolben des Hydraulikzylinders und jedwede Dämpfungen der Druckänderungen, bis sie auf den Kolben einwirken, vermieden. Auf diese Weise kann mit den Druckänderungen hochdynamisch in das Walzgerüst eingegriffen und reduzierend auf Chatter-Schwingungen oder bereits auf diese möglicherweise hervorrufende Anregungen eingewirkt werden.

[0011] Konkret können dazu die Druckänderungen in dem Druckraum in Abhängigkeit von Amplitude, Frequenz und Phase von Bewegungen einer oder mehrerer der Walzen des Walzgerüsts erzeugt werden. Diese Bewegungen werden dann an mindestens einer Arbeits- oder Stützwalze des Walzgerüsts vorzugsweise in Richtung des Walzenspalts erfasst. Mit dem Erfassen von Bewegungen ist hier wahlweise das Erfassen von Beschleunigungen und/oder das Erfassen von Geschwindigkeiten und/oder das Erfassen von Lagen oder Abständen gemeint, wobei klar ist, dass diese drei Bewegungsgrößen zeitliche Integrale bzw. zeitliche Ableitungen von-

einander sind.

[0012] Das Regelkonzept, mit dem bei dem neuen Verfahren die Druckänderungen in Abhängigkeit von Amplitude, Frequenz und Phase der erfassten Bewegungen der Walzen des Walzgerüsts erzeugt werden, kann darauf abzielen, die Steifigkeit an dem betrachteten Punkt der jeweiligen Walze virtuell zu erhöhen, d. h. allen Beschleunigungen, die auf diesen Punkt einwirken, mit gegenphasigen Kräften zu begegnen, die den Punkt in Ruhe halten.

[0013] Alternativ kann das Regelkonzept bei dem neuen Verfahren auf eine virtuelle Erhöhung der Dämpfung auftretender Bewegungen des betrachteten Punkts abzielen. Bei diesem Konzept wird auftretenden Bewegungen der Walzen möglichst viel Energie entzogen. Beide vorgenannten Konzepte können auch miteinander kombiniert werden.

[0014] Die Bewegungen der Walzen des Walzgerüsts können bei dem neuen Verfahren nicht nur an den Walzen selbst, sondern auch in bzw. an ihren Lagern erfasst werden. Dies ist insbesondere sinnvoll, wenn die Bewegungen der Arbeitswalzen oder Stützwalzen des Walzgerüsts erfasst werden sollen, die die Konstanz des Walzenspalts unmittelbar oder mittelbar beeinflussen und damit die Qualität des gewalzten Materials mit ihrem Auftreten unmittelbar beeinträchtigen. Diese Bewegungen können zwar grundsätzlich auch beispielsweise durch in die Walze integrierte Sensoren direkt erfasst werden. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass die Arbeitswalzen eines Walzgerüsts ausgewechselt werden, um übergeschliffen zu werden, selbst wenn keine Rattermarken auftreten. Sensoren in den Walzen würden daher den Gesamtaufwand für die Umsetzung des neuen Verfahrens stark erhöhen, was bei einer Erfassung der Bewegungen der Walzen durch Messen von Beschleunigungen ihrer Lager nicht der Fall ist.

[0015] Die Bewegungen der Stützwalzen eines Walzgerüsts in Richtung des Walzenspalts können auf deren den Arbeitswalzen abgekehrten Seiten auch mit einem Abstandssensor erfasst werden. Da dieser nicht absolut fest angeordnet werden kann, sondern bei Schwingungen des Walzgerüsts ebenfalls Lageveränderungen erfährt, ist ein solcher Abstandssensor vorzugsweise mit einem Beschleunigungssensor zu kombinieren, der ein Korrektursignal für Eigenbewegungen des Abstandssensors bereitstellt.

[0016] Die neue Vorrichtung zum Unterdrücken des Ratterns von Walzen eines Walzgerüsts weist elektrisch ansteuerbare Linearaktuatoren als Teile der Mittel zum Erzeugen von Druckänderungen in dem den Hydraulikzylinder für das Einstellen des Walzenspalts beaufschlagenden Hydraulikmedium auf. Diese Linearaktuatoren verändern mit ihren Längenänderungen unmittelbar das Volumen des an den Kolben angrenzenden Druckraums des Hydraulikzylinders.

[0017] Konkret können die Linearaktuatoren linear bewegliche Bereiche einer Wandung des Druckraums abstützen. Sie werden dabei durch den in dem Druckraum

herrschenden Druck unter eine Vorspannung gesetzt. Dies ist jedoch keinesfalls nachteilig, sondern für verschiedenen Linearaktuatoren sogar Voraussetzung für ein hochdynamisches Ansprechverhalten. Die von den Linearaktuatoren abgestützten linear beweglichen Bereiche der Wandung des Druckraums können kleine Kolben sein, d. h. Kolben mit viel kleinerer Kolbenfläche als der Kolben des Hydraulikzylinders.

[0018] Konkret können die Linearaktuatoren dabei in dem Kolben des Hydraulikzylinders angeordnet sein und mit ihren kleinen Kolben linear bewegliche Bereiche innerhalb der Kolbenfläche des Kolbens des Hydraulikzylinders abstützen. Indem die Linearaktuatoren in den Kolben des Hydraulikzylinders integriert werden, muss für die Nachrüstung der neuen Vorrichtung bei einem vorhandenen Walzgerüst im Wesentlichen nur der Kolben ausgetauscht werden.

[0019] Vorzugsweise handelt es sich bei den Linearaktuatoren der neuen Vorrichtung um Piezo-Stapel-Aktuatoren, d. h. um Aktuatoren, bei denen mehrere Piezokristall-Elemente, insbesondere piezokeramische Scheiben, zur Erhöhung der erreichbaren Längenänderung aufeinandergestapelt sind. Piezo-Stapel-Aktuatoren sind hochdynamisch ansteuerbar, wenn sie unter einer Druckvorspannung stehen. Dabei kann die optimale Druckvorspannung auf die Linearaktuatoren leicht durch Variation des Durchmessers der von ihnen abgestützten kleinen Kolben gegenüber dem Durchmesser der Piezo-Stapel-Aktuatoren unter Berücksichtigung des in dem Druckraum des Hydraulikzylinders herrschenden Drucks eingestellt werden.

[0020] Die Abmessungen von dynamisch betriebenen (insbesondere zylindrischen oder rechteckigen) Piezo-Stapel-Aktuatoren senkrecht zu ihrer Stapelrichtung sind begrenzt, typischerweise betragen sie weniger als 20 mm, damit der Wärmeeintrag in die Aktuatoren aufgrund von Hystereseeffekte des Piezo-Materials nicht zu einer inneren Überhitzung führt. Die geringen Abmessungen erleichtern es, die im Inneren des Piezo-Materials anfallende Wärme nach außen abzuführen. Aus der Begrenzung der Abmessungen der einzelnen Piezo-Stapel-Aktuatoren resultieren auch Begrenzungen für die mit jedem dieser Aktuatoren über das Hydraulikmedium auf den Kolben aufbringbare Kraft. Diese Begrenzung wird bei der vorliegenden Erfindung jedoch leicht dadurch kompensiert, dass eine Vielzahl von Piezo-Stapel-Aktuatoren parallel geschaltet wird und jeweils über einen kleinen Kolben auf den Druckraum einwirkt. Der hierfür nötige Bauraum ist ohne weiteres vorhanden, da Hydraulikzylinder, mit denen der Walzenspalt eines Walzgerüsts eingestellt wird, typischerweise eine sehr große Kolbenfläche von einigen Quadratdezimetern aufweisen. Über diese Kolbenfläche können die einzelnen Piezo-Stapel-Aktuatoren verteilt werden.

[0021] Die Begrenzung der Grundfläche von Piezoaktuatoren bei zylindrischen oder rechteckigen Aktuatoren aufgrund der angesprochenen Gefahr der Überhitzung, die typischerweise unterhalb ca. 400 mm² liegt, kann

durch den Einsatz von ringförmigen Aktuatoren überwunden werden. Die Wandstärke des Rings beträgt dann typischerweise bspw. weniger als 20 mm. Die Piezoaktuatorgrundfläche wird hierbei durch den Außendurchmesser des ringförmigen Aktuators definiert. So wird beispielsweise bei einem Außendurchmesser von 60 mm und einer Wandstärke von 16 mm eine Grundfläche von 2.200 mm² erzielt.

[0022] Um die bereits angesprochene Gefahr der Überhitzung der Piezo-Stapel-Aktuatoren bei der neuen Vorrichtung zuverlässig abzuwenden, können die Piezo-Stapel-Aktuatoren mit dem Hydraulikmedium gekühlt werden, das durch aus dem Druckraum führende Kapillarleitungen fließt. Die Kapillarleitungen sind so zu dimensionieren, dass sie begrenzte Mengen an Hydraulikmedium zu den Piezo-Stapel-Aktuatoren als Kühlmedium hindurch treten lassen und der Druck in dem Druckraum über ihre Länge vollständig abfällt. Damit befindet sich das Hydraulikmedium beim Austreten aus den Kapillarleitungen nicht mehr auf dem Druck in dem Druckraum, sondern auf Umgebungsdruck oder einem umgebungsnahen Druck. Von den Piezo-Stapel-Aktuatoren gelangt das erwärmte Hydraulikmedium über einen Kühler in den Kreislauf des Hydraulikmittels zurück. Eine derartige Kühlung der Piezo-Stapel-Aktuatoren setzt allerdings voraus, dass dem Druckraum kontinuierlich Hydraulikmedium zugeführt wird, um den in ihm herrschenden, den Walzenspalt einstellenden statischen Druck aufrechtzuerhalten.

[0023] An der neuen Vorrichtung ist mindestens ein Sensor vorgesehen, der an mindestens einer Arbeits- oder Stützwalze des Walzgerüsts Bewegungen in Richtung des Walzenspalts erfasst. Weiterhin ist ein Signalgenerator vorgesehen, der die Linearaktuatoren mit einem Ansteuersignal ansteuert, das von Amplitude, Frequenz und Phase der erfassten Bewegungen abhängig ist. Auf die dabei anwendbaren Regelkonzepte wurde bereits oben im Zusammenhang mit dem neuen Verfahren eingegangen.

[0024] Der Sensor zum Erfassen der Bewegungen der Walze kann ein an einem Lager einer Walze vorgesehener Beschleunigungssensor sein. Die Bewegungen einer Stützwalze in Richtung des Walzenspalts können auch mit einem Abstandssensor für einen Abstand zu einem Mantel der Stützwalze erfasst werden. Wie bereits angesprochen wurde, ist ein solcher Abstandssensor, mit einem Beschleunigungssensor zu kombinieren, der ein Korrektursignal für Eigenbewegungen des Abstandssensors liefert. Der Abstandssensor selbst kann beispielsweise ein kapazitiver Abstandssensor sein oder auch ein auf dem Mantel der Stützwalze abrollendes Tastrad aufweisen.

[0025] Der Hydraulikzylinder, bei dem die Druckänderungen unmittelbar in einem an seinen Kolben angrenzenden Druckraum durch Verändern des Volumens des Druckraums erzeugt werden, kann ein Anstellzylinder des jeweiligen Walzgerüsts sein, der den Walzenspalt bzw. die Kraft zwischen den Arbeitswalzen vorgibt. Dabei

ist es bevorzugt, wenn die Erfindung bei allen der üblicherweise zwei Anstellzylinder umgesetzt wird. Die vorliegende Erfindung kann aber auch bei jedem anderen Hydraulikzylinder umgesetzt werden, der bei dem jeweiligen Walzgerüst vorgesehen ist und dessen Beaufschlagung mit Hydraulikmedium sich auf den Walzenspalt auswirkt, wie insbesondere bei jedwedem Biegezylinder, mit dem die Durchbiegung der Arbeitswalzen bzw. die Parallelität des Walzenspalts zwischen den Arbeitswalzen eingestellt wird.

[0026] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Patentansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Die in der Beschreibungseinleitung genannten Vorteile von Merkmalen und von Kombinationen mehrerer Merkmale sind lediglich beispielhaft und können alternativ oder kumulativ zur Wirkung kommen, ohne dass die Vorteile zwingend von erfindungsgemäßen Ausführungsformen erzielt werden müssen. Weitere Merkmale sind den Zeichnungen - insbesondere den dargestellten Geometrien und den relativen Abmessungen mehrerer Bauteile zueinander sowie deren relativer Anordnung und Wirkverbindung - zu entnehmen. Die Kombination von Merkmalen unterschiedlicher Ausführungsformen der Erfindung oder von Merkmalen unterschiedlicher Patentansprüche ist ebenfalls abweichend von den gewählten Rückbeziehungen der Patentansprüche möglich und wird hiermit angeregt. Dies betrifft auch solche Merkmale, die in separaten Zeichnungen dargestellt sind oder bei deren Beschreibung genannt werden. Diese Merkmale können auch mit Merkmalen unterschiedlicher Patentansprüche kombiniert werden. Ebenso können in den Patentansprüchen aufgeführte Merkmale für weitere Ausführungsformen der Erfindung entfallen.

KURZBESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0027] Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher erläutert und beschrieben.

Fig. 1 zeigt ein Walzgerüst mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Unterdrücken des Ratterns von Walzen des Walzgerüsts mit Blickrichtung auf die Achsen des Walzgerüsts, wobei die Darstellung von Fig. 1 im Bereich von Hydraulikzylindern zum Einstellen des Walzenspalts des Walzgerüsts geschnitten ist.

Fig. 2 zeigt einen der bereits in Fig. 1 geschnitten dargestellten Hydraulikzylinder des Walzgerüsts in gegenüber Fig. 1 vergrößerter Querschnittsansicht.

Fig. 3 zeigt eine andere Ausführungsform eines Walzgerüsts mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in einer Seitenansicht mit Blickrichtung längs der Achsen der Walzen des Walz-

gerüsts, wobei auch hier ein Hydraulikzylinder zum Einstellen des Walzenspalts des Walzgerüsts geschnitten dargestellt ist.

Fig. 4 zeigt eine Draufsicht auf die Kolbenfläche des Kolbens des Hydraulikzylinders gemäß Fig. 3.

Fig. 5 zeigt einen Schnitt durch ein Detail des Kolbens gemäß Fig. 4.

Fig. 6 zeigt einen Schnitt durch ein Detail des Kolbens gemäß Fig. 4 und einen separaten Piezostapel-Ringaktuator als Alternative zu der Ausführungsform gemäß Fig. 5.

Fig. 7 zeigt ein Walzgerüst, wobei zusätzlich zu Fig. 1 zwischen Lagern von Arbeitswalzen wirkende Biegezyklen wiedergegeben sind.

FIGURENBESCHREIBUNG

[0028] Das in Fig. 1 gezeigte Walzgerüst 15 umfasst vier Walzen 1 bis 4, von denen die beiden mittleren Walzen 2 und 3 als Arbeitswalzen und die beiden äußeren Walzen 1 und 4 als Stützwalzen dienen. Zwischen den Arbeitswalzen 2 und 3 ist ein Walzenspalt 16 ausgebildet, durch den das mit dem Walzgerüst 5 gewalzte Material hindurch tritt. Die Walzen 1 bis 4 sind mit ihren Wellen 17 bis 20 in einer Walzwerksstuhlung 5 gelagert, die auf einem Sockel 21 aufbaut. Dabei wird der Walzenspalt 16 mit Hilfe von Hydraulikzylindern 6 eingestellt, die auf Lager für die Welle 20 der unteren Stützwalze 4 einwirken. Die Lager der Arbeitswalzen 2 und 3 sind in Richtung des Walzenspalts 16 verschieblich an der Walzwerksstuhlung geführt. Die Lager für die Welle 17 der oberen Stützwalze stützen sich nach oben an einem Riegel der Walzwerksstuhlung ab. Bewegungen der Walzen 1 bis 4 in Richtung des Walzenspalts 16 werden durch Beschleunigungssensoren 13 an den Lagern für die Welle 17 der oberen Stützwalze 1 erfasst. Eine Steuerung 14 steuert Linearaktuatoren 11 in den Hydraulikzylindern 6 in Abhängigkeit von den erfassten Bewegungen der Walzen 1 bis 4 an, um diese Bewegungen aktiv zu unterdrücken. Der Steuerung 14 wird dabei zusätzlich ein Drehzahlsignal 23 zugeführt, das ihr die aktuelle Drehzahl der Arbeitswalzen 2 und 3 und/oder die aktuelle Drehzahl der Stützwalzen 1 und 4 mitteilt, weil es bei den diesen Drehzahlen entsprechenden Frequenzen bzw. deren Harmonischen besonders effektiv ist, den Bewegungen der Walzen 1 bis 4 entgegenzuwirken.

[0029] Fig. 2 zeigt einen der Hydraulikzylinder 6 gemäß Fig. 1 in vergrößerter Darstellung. In dem Hydraulikzylinder 6 ist eine Druckkammer 24 vorgesehen, die mit Hydraulikmedium beaufschlagt wird, um den Walzenspalt einzustellen. Hierbei handelt es sich um eine untere Kolbenkammer 10 des Hydraulikzylinders 6. Der Hydraulikzylinder 6 weist auch noch eine obere Kolbenkammer 9 auf, die jedoch mit einer geringeren Wirkfläche auf den

Kolben 8 des Hydraulikzylinders einwirkt und die zum Verspannen des Hydraulikzylinders beaufschlagt werden kann. Der Kolben 8 stützt mit einer Kolbenstange 7 eines der beiden endseitigen Lager für die Welle 20 gemäß Fig. 1 an dem Walzgerüst 15 ab. Die Kräfte, die über die Kolbenstange 7 auf dieses Lager einwirken, werden jedoch nicht nur von den von außen mit dem Hydraulikmedium in die beiden Kolbenkammern 9 und 10 eingebrachten Drücken bestimmt. Vielmehr sind zwei Linearaktuatoren 11 vorgesehen, mit denen der Druck in dem Druckraum 24, d. h. der unteren Kolbenkammer 10, innerhalb des Hydraulikzylinders 6 variiert werden kann. Damit ist es möglich, die über die Kolbenstange 7 einwirkenden Kräfte im hochdynamischen, d. h. hochfrequenten Bereich von mehreren hundert bis tausend Hz zu variieren, um den mit den Beschleunigungssensoren 13 gemäß Fig. 1 erfassten Bewegungen der Walzen 1 bis 4 entgegenzuwirken. Die Linearaktuatoren 11 sind in dem Kolben 8 vorgesehen und stützen sich rückwärtig an dem Kolben 8 ab. An ihrer anderen Seite beaufschlagen sie kleine Kolben 12, deren Kolbenflächen 25 bewegliche Bereiche 26 einer Kolbenfläche 27 des Kolbens 8 sind. Über die Kolben 12 werden die Linearaktuatoren 11 auch mit dem Druck in dem Druckraum 24 beaufschlagt. Dies ist aber bei der bevorzugten Ausbildung der Linearaktuatoren als Piezo-Stapel-Aktuatoren 28 kein Nachteil, sondern ein Vorteil, weil eine hochdynamische Ansteuerung von Piezo-Stapel-Aktuatoren ohnehin eine Druckvorspannung voraussetzt.

[0030] Fig. 3 zeigt ein anderes Walzgerüst von der Seite, das ebenfalls vier Walzen 1 bis 4 bestehend aus zwei Arbeitswalzen 2 und 3 und zwei Stützwalzen 1 und 4 aufweist. Unterschiede zu dem Aufbau von Fig. 1 bestehen nicht darin, dass in Fig. 3 aus Bequemlichkeit auf die Wiedergabe der Steuerung 14 verzichtet wurde, sondern in der Anordnung des Beschleunigungssensors 13 nicht an dem Lager 29 für die Welle 17 der oberen Stützwalze 1, das sich an dem Riegel 22 abstützt, sondern an dem Lager 31 für die Welle 19 der unteren Arbeitswalze 3. Außerdem ist der Hydraulikzylinder 6 anders ausgebildet, wie jetzt anhand der Fig. 4 und 5 näher erläutert werden wird.

[0031] Fig. 4 zeigt eine Draufsicht auf die Kolbenfläche 27 des Kolbens 8 des Hydraulikzylinders 6 gemäß Fig. 3. Zu sehen ist dabei eine Vielzahl von Kolben 12 mit Kolbenflächen 25, die gegenüber dem Kolben 8 jeweils mit einem hier nicht sichtbaren Linearaktor abgestützt sind, der von der Steuerung zur Unterdrückung des Ratterns der Walzen des Walzgerüsts angesteuert wird. Die Vielzahl der Kolben 12 trägt dem maximalen Durchmesser von Piezo-Stapel-Aktuatoren Rechnung, damit diese bei dynamischer Beanspruchung nicht aufgrund von Hystereseeffekten in ihrem Inneren so weit aufgeheizt werden, dass sie einen "Hitzetod" sterben. Ein maximaler Durchmesser von 20 mm oder darunter stellt sicher, dass die im Inneren des Piezo-Materials anfallende Wärme an die Oberflächen des Piezo-Stapel-Aktuators abgeführt werden kann.

[0032] Um die Wärme von den Oberflächen der Piezo-Stapel-Aktuatoren 28 weiter abzuführen, weisen die Kolben 12 gemäß Fig. 4 jeweils zwei senkrecht zu den Kolbenflächen 25 verlaufende Kapillarleitungen 33 auf, durch die Hydraulikmedium unter Abbau des vor der Kolbenfläche 27 herrschenden Drucks auf die Rückseite der Kolben 12 fließen kann, um die dort befindlichen Piezo-Stapel-Aktuatoren 28 zu kühlen. Dies ist näher aus Fig. 5 ersichtlich. Fig. 5 ist ein Schnitt durch einen Kolben 12 und den dahinterliegenden Piezo-Stapel-Aktuator 28 als Linearaktor 11. Dabei skizziert Fig. 5, dass der Durchmesser des Kolbens 12 größer als derjenige des Piezo-Stapel-Aktuators 28 sein kann, um abhängig von dem Druck auf die Kolbenfläche 25 eine günstige Druckvorspannung auf den Piezo-Stapel-Aktuator 28 einzustellen. Weiterhin zeigt Fig. 5, dass die Kapillarleitungen 33 zu einer Bohrung 34 führen, in der der Piezo-Stapel-Aktuator 28 angeordnet ist. Der freie Querschnitt der Bohrung 34 um den Piezo-Stapel-Aktuator 28 ist viel größer als der Durchmesser der Kapillarleitungen 33. Auch eine Leitung 35, die von der Bohrung 34 zu einer Sammelleitung 36 für das durch die Kapillarleitung 33 hindurch getretene Hydraulikmedium führt, weist einen viel größeren Querschnitt als die Kapillarleitungen 33 auf. So kann der vollständige Druckabbau des Hydraulikmediums über die Kapillarleitungen 33 erfolgen. Das an den Piezo-Stapel-Aktuatoren 28 entlang fließende Hydraulikmedium nimmt die von diesem erzeugte Wärme auf und führt sie zu einem hier nicht dargestellten Kühler für das Hydraulikmedium ab.

[0033] Der Piezoaktor 11 gemäß Fig. 5 kann auch als Piezostapel-Ringaktor 37 entsprechend Fig. 6 ausgeführt sein. Hierdurch ist die Erhöhung der Grundfläche, bei gleichzeitigem Erhalt der guten Wärmeabfuhr gegeben.

[0034] Es versteht sich, dass die Erfindung auch für mehrere Walzenpaare für Arbeitswalzen und/oder Stützwalzen einsetzbar ist oder mehr als 4 Walzen, was von dem Gegenstand der Patentansprüche umfasst ist.

[0035] Es versteht sich auch, dass die vorliegende Erfindung nicht auf die Umsetzung bei den groß dimensionierten Hydraulikzylindern 6 eines Walzgerüsts 15 beschränkt ist, die auch als Anstellzylinder bezeichnet werden. Fig. 7 skizziert zwischen den Lagern 30 und 31 der Arbeitswalzen 2 und 3 wirkende, sogenannte Biegezyylinder 38 und 39, mit denen auf die Parallelität des Walzenspalts 16 Einfluss genommen werden kann und deren Kolbenkammern 40 bis 43 ebenfalls als Druckräume 24 genutzt werden können, in denen erfindungsgemäß Druckänderungen durch Veränderungen des Volumens des jeweiligen Druckraums 24 erzeugt werden, die sich auf den Walzenspalt 16 auswirken und mit denen entsprechend das Rattern der Walzen 1 bis 4 des Walzgerüsts 15 beeinflussbar, d. h. insbesondere unterdrückbar ist.

BEZUGSZEICHENLISTE**[0036]**

1	Stützwalze	5
2	Arbeitswalze	
3	Arbeitswalze	
4	Stützwalze	
5	Walzwerksstuhlung	
6	Hydraulikzylinder	10
7	Kolbenstange	
8	Kolben	
9	Kolbenkammer	
10	Kolbenkammer	
11	Linearaktuator	15
12	Kolben	
13	Beschleunigungssensor	
14	Steuerung	
15	Walzgerüst	
16	Walzenspalt	20
17	Welle	
18	Welle	
19	Welle	
20	Welle	
21	Sockel	25
22	Riegel	
23	Drehzahlsignal	
24	Druckraum	
25	Kolbenfläche	
26	Bereich	30
27	Kolbenfläche	
28	Piezo-Stapel-Aktuator	
29	Lager	
30	Lager	
31	Lager	35
32	Lager	
33	Kapillarleitung	
34	Bohrung	
35	Leitung	
36	Sammelleitung	40
37	Piezostapel-Ringaktuator	
38	Biegezyylinder	
39	Biegezyylinder	
40	Kolbenkammer	
41	Kolbenkammer	45
42	Kolbenkammer	
43	Kolbenkammer	

Patentansprüche

1. Verfahren zum Unterdrücken des Ratterns von Walzen eines Walzgerüsts, das mindestens zwei einander über einen Walzenspalt gegenüberliegende Arbeitswalzen, zwei die Arbeitswalzen abstützende Stützwalzen und zwei den Walzenspalt einstellende Hydraulikzylinder aufweist, wobei Druckänderungen in einem Hydraulikmedium erzeugt werden, das min-

destens einen der den Walzenspalt des Walzgerüsts einstellenden Hydraulikzylinder beaufschlagt, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Druckänderungen unmittelbar in einem an seinen Kolben (8) angrenzenden Druckraum (24) des Hydraulikzylinders (6) erzeugt werden, indem das Volumen des Druckraums (24) verändert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** an mindestens einer Walze (1 bis 4) des Walzgerüsts (15) Bewegungen in Richtung des Walzenspalts (16) erfasst werden und dass die Druckänderungen in dem Druckraum (24) in Abhängigkeit von Amplitude, Frequenz und Phase der Bewegungen erzeugt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Druckänderungen nach dem Konzept einer aktiven Erhöhung der Steifigkeit erzeugt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Druckänderungen nach dem Konzept einer aktiven Erhöhung der Dämpfung erzeugt werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bewegungen der Walze (1, 2, 3 oder 4) durch Messen von Beschleunigungen ihrer Lager (29, 30, 31 oder 32) erfasst werden.

6. Vorrichtung zum Unterdrücken des Ratterns von Walzen eines Walzgerüsts, das mindestens zwei einander über einen Walzenspalt gegenüberliegende Arbeitswalzen, zwei die Arbeitswalzen abstützende Stützwalzen und zwei den Walzenspalt einstellende Hydraulikzylinder aufweist, mit Mitteln zum Erzeugen von Druckänderungen in einem mindestens einen der Hydraulikzylinder beaufschlagenden Hydraulikmedium, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel zum Erzeugen von Druckänderungen elektrisch ansteuerbare Linearaktuatoren (11) aufweisen, die mit ihren Längenänderungen das Volumen eines unmittelbar an seinen Kolben (8) angrenzenden Druckraums (24) des Hydraulikzylinders (6) verändern.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Linearaktuatoren (11) linear bewegliche Bereiche (26) einer Wandung des Druckraums (24) abstützen.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Linearaktuatoren (11) in dem Kolben (8) des Hydraulikzylinders (6) angeordnet sind und linear bewegliche Bereiche (26) der Kolbenfläche (27) abstützen.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Linearaktuatoren Piezo-Stapel-Aktuatoren (28) sind..
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Piezo-Stapel-Aktuatoren als Ringaktuatoren (37) ausgebildet sind. 5
11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Piezo-Stapel-Aktuatoren (28) über aus dem Druckraum (24) führende Kapillarleitungen (33) mit dem Hydraulikmedium gekühlt werden. 10
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Sensor vorgesehen ist, der in oder an mindestens einer Walze (1 bis 4) des Walzgerüsts (15) Bewegungen in Richtung des Walzenspalts (16) erfasst, und dass eine Steuerung (14) vorgesehen ist, die die Linearaktuatoren (11) mit einem Ansteuersignal ansteuert, das von Amplitude, Frequenz und Phase der Bewegungen abhängig ist. 15 20
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sensor ein an einem Lager (29, 30, 31 oder 32) einer Walze (1, 2, 3 oder 4) vorgesehener Beschleunigungssensor (13) ist. 25
14. Vorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sensor einen Abstandssensor für einen Abstand zu einem Mantel einer Stützwalze (1 oder 4) aufweist. 30
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine Hydraulikzylinder ein Anstellzylinder (6) oder ein Biegezylinder (38, 39) des Walzgerüsts (15) ist. 35

40

45

50

55

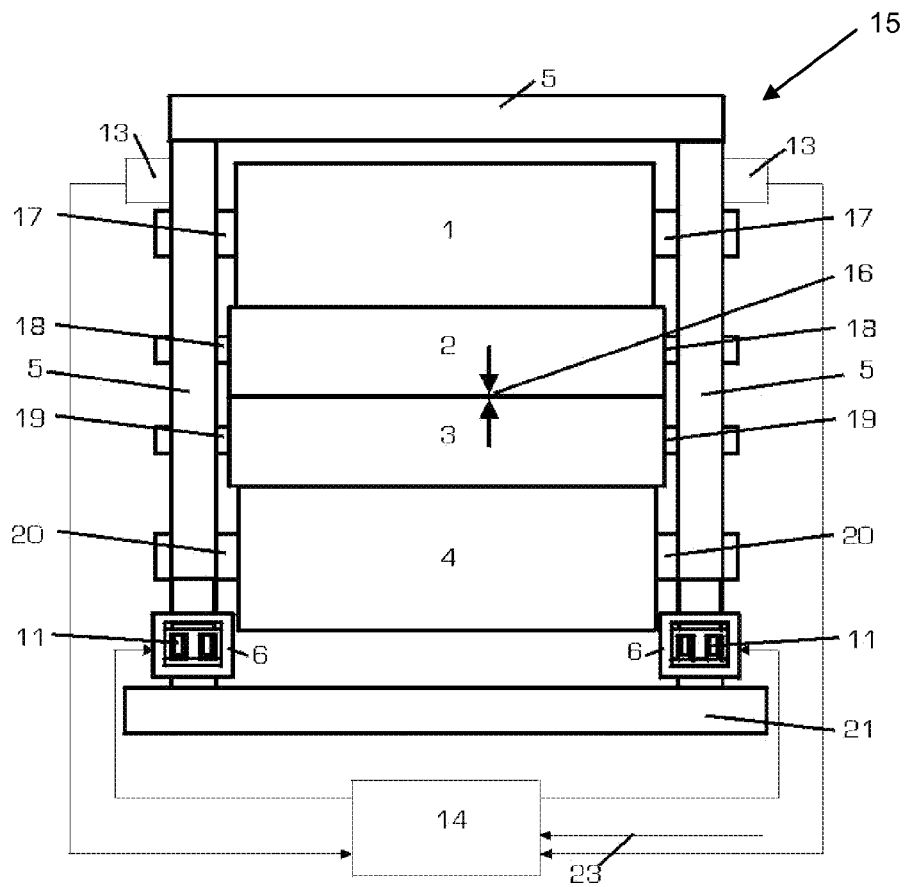


Fig. 1

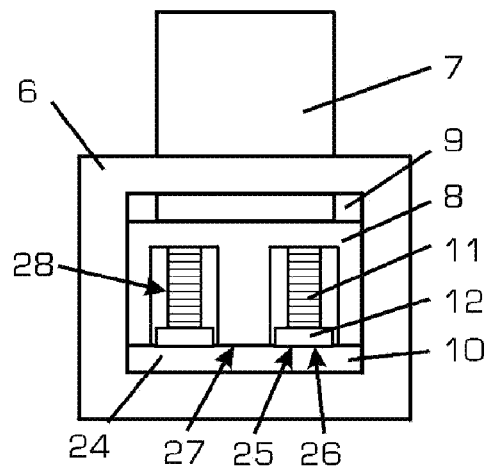


Fig. 2

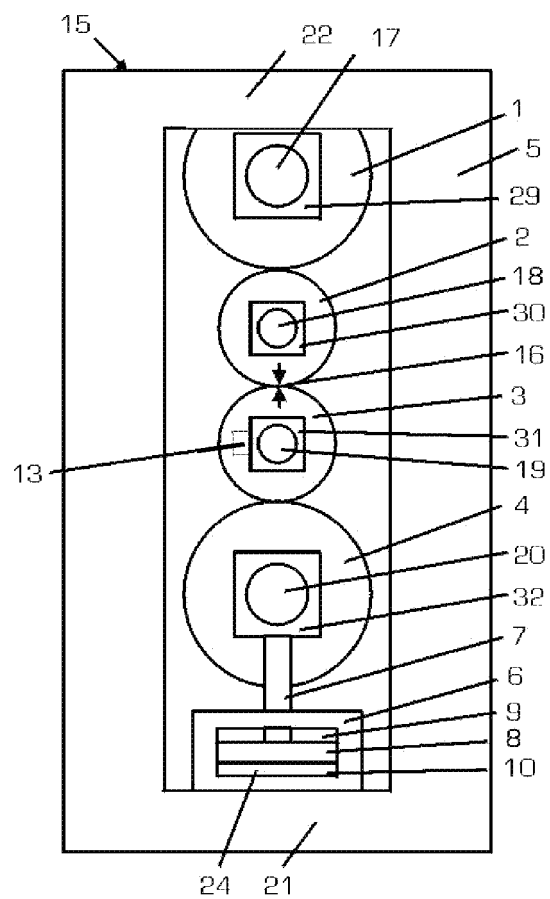


Fig. 3

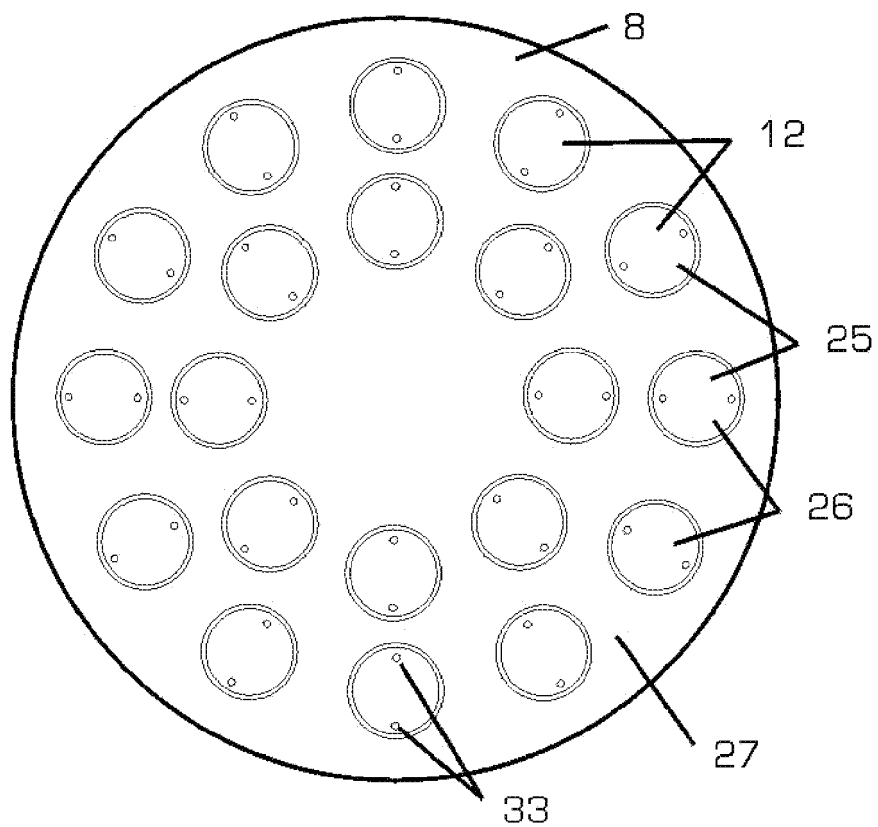


Fig. 4

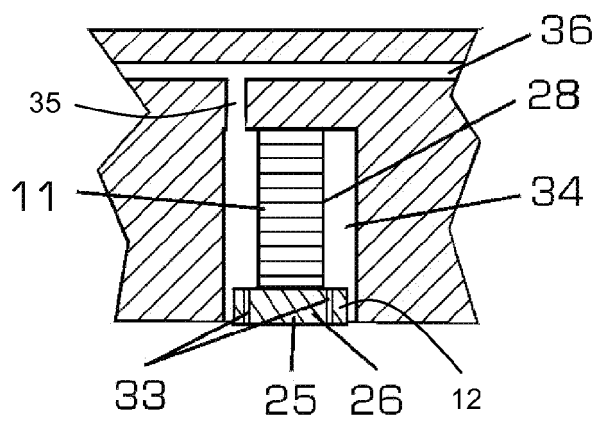


Fig. 5

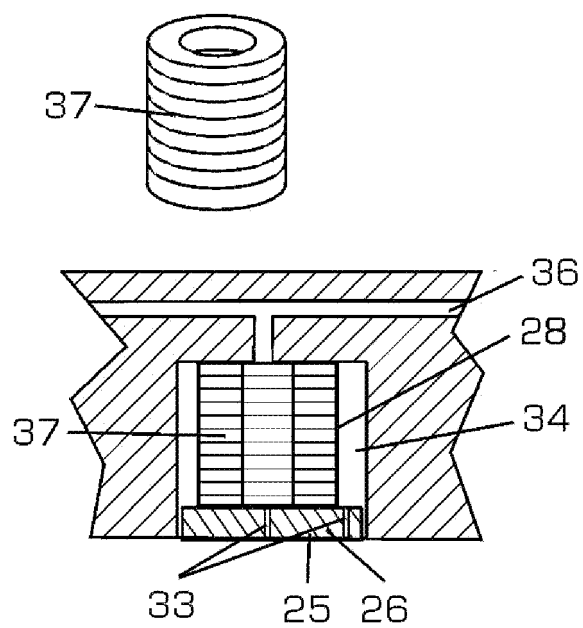


Fig. 6

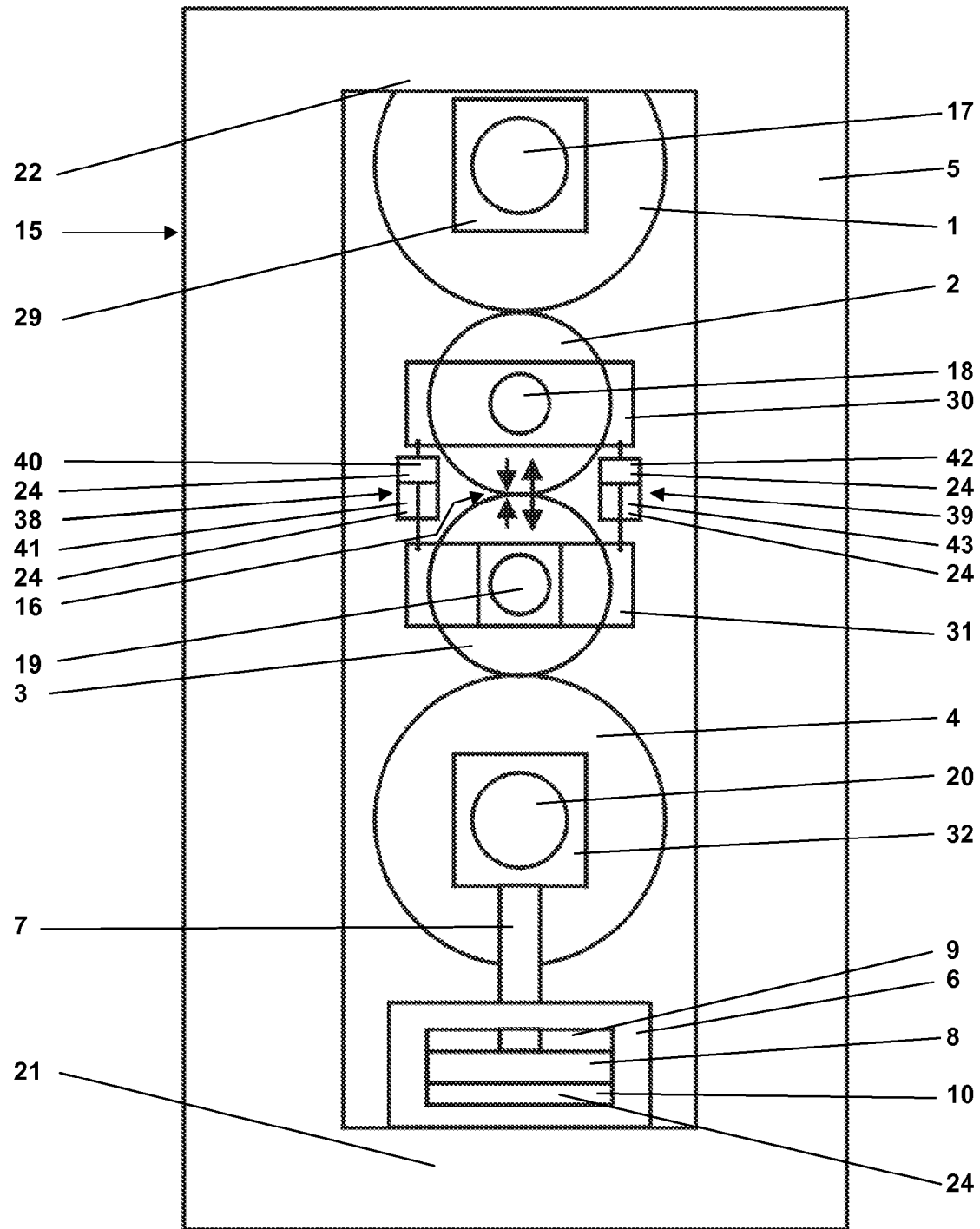


Fig. 7



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 08 16 7442

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A,D	US 5 724 846 A (WANG ALBERT C [US] ET AL) 10. März 1998 (1998-03-10) * Ansprüche 1-10; Abbildung 4 *	1-15	INV. B21B37/00
A	DE 15 27 616 A1 (BRITISH IRON STEEL RESEARCH) 22. Januar 1970 (1970-01-22) * Seite 2, Absatz 2 - Seite 5, Absatz 1; Abbildungen 1,2 *	1,6	
A	JP 60 118313 A (KAWASAKI STEEL CO) 25. Juni 1985 (1985-06-25) * Zusammenfassung *	1,6	
A	JP 03 114607 A (ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND; NIPPON LIGHT METAL CO) 15. Mai 1991 (1991-05-15) * Zusammenfassung *	1,6	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B21B B41F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 28. November 2008	Prüfer Forciniti, Marco
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 08 16 7442

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

28-11-2008

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5724846 A	10-03-1998	JP 2000503905 T WO 9727953 A1	04-04-2000 07-08-1997
DE 1527616 A1	22-01-1970	CH 447990 A FR 1505042 A GB 1158587 A	15-12-1967 08-12-1967 16-07-1969
JP 60118313 A	25-06-1985	KEINE	
JP 3114607 A	15-05-1991	JP 2659820 B2	30-09-1997

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 5724846 A [0003] [0003]
- EP 0956950 A1 [0004]
- DE 102005026907 A1 [0005]
- DE 4010662 A1 [0006]
- WO 0100346 A1 [0007]