(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
10. Juni 2010 (10.06.2010)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/063664 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B21B 37/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/066020

(22) Internationales Anmeldedatum:
30. November 2009 (30.11.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
A1896/2008 5. Dezember 2008 (05.12.2008) AT

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **SIEMENS VAI METALS TECHNOLOGIES GMBH & CO** [AT/AT]; Turmstraße 44, A-4031 Linz (AT).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **PIRKO, Anton** [AT/AT]; Staudingergasse 21/21, A-1200 Wien (AT). **KEINTZEL, Georg** [AT/AT]; Wohnpark Hasenberg 3, A-4221 Steyregg (AT).

(74) Anwalt: **MAIER, Daniel**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

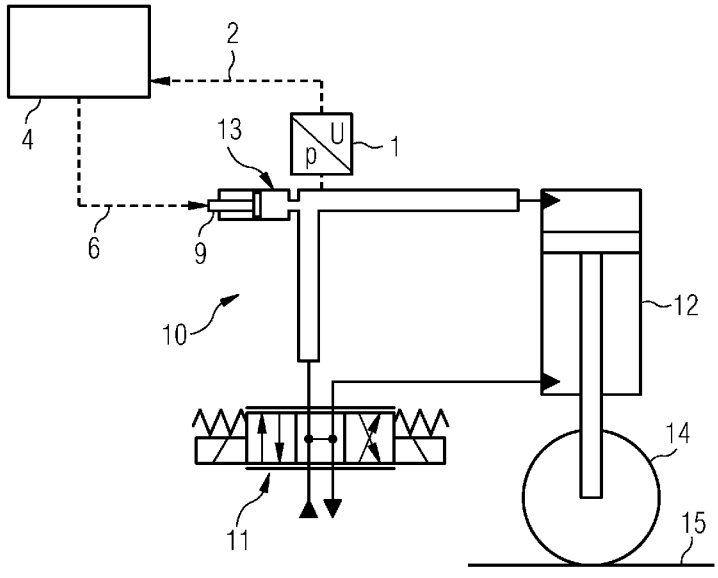
— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

— *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)*

(54) **Title**: METHOD AND DEVICE FOR THE SEMI-ACTIVE REDUCTION OF PRESSURE OSCILLATIONS IN A HYDRAULIC SYSTEM

(54) **Bezeichnung** : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR SEMI-AKTIVEN REDUKTION VON DRUCKSCHWINGUNGEN IN EINEM HYDRAULIKSYSTEM

FIG 2



(57) **Abstract**: The invention relates to a method and a device for the semi-active reduction of pressure oscillations in a hydraulic system of a cold- or warm-rolling train or a strip conditioning installation for iron, steel or aluminum materials. The aim of the invention is to provide a method and a device by means of which occurring pressure oscillations can be effectively suppressed by means of a simple and cost-effective device. This aim is achieved by a method of the type mentioned above, comprising the following method steps in the sequence specified: a) detecting a pressure signal by means of a pressure sensor through permanent pressure measurement in the hydraulic system; b) determining an alternating component of the pressure signal; c) determining in real time at least one variable that changes over time with the aid of a controller while taking the alternating component into consideration; d) subjecting at least one actuator to the variable, wherein the actuator changes a natural frequency of an oscillation absorber that is connected to the hydraulic system, thereby reducing the amplitude of the pressure oscillations in the hydraulic system.

(57) **Zusammenfassung**:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2010/063664 A1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur semi-aktiven Reduktion von Druckschwingungen in einem Hydrauliksystem einer Kalt- oder Warmwalzstraße oder einer Bandbehandlungsanlage für Eisen-, Stahl- oder Aluminiumwerkstoffe. Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, mit denen auftretende Druckschwingungen mittels einer einfachen und kostengünstigen Vorrichtung effektiv reduziert werden können. Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, umfassend folgende Verfahrensschritte in der genannten Reihenfolge: a) Erfassung eines Drucksignals mittels eines Druckaufnehmers durch permanentes Messen eines Drucks im Hydrauliksystem; b) Ermittlung eines Wechselanteils des Drucksignals; c) Ermittlung zumindest einer zeitlich veränderlichen Stellgröße in Echtzeit mit Hilfe eines Reglers unter Berücksichtigung des Wechselanteils; d) Beaufschlagung mindestens eines Aktuators mit der Stellgröße, wobei der Aktuator eine Eigenfrequenz eines mit dem Hydrauliksystem in Verbindung stehenden Schwingungstilgers verändert und dadurch eine Amplitude der Druckschwingungen im Hydrauliksystem reduziert wird.

Verfahren und Vorrichtung zur semi-aktiven Reduktion von Druckschwingungen in einem Hydrauliksystem

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur semi-aktiven Reduktion von Druckschwingungen in einem Hydrauliksystem einer Kalt- oder Warmwalzstraße oder einer Bandbehandlungsanlage für Eisen-, Stahl- oder Aluminiumwerkstoffe.

Es ist bekannt, dass periodisch auftretende Druckschwingungen in Hydrauliksystemen verschiedene Probleme verursachen, beispielsweise übermäßige Geräuschentwicklung, Reduktion der Lebensdauer von Komponenten, Störung von Regelkreisen etc. Druckschwingungen können entweder im Hydrauliksystem selbst hervorgerufen werden, z.B. durch die Ungleichförmigkeit der Fördermenge von Pumpen oder durch die Ansteuerung von Ventilen usw., oder auch extern verursacht werden, z.B. durch periodische Lastschwankungen bei Hydraulikzylindern oder -motoren. Es ist weiters bekannt, dass es insbesondere bei Hydrauliksystemen mit hoher Dynamik, beispielsweise bestehend aus einem hochdynamischen stetigen Hydraulikventil (z.B. ein elektrisch angesteuertes Proportional- oder Servoventil) und einem Hydraulikzylinder oder -motor, zu starken Druckschwingungen im Hydrauliksystem kommen kann.

Es hat sich gezeigt, dass es auch in den Hydrauliksystemen moderner Walzstraßen oder Bandbehandlungsanlagen – z.B. bei der hydraulischen Walzenanstellung – zu starken Druckschwingungen kommen kann, welche zu einer Verringerung der Lebensdauer von Komponenten, aber auch zu erheblichen Schäden an den Gerüsten einer Walzstraße und/oder zu Defekten am Walzgut führen können. Dies wird vor allem dadurch bedingt, dass auf der einen Seite – bedingt durch höhere Walzkräfte oder -geschwindigkeiten – immer schneller

reagierende Hydrauliksysteme (höhere Dynamik) verwendet werden und auf der anderen Seite - bedingt durch höhere Anforderungen an die Reaktionszeit und Wirtschaftlichkeit - die Dämpfung in den Hydrauliksystemen (z.B. die viskose Dämpfung in den Dichtungen von Zylindern) reduziert wird.

Aus der DE 4 302 977 A1 ist eine Vorrichtung zur aktiven Unterdrückung von Druckschwingungen in einem Hydraulikaggregat bekannt, welche einen Drucksensor, eine Regeleinrichtung mit zugeordnetem Verstärker und einen Volumen-Kompensator aufweist. Konkrete Vorschriften für das durchzuführende Verfahren bzw. weitergehende Hinweise für eine vorteilhafte Anwendung der Vorrichtung in einem Hydrauliksystem einer Walzstraße bzw. Bandbehandlungsanlage können der Offenbarung nicht entnommen werden.

Aufgrund der hohen Frequenzen der zu unterdrückenden Druckschwingungen und den hohen Drücken in modernen Hydrauliksystemen werden insbesondere an die Aktuatoren aktiver Schwingungskompensationssysteme sehr hohe Anforderungen gestellt. Dies führt dazu, dass die Aktuatoren nicht mehr kompakt sind (insbesondere großes Volumen aufweisen) und aufgrund der hohen Anforderungen an die Leistungsdichte nur mehr sehr hochwertige und teure Aktuatoren verwendet werden können. Ein weiterer Nachteil aktiver Schwingungskompensationssysteme ist, dass über den Aktuator zusätzlich Energie in das Hydrauliksystem eingebracht wird, was die Stabilität des Gesamtsystems grundsätzlich verschlechtert und insbesondere bei einem nicht exakt eingestellten Regler sogar zu einer Verschlechterung des Systemverhaltens führen kann (dh. dass unter Umständen die Amplitude der Druckschwingungen nicht reduziert sondern sogar verstärkt werden).

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur semi-aktiven Reduktion von Druckschwingungen in einem Hydrauliksystem einer Kalt- oder Warmwalzstraße bzw. einer Bandbehandlungsanlage zu schaffen, mit denen auftretende Druckschwingungen mittels einer einfachen und kostengünstigen Vorrichtung effektiv reduziert werden können

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, umfassend folgende Verfahrensschritte in der genannten Reihenfolge:

a) Erfassung eines Drucksignals mittels eines Druckaufnehmers durch permanentes Messen eines Drucks im Hydrauliksystem;

b) Ermittlung eines Wechselanteils des Drucksignals;

c) Ermittlung zumindest einer zeitlich veränderlichen Stellgröße in Echtzeit mit Hilfe eines Reglers unter Berücksichtigung des Wechselanteils;

d) Beaufschlagung mindestens eines Aktuators mit der Stellgröße, wobei der Aktuator eine Eigenfrequenz eines mit dem Hydrauliksystem in Verbindung stehenden Schwingungstilgers verändert und dadurch eine Amplitude der Druckschwingungen im Hydrauliksystem reduziert wird.

Hierbei wird ein Drucksignal mittels eines Druckaufnehmers (z.B. mit einer piezoelektrischen, piezoresistiven oder aus DMS (Dehn-Mess-Streifen) Messzelle) durch permanentes Messen eines Drucks in einem Hydrauliksystem, beispielweise eines Walzgerüsts einer Walzanlage, erfasst. Unter einem Hydrauliksystem versteht man einen Abschnitt (typischerweise ein hydraulischer Kreis bzw. eine hydraulische Achse) einer Hydraulikanlage, welche hydraulisch miteinander in Verbindung steht, beispielsweise der Bereich zwischen einem Hydraulikventil und einem Hydraulikzylinder inkl. der Hydraulikleitungen bzw. -schläuche. Anschließend wird aus dem Drucksignal ein Wechselanteil ermittelt, dh. es wird ein

Gleichanteil des Drucksignals entfernt, und einem Regler zugeführt. Die Ermittlung des Wechselanteils kann entweder durch einen elektronischen Filterbaustein oder durch einen digitalen Filter erfolgen (z.B. Entfernung des Gleichanteils mittels eines Betrachtungsfensters engl. „sliding window", bestehend aus n Messwerten der Druckschwingungen (Filterordnung n); selbstverständlich kann die Entfernung des DC Anteils aber auch erst im Algorithmus des Reglers erfolgen); alternativ kann die Ermittlung des Wechselanteils auch mittels eines piezoelektrischen Druckaufnehmers und eines Ladungsverstärkers, der entweder dem Druckaufnehmer nachgeschaltet oder in den Druckaufnehmer integriert ist, erfolgen . Der Regler ermittelt unter Berücksichtigung des Wechselanteils des Drucksignals mindestens eine zeitlich veränderliche Stellgröße in Echtzeit, welche zur Beaufschlagung mindestens eines Aktuators verwendet wird, wodurch eine Eigenfrequenz eines mit dem Hydrauliksystem in Verbindung stehenden Schwingungstilgers verändert wird. In dieser Anmeldung versteht man unter einem Schwingungstilger ein per se passives Element zur Schwingungstilgung, z.B. ein $\lambda/4$-Resonator (engl. „side branch resonator"), ein Helmholtz-Resonator etc. Unter „semi-aktiver Reduktion von Druckschwingungen" soll die Abschwächung einer Amplitude von Druckschwingungen in einem Hydrauliksystem mittels eines passiven Schwingungstilgers verstanden werden, wobei die Eigenfrequenz des passiven Schwingungstilgers mittels eines Aktuators veränderlich ist. Eine besonders starke Reduktion der Amplitude der Druckschwingungen ist dann möglich, wenn durch eine gezielte Beaufschlagung des Aktuators mit der Stellgröße eine Eigenfrequenz des Schwingungstilgers so verändert wird, dass die Eigenfrequenz des Schwingungstilgers mit einer Frequenz der Druckschwingung in Übereinstimmung gebracht wird. Die Übertragung des Stellgrößensignals vom

Regler zum Aktuator kann kabelgeführt oder kabellos (z.B. über Funk) erfolgen.

In einer vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Wechselanteil des Drucksignals einer Bandpassfilterung unterzogen. Durch diese Filterung ist es möglich, aus dem Wechselanteil entweder besonders störende Frequenzanteile (welche z.B. mit einer Eigenfrequenz des Walzgerüsts bzw. eines Subsystems zusammenfallen) oder Frequenzanteile mit hoher Amplitude bzw. Intensität (z.B. aus einem Spektrum einer FFT (Fast Fourier Transform) oder PSD (Power Signal Density)) herauszufiltern und dem Regler zuzuführen.

In einer vorteilhaften Ausführungsform verändert der Aktuator ein mit der Stellgröße korrespondierendes Volumen im Schwingungstilger, wobei das Volumen mit der Stellgröße korrespondiert (eine Stellgröße von Null entspricht beispielsweise einer nicht ausgelenkten (neutralen) Stellung des Aktuators; eine maximale Stellgröße kann dann beispielsweise einer max. Auslenkung in einer Richtung entsprechen) und dadurch eine Eigenfrequenz des Schwingungstilgers verändert wird.

In besonders vorteilhafter Weise lässt sich das erfindungsgemäße Verfahren durchführen, wenn der Aktuator das Volumen eines Helmholtz-Resonators oder die aktive Länge eines $\lambda/4$-Resonators verändert. Bei diesen Schwingungstilgern lässt sich die Eigenfrequenz auf einfache Art und Weise verstellen.

Da die Druckschwingungen in einem Hydrauliksystem eines Anstellzylinders eines Gerüsts zum Walzen von Eisen-, Stahl oder Aluminiumwerkstoffen einen direkten Einfluss auf die

Qualität des Walzguts haben und daher besonders störend sind, ist es vorteilhaft, das erfindungsgemäße Verfahren auf ein Hydrauliksystem eines Anstellzylinders eines Walzgerüsts anzuwenden.

Um eine möglichst unmittelbare Umsetzung des erfindungsgemäßen Verfahrens zu ermöglichen, welche die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe löst, ist es vorteilhaft, dass die Vorrichtung aufweist einen mit dem Hydrauliksystem in Verbindung stehenden Druckaufnehmer zur Erfassung eines Drucksignals, ein Glied zur Ermittlung eins Wechselanteils des Drucksignals, dem das Drucksignals zuführbar ist, wenigstens eine Regelvorrichtung, dem der Wechselanteil zuführbar ist und mit dessen Hilfe zumindest eine Stellgröße ermittelbar ist, wenigstens einen mit dem Hydrauliksystem in Verbindung stehenden Schwingungstilger und wenigstens einen mit dem Schwingungstilger in Verbindung stehenden Aktuator mit einem veränderlichen Volumen, dem die Stellgröße zuführbar ist und über dem ein Resonatorvolumen des Schwingungstilgers veränderbar ist. Über das Resonatorvolumen lässt sich wiederum eine Eigenfrequenz des Schwingungstilgers verstellen, wodurch die Eigenfrequenz an eine Frequenz der Druckschwingungen angepasst werden kann.

Eine besonders einfache Verstellung der Eigenfrequenz ist möglich, wenn der Schwingungstilger als $\lambda/4$- oder Helmholtz-Resonator ausgeführt ist.

Eine besonders kostengünstige Vorrichtung lässt sich erzielen, wenn der Aktuator als elektrischer Hubspindel Aktuator oder hydraulischer Aktuator ausgeführt ist. Da die Verstellung des Aktuators - im Vergleich zu Systemen mit aktiver Schwingungskompensation - langsam erfolgen kann,

reichen handelsübliche elektrische oder hydraulische Aktuatoren völlig aus.

In besonders vorteilhafter Weise lässt sich die erfindungsgemäße Vorrichtung anwenden, wenn die Vorrichtung mit einem Hydraulikventil und einem Hydraulikzylinder einer hydraulischen Walzenanstellung in Verbindung steht. Mittels dieses Einbaus ist die Reduktion von Schwingungen an den Walzen eines Walzgerüsts besonders einfach möglich, wodurch die Qualität des Walzguts effektiv verbessert werden kann. Der Einbau ist dann besonders kompakt, wenn die Vorrichtung in eine Zwischenplatte des Hydraulikventils eingebaut wird.

Besondere Vorteile ergeben sich beim Einsatz in einer Gießwalzverbundanlage, insbesondere bei Dünnbandgießanlagen, ganz besonders bevorzugt bei Zweirollen-Gießanlagen und Dünnbrammengießanlagen des Typs ESP (Endless Strip Production).

Weitere Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung nicht einschränkender Ausführungsbeispiele, wobei auf die folgenden Figuren Bezug genommen wird, die Folgendes zeigen:

Fig. 1 Schema einer Regelstrecke zur semi-aktiven Reduktion von Druckschwingungen in einem Hydrauliksystem
Fig. 2 Schema einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Reduktion von Druckschwingungen in einem Hydrauliksystem einer Walzstraße
Fig. 3 und 4 Schemen eines Schwingungstilgers mit integriertem Aktuator

Fig. 1 zeigt den grundsätzlichen Aufbau einer Regelstrecke zur Reduktion von Druckschwingungen in einem Hydrauliksystem

einer Walzstraße. Über einen Druckaufnehmer 1 wird ein Drucksignal eines Drucks im Hydrauliksystem erfasst, das Drucksignal 2 wird einem Hochpassfilter 3 (Details zur elektronischen Schaltung siehe z.B. S. 35 in P. Horowitz, W. Hill. *The Art of Electronics, Cambridge University Press, Second edition*, 1989) zugeführt, welcher den Wechselanteil 2' des Drucksignals 2 bestimmt und einem Regler 4 zuführt. Dieser Regler 4 errechnet in Echtzeit mittels eines Regelgesetzes unter Berücksichtigung des Wechselanteils 2' eine zeitlich veränderliche Stellgröße 6. Das Stellgrößensignal wird anschließend einem Verstärker 8 zugeführt, welcher einen Aktuator 9, ausgeführt als elektrischer Hubspindel Aktuator, ansteuert. Durch den Aktuator 9 wird das Resonatorvolumen eines als Helmholtz-Resonator ausgeführten Schwingungstilgers 13 verändert, wobei die Änderung des Resonatorvolumens mit der Stellgröße 6 korrespondiert. Durch die Änderung des Resonatorvolumens wird eine Eigenfrequenz des Schwingungstilgers 13 verändert, wodurch die Eigenfrequenz des Schwingungstilgers in Übereinstimmung mit einer Frequenz der Druckschwingung gebracht wird. Durch diese Maßnahme wird die Amplitude der Druckschwingung im Hydrauliksystem auf sehr einfache aber wirkungsvolle Art und Weise reduziert.

In Fig. 2 ist eine schematische Vorrichtung zur Unterdrückung von Druckschwingungen in einem Hydrauliksystem eines Gerüsts zum Walzen von Eisen- Stahl- oder Aluminiumwerkstoffen dargestellt. Ein Drucksignal 2 wird mittels eines Druckaufnehmers 1 durch permanentes Messen eines Drucks in einem Hydrauliksystem 10 erfasst, wobei das Hydrauliksystem ein Hydraulikventil 11, einen Hydraulikzylinder 12 und eine Hydraulikleitung umfasst. Das Hydrauliksystem dient zur Anstellung einer Walze 14 zum Walzen eines Walzguts 15. Dabei kann sich der Druckaufnehmer 1 entweder im Abschnitt zwischen

einem Schwingungstilger 13 und dem Hydraulikzylinder 12 (wie gezeichnet) oder im Abschnitt zwischen dem Hydraulikventil 11 und dem Schwingungstilger 13 befinden. Selbstverständlich ist es auch möglich, dass mehrere Druckaufnehmer zwischen dem Schwingungstilger 13 und dem Hydraulikzylinder 12 oder zwischen dem Hydraulikventil 11 und dem Schwingungstilger 13 angeordnet sind. Das Drucksignal 2 wird an einen digitalen Regler 4 übertragen, welcher ein Frequenzband des Wechselanteils des Drucksignals bestimmt und unter Zuhilfenahme eines Regelalgorithmus eine zeitlich veränderliche Stellgröße 6 errechnet. Die Stellgröße wird nach einer Verstärkung in einem nicht dargestellten Verstärker einem als elektrischen Hubspindel Aktuator ausgeführten Aktuator 9 zugeführt, welcher ein mit der Stellgröße 6 korrespondierendes Resonatorvolumen in dem als Helmholtz-Resonator ausgeführten Schwingungstilger 13 verändert, sodass eine Eigenfrequenz des Schwingungstilgers 13 an eine Frequenz der Druckschwingungen angepasst wird, wodurch die Amplitude einer Druckschwingung reduziert wird.

In Fig. 3 ist ein als Helmholtz-Resonator ausgeführter Schwingungstilgers 13 mit einem integrierten Aktuator 9 dargestellt. Dem Aktuator 9 ist eine Stellgröße 6 zuführbar, wodurch das Resonatorvolumen V, $V = LS$, wobei L die Länge und S die Querschnittsfläche des Resonatorvolumens des Helmholtz-Resonators angeben, veränderlich ist. Durch die Änderung des Resonatorvolumens V ist eine Eigenfrequenz des Schwingungstilgers 13 veränderlich, wobei die Eigenfrequenz f des Helmholtz-Resonators durch die Bedingung

$$f = \frac{c}{2\pi}\sqrt{\frac{S'}{L'\underbrace{LS}_{V}}}$$

gegeben ist. Hierbei wird mit c die Schallgeschwindigkeit in der Druckflüssigkeit, S’ die Querschnittsfläche und L’ die

Länge im Resonatorhals (engl. *neck*), L die Länge und S die Querschnittsfläche des Resonatorvolumens V angegeben (vgl. Kapitel 8.3.3 Resonators in dem Fachbuch *H. Kuttruff. Acoustics – An introduction, Taylor and Francis*, 2007).

In Fig. 4 ist ein als λ/4-Resonator ausgeführter Schwingungstilgers 13 mit einem integrierten Aktuator 9 dargestellt. Dem Aktuator 9 ist eine Stellgröße 6 zuführbar, wodurch die aktive Länge L des λ/4-Resonators veränderlich ist. Durch die Änderung der aktiven Länge L ist eine Eigenfrequenz des Schwingungstilgers 13 veränderlich, wobei die Eigenfrequenz f des λ/4 Resonators durch die Bedingung

$$f = \frac{1}{4}\frac{c}{L}$$

gegeben ist. Hierbei wird mit c die Schallgeschwindigkeit in der Druckflüssigkeit und mit L die aktive Länge angegeben.

Selbstverständlich kann das erfindungsgemäße Verfahren oder die Vorrichtung in beliebigen Hydrauliksystemen der Mobil- oder Industriehydraulik eingesetzt werden.

Bezugszeichenliste

1	Druckaufnehmer
2	Drucksignal
2'	Wechselanteil des Drucksignals
3	Bandpassfilter
4	Regler
6	Stellgröße
8	Verstärker
9	Aktuator
10	Hydrauliksystem
11	Hydraulikventil
12	Hydraulikzylinder
13	Schwingungstilger
14	Walze
15	Walzgut

Patentansprüche

1. Verfahren zur semi-aktiven Reduktion von Druckschwingungen in einem Hydrauliksystem einer Kalt- oder Warmwalzstraße oder einer Bandbehandlungsanlage für Eisen-, Stahl- oder Aluminiumwerkstoffe, umfassend folgende Verfahrensschritte in der genannten Reihenfolge:
a) Erfassung eines Druckssignals mittels eines Druckaufnehmers durch permanentes Messen eines Drucks im Hydrauliksystem ;
b) Ermittlung eines Wechselanteils des Drucksignals;
c) Ermittlung zumindest einer zeitlich veränderlichen Stellgröße in Echtzeit mit Hilfe eines Reglers unter Berücksichtigung des Wechselanteils;
d) Beaufschlagung mindestens eines Aktuators mit der Stellgröße, wobei der Aktuator eine Eigenfrequenz eines mit dem Hydrauliksystem in Verbindung stehenden Schwingungstilgers verändert und dadurch eine Amplitude der Druckschwingungen im Hydrauliksystem reduziert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wechselanteil einer Bandpassfilterung unterzogen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Aktuator ein mit der Stellgröße korrespondierendes Volumen im Schwingungstilger verändert.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Aktuator das Volumen eines Helmholtz-Resonators oder über die aktive Länge eines $\lambda/4$-Resonators verändert.

5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren auf ein Hydrauliksystem eines Anstellzylinders eines Walzgerüsts angewendet wird.

6. Vorrichtung zur semi-aktiven Reduktion von Druckschwingungen in einem Hydrauliksystem einer Kalt- oder Warmwalzstraße oder einer Bandbehandlungsanlage für Eisen-, Stahl- oder Aluminiumwerkstoffe, aufweisend einen mit dem Hydrauliksystem in Verbindung stehenden Druckaufnehmer zur Erfassung eines Drucksignals, ein Glied zur Ermittlung eines Wechselanteils des Drucksignals, dem das Drucksignal zuführbar ist, wenigstens eine Regelvorrichtung, dem der Wechselanteil zuführbar ist und mit dessen Hilfe zumindest eine Stellgröße ermittelbar ist, wenigstens einen mit dem Hydrauliksystem in Verbindung stehenden Schwingungstilger und wenigstens einen mit dem Schwingungstilger in Verbindung stehenden Aktuator mit einem veränderlichen Volumen, dem die Stellgröße zuführbar ist und über dem ein Resonatorvolumen des Schwingungstilgers veränderbar ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schwingungstilger als $\lambda/4$- oder Helmholtz-Resonator ausgeführt ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Aktuator als elektrischer Hubspindel Aktuator oder hydraulischer Aktuator ausgeführt ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung mit einem Hydraulikventil und einem

Hydraulikzylinder einer hydraulischen Walzenanstellung in Verbindung steht.

10. Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 5 oder der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 9 bei der Bearbeitung und/oder Herstellung metallischer Stoffe, insbesondere bei einer Gießwalzverbundanlage.

11. Anwendung nach Anspruch 10, wobei die Gießwalzverbundanlage eine Dünnbandgießanlage oder eine Dünnbrammengießanlage (ESP) ist.

FIG 1

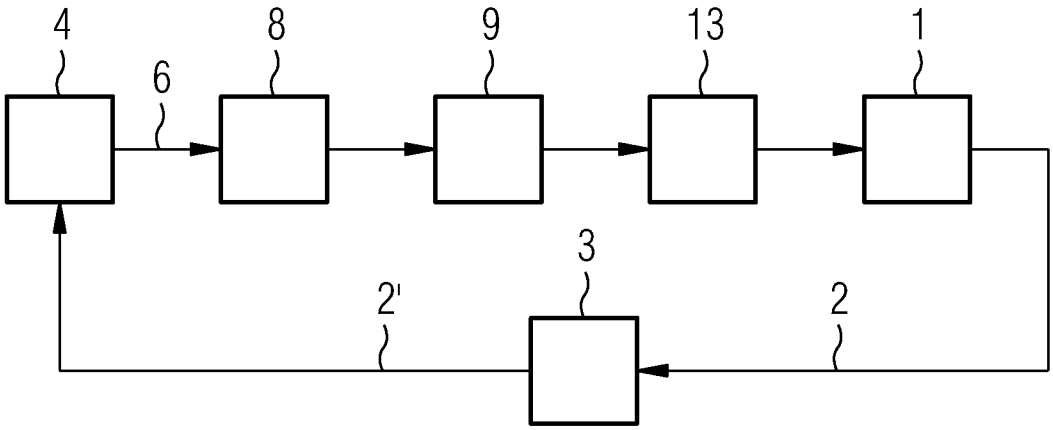


FIG 2

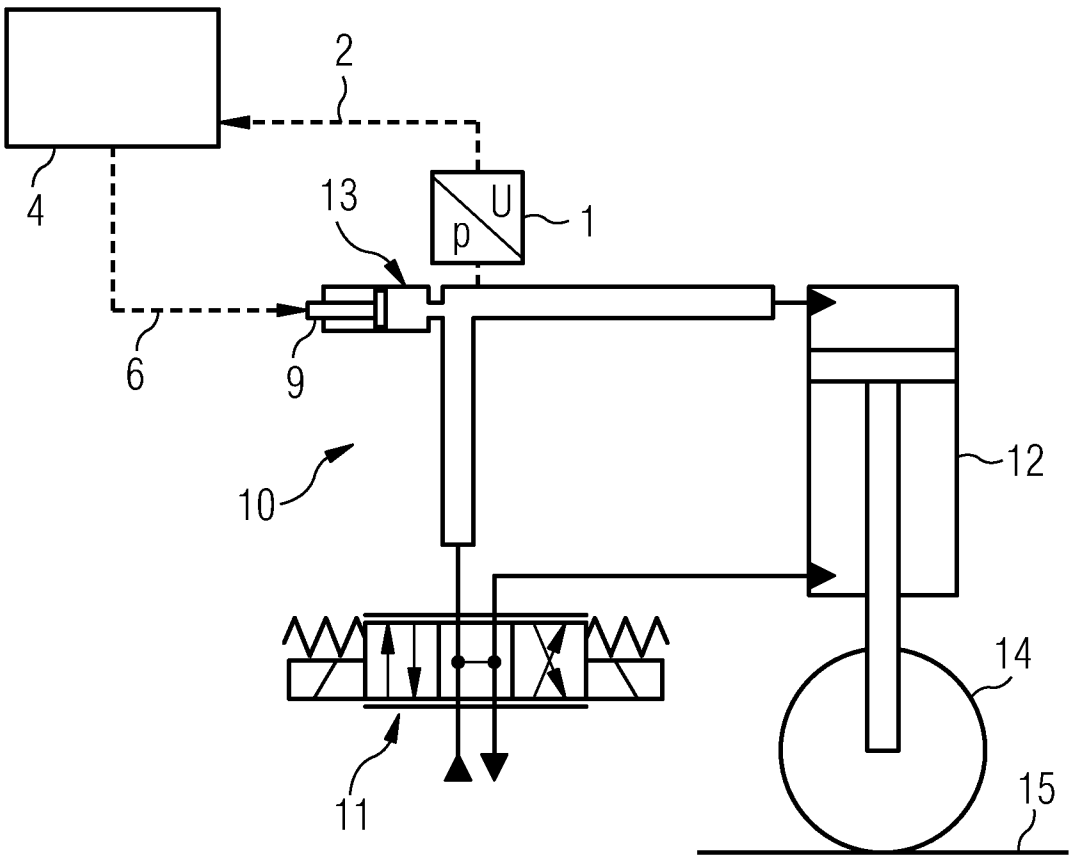


FIG 3

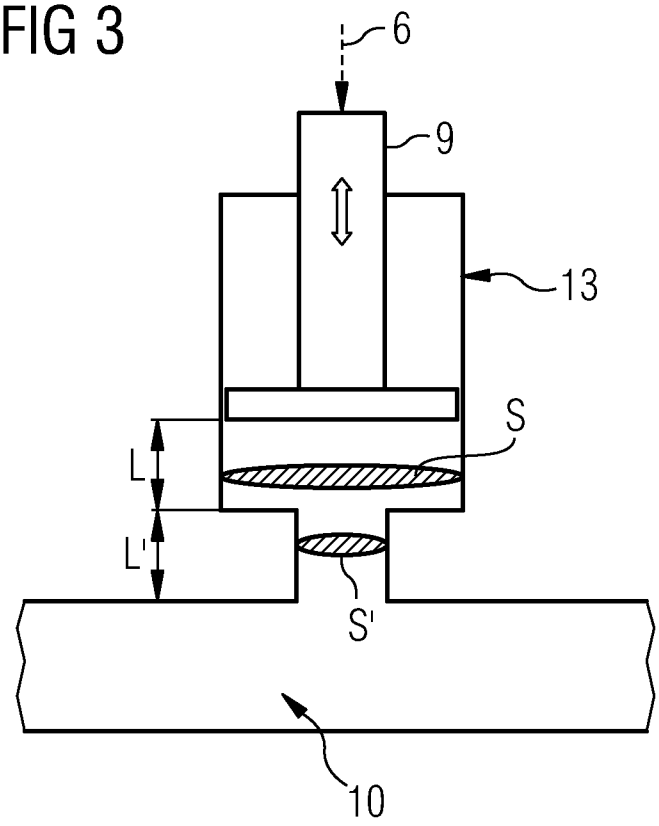
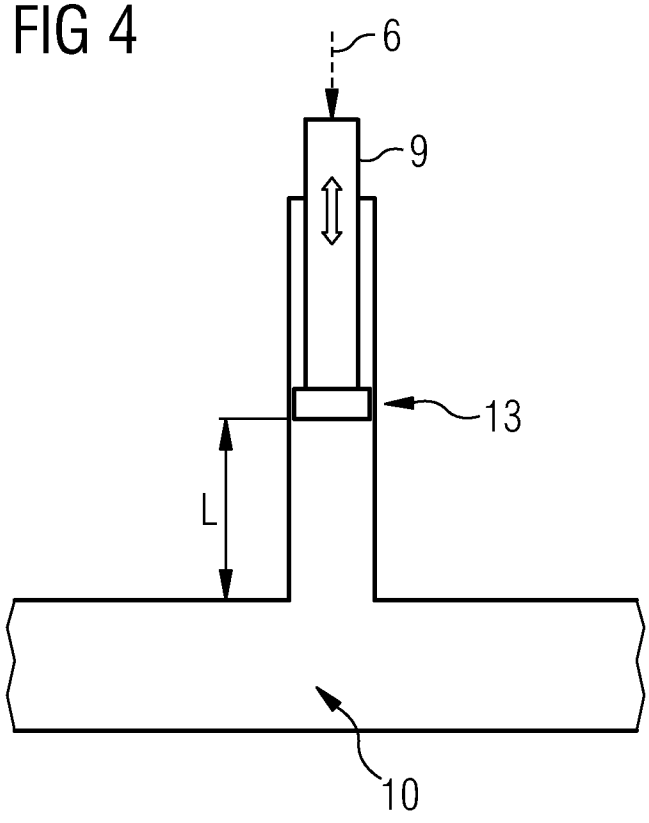


FIG 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2009/066020

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B21B37/00
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B21B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1 457 274 A2 (VOEST ALPINE IND ANLAGEN [AT] SIEMENS VAI METALS TECH SAS [AT]) 15 September 2004 (2004-09-15) column 9, paragraph 47 - paragraph 49; figures 1-2	1-11
A	JP 03 179501 A (KOBE STEEL LTD) 5 August 1991 (1991-08-05) abstract	1-11
A	DE 43 02 977 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 31 March 1994 (1994-03-31) cited in the application column 1, line 38 - column 2, line 3; figure 1	1,6

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
7 May 2010	26/05/2010

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Fax: (+31–70) 340–3016	Forciniti, Marco

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2009/066020

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 379 718 A2 (ALLWEILER AG [DE]) 1 August 1990 (1990-08-01) column 1, line 28 - column 2, line 5; figures 1-4	1,6
A	EP 1 647 713 A2 (CNH ITALIA SPA [IT]) 19 April 2006 (2006-04-19) claim 1; figures 1-2	1,4,6,7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2009/066020

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1457274 A2	15-09-2004	AT 500766 A1	15-03-2006
		AT 394176 T	15-05-2008
		ES 2306929 T3	16-11-2008
JP 3179501 A	05-08-1991	NONE	
DE 4302977 A1	31-03-1994	NONE	
EP 0379718 A2	01-08-1990	DE 3844059 A1	30-08-1990
EP 1647713 A2	19-04-2006	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2009/066020

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. B21B37/00
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
B21B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 1 457 274 A2 (VOEST ALPINE IND ANLAGEN [AT] SIEMENS VAI METALS TECH SAS [AT]) 15. September 2004 (2004-09-15) Spalte 9, Absatz 47 - Absatz 49; Abbildungen 1-2	1-11
A	JP 03 179501 A (KOBE STEEL LTD) 5. August 1991 (1991-08-05) Zusammenfassung	1-11
A	DE 43 02 977 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 31. März 1994 (1994-03-31) in der Anmeldung erwähnt Spalte 1, Zeile 38 - Spalte 2, Zeile 3; Abbildung 1	1,6

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
7. Mai 2010	26/05/2010

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Fax: (+31–70) 340–3016	Forciniti, Marco

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2009/066020

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 379 718 A2 (ALLWEILER AG [DE]) 1. August 1990 (1990-08-01) Spalte 1, Zeile 28 - Spalte 2, Zeile 5; Abbildungen 1-4	1,6
A	EP 1 647 713 A2 (CNH ITALIA SPA [IT]) 19. April 2006 (2006-04-19) Anspruch 1; Abbildungen 1-2	1,4,6,7

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2009/066020

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1457274 A2	15-09-2004	AT 500766 A1	15-03-2006
		AT 394176 T	15-05-2008
		ES 2306929 T3	16-11-2008
JP 3179501 A	05-08-1991	KEINE	
DE 4302977 A1	31-03-1994	KEINE	
EP 0379718 A2	01-08-1990	DE 3844059 A1	30-08-1990
EP 1647713 A2	19-04-2006	KEINE	