(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 3 873 685 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
21.09.2022 Patentblatt 2022/38

(21) Anmeldenummer: **20839220.9**

(22) Anmeldetag: **24.11.2020**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B21B 37/48 *(2006.01)* ***B21B 39/08*** *(2006.01)*
B21C 47/34 *(2006.01)* ***B21D 43/00*** *(2006.01)*
B65H 51/14 *(2006.01)*

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B21B 37/48; B21B 39/08; B21C 47/3458;
B21B 2265/04; B21B 2265/08

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2020/100994

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2021/104574 (03.06.2021 Gazette 2021/22)

(54) **WALZLINIE**

ROLL LINE

LIGNE DE LAMINAGE

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

(30) Priorität: **25.11.2019 DE 102019131761**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
08.09.2021 Patentblatt 2021/36

(73) Patentinhaber: **Umlauf, Norbert**
58093 Hagen (DE)

(72) Erfinder: **Umlauf, Norbert**
58093 Hagen (DE)

(74) Vertreter: **Lenzing Gerber Stute**
PartG von Patentanwälten m.b.B.
Bahnstraße 9
40212 Düsseldorf (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A2- 3 216 537
WO-A1-2005/035158
DE-A1- 19 919 801
DE-A1-102011 107 171

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 3 873 685 B1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Walzen, insbesondere zum Stufenwalzen, von Walzgut mit mindestens einem Walzenpaar und mindestens einem dem Walzenpaar in Walzrichtung nachgeordneten Línearantríeb, der zusammen mit dem Walzenpaar Zugspannung auf das Walzgut aufbringen kann, und mit Mitteln zum Erfassen der Zugspannung. Eine gattungsgemässe Vorrichtung ist aus EP 3 097 992 A1 bekannt.

[0002] Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Walzen des Walzguts mit einer solchen Vorrichtung.

[0003] Vorrichtungen zum Walzen und Richten von Metallbändern werden in Walz-, Richt- und Prozesslinien für Metallbänder eingesetzt. Metallbänder werden zu unterschiedlichen Zwecken gewalzt und gerichtet. Beim Walzen wird das Band durch horizontale Krafteinwirkung verformt und dabei dünner gewalzt. Beim Richten wird das Band durch

[0004] Zug begradigt. Insbesondere beim Streckrichten ist man versucht, den unter Zug zu setzenden Bandabschnitt so klein wie möglich zu halten. Je geringer der Bereich der Verformung ist, desto ausgewogener ist die Gefügeausbildung.

[0005] Eine besondere Form des Walzens ist das Stufenwalzen, das auch unter "flexiblem Walzen" bekannt ist. Es wird zum Erzeugen beispielsweise von belastungs- und gewichtsoptimierten Bauteilen, insbesondere im Leichtbau, benutzt. Durch eine gezielte Veränderung der Größe des Walzspalts zwischen einem Walzenpaar wird ein Metallband erzeugt, dass über seine Länge verschiedene Abschnitte unterschiedlicher Banddicken aufweist. Die Übergangsabschnitte zwischen Bandabschnitten unterschiedlicher Dicke können unterschiedlich ausgestaltete Steigungen haben.

[0006] In der Veröffentlichung DE 38 07 399 A1 ist ein Verfahren zur Regelung der Spaltweite des Walzspaltes zwischen den Arbeitswalzen eines Kaltwalz-Gerüstes zur Herstellung von Bändern aus Metall sowie eine Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens offenbart. Die Regelung basiert auf den Signalen der Messung der einlaufseitigen und der auslaufseitigen Bandgeschwindigkeit sowie der einlaufseitigen und auslaufseitigen Banddicke. Die Regelung wird insoweit als nachteilig angesehen, als die Ansprech- und Regelzeiten zu lang sind, um insbesondere in den Übergangsabschnitten hinreichend gute Dickenübergänge zu erzielen oder kurze Übergänge überhaupt zu realisieren.

[0007] Um die Probleme zu lösen, die sich aus dem Ansprechen der Regelung und die erforderlichen Regelzeiten bis zur Korrektur ergebenden, wird in der EP 3 097 992 A1 ein Verfahren beschrieben, bei dem die durch die Arbeitswalzen auf das Metallband aufgebrachten Kräfte unabhängig von einer Änderung der Größe des Walzspalts konstant oder zumindest annähernd konstant gehalten werden. Dies soll insbesondere dadurch erreicht werden, dass die auf das Metallband wirkenden Bandzugkräfte gesteuert werden. Die Steuerung der Bandzüge erfolgt über die Veränderung der Haspeldrehzahlen einer Ablaufhaspelvorrichtung, von der das zu walzende Band abgewickelt wird, und einer Aufhaspelvorrichtung, auf die das gewalzte Band wieder aufgewickelt wird. Als besonders vorteilhaft wird angesehen, wenn die Geschwindigkeit der Arbeitswalzen und/oder die Drehzahl der Arbeitswalzen sowie die Drehzahlen der Ablaufhaspelvorrichtung und/oder der Aufhaspelvorrichtung nach vorberechneten Daten gesteuert werden. Damit sollen die Nachteile einer Regelung durch die Ansprech- und Regelzeit vermieden werden. Diese Verfahrensweise erscheint insoweit nachteilig, als eine Vielzahl von Daten zunächst empirisch erfasst werden müssen, bevor eine ausreichende Basis zur Berechnung der notwendigen Verfahrensparameter für die Geschwindigkeiten der Haspel- und Arbeitswalzen zur Verfügung stehen, wobei die Verfahrensparameter sich für jedes Metallband ändern.

[0008] Aus der US 9,242,284 A1 ist ein Verfahren zum Strecken von gewalzten Metallbändern bekannt, bei dem das Metallband zwischen zwei Linearantrieben gestreckt wird. Zwischen den beiden Linearantrieben kann auch ein Walzgerüst angeordnet sein, sodass ein Kombinieren der Arbeitsschritte Walzen und Strecken möglich wird.

[0009] Mit der vorliegenden Erfindung soll demgegenüber die Aufgabe gelöst werden, eine Vorrichtung zum Walzen der eingangs genannten Art bereitzustellen, mit der es möglich ist, Walzgut flexibel zu Walzen, wobei die genannten Nachteile vorbekannter Verfahren zum Stufenwalzen nicht oder allenfalls in geringerem Maße bestehen.

[0010] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einer Vorrichtung gemäß Anspruch 1 und einem Verfahren gemäß Anspruch 11 gelöst.

[0011] Wenn hier und im Folgenden von Walzgut die Rede ist, ist damit insbesondere, aber nicht, nur Walzgut in Form von Metallbändern gemeint. Die beanspruchte Erfindung ist auch zum Walzen und insbesondere Stufenwalzen von Brammen zu Dickblechen oder anderen, nicht bandförmigem Walzgut geeignet.

[0012] Wenn hier und im Folgenden von einem Linearantrieb die Rede ist, dann ist damit ein Antrieb für das Walzgut gemeint, der die Antriebskräfte über einen längeren geraden Abschnitt des Antriebs auf das Walzgut überträgt, anders als bei einem Antrieb mittels Rollen oder Walzen, bei denen die Antriebskräfte über ihre gekrümmte Oberfläche auf das Walzgut übertragen werden. Ein geeigneter Linearantrieb ist beispielsweise in der US 9,242,284 B2 offenbart.

[0013] Es wurde überraschend festgestellt, dass es möglich ist, sehr gute Walzergebnisse zu erzielen, wenn anstelle der Dicke des Walzguts die auf das Walzgut wirkende

[0014] Zugspannung gemessen und geregelt wird. Durch die Regelung der Zugspannung im Querschnitt des Walzgutes wird es möglich, das Fließen des Walzguts, das durch den durch die Walzen im Walzspalt ausgeübten Druck initiiert wird, und damit die durch das Walzen erziehbare Reduzierung der Dicke unmittelbar und erheblich zu beeinflussen. Gleichzeitig kann das Fließen des Gefüges im Walzspalt und damit die Qualität des gewalzten Walzguts deutlich optimiert werden. Dies wird gerade durch die Verwendung eines Linearantriebs möglich, da mit einem Linearantrieb

ausreichend hohe Zugspannungen in das Walzgut eingebracht werden können. Dabei wird insbesondere angestrebt, die vom Linearantrieb auf das Walzgut aufgebrachte Zugspannung möglichst konstant zu halten, und zwar unabhängig von der Antriebsgeschwindigkeit des Linearantriebs. Es kann aber auch sinnvoll sein, die Spannung in Abhängigkeit von der Größe des Walzstichs zu regeln.

[0015] Durch die Regelung der von dem mindestens einen Linearantrieb auf das Walzgut aufzubringenden Zugspannung in Abhängigkeit von ermittelten Zugspannungsdaten wird es möglich, die Zugspannung insbesondere bei der Herstellung von stufengewalzten Blechen, bei deren Herstellung sich die Bandgeschwindigkeit hinter den Walzrollen aufgrund der ständig variierenden Änderung der Dickenreduktion ständig ändert, konstant zu halten. Die Regelung erfolgt dabei vorzugsweise ausschließlich in Abhängigkeit von der ermittelten Zugspannung und regelt die Transportgeschwindigkeit für das Walzgut entsprechend so aus, dass die auf das Walzgut wirkende Zugspannung erhalten bleibt.

[0016] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die Regelungseinrichtung ausgebildet, um das im Linearantrieb wirkende Drehmoment zu ermitteln und/oder einzustellen, um die auf das Walzgut wirkende Zugspannung zu ermitteln bzw. einzustellen. So kann beispielsweise aus der Antriebsgeschwindigkeit des Linearantriebs und der vom Linearantrieb aufgenommenen Leistung die vom Linearantrieb das im Linearantrieb wirkende Drehmoment und damit die auf das Walzgut aufgebrachte Zugspannung ermittelt werden. Dementsprechend kann die Leistung des Linearantriebs von der Regeleinrichtung und damit die auf das Walzgut wirkende Zugspannung geregelt werden. Insoweit ist es bevorzugt, wenn die Regelungseinrichtung Mittel zum Ermitteln der Leistungsaufnahme und der Antriebsgeschwindigkeit des Linearantriebs aufweist und ausgebildet ist, die Zugspannung aus den ermittelten Informationen zu bestimmen und/oder einzustellen.

[0017] Als hierfür besonders geeignete Motoren für die Linearantriebe kommen Servomotoren in Betracht, vorzugsweise jeweils zwei für den oberen und den unteren Antrieb eines Linearantriebs. Sie ermöglichen einen hochdynamischen Antrieb. Da die Linearantriebe eine Mitnahme des Walzguts ohne Relativbewegungen ermöglicht, werden Änderungen in den von den Servomotoren erzeugten Drehmomenten ohne Verzögerung auf das Walzgut übertragen. Dies hat unter anderem beim Stufenwalzen den Vorteil, dass die Übergänge zwischen Bereichen verschiedener Dicke des Walzguts vergleichsweise kurz sein können.

[0018] Alternativ oder in Ergänzung hierzu weist die erfindungsgemäße Vorrichtung Kraftmesslager in der Lagerung des Linearantriebs und/oder des Walzenpaares, insbesondere in der Lagerung der Antriebswellen des Linearantriebs, zur Bestimmung der auf das Walzgut aufgebrachten Zugspannung auf. Derartige Kraftmesslager sind hinreichend bekannt. Sie können beispielsweise derart ausgeführt sein, dass in einer Lagerschale eines Wälzlagers ein Spalt vorgesehen ist und ein Dehnungsmessstreifen an beiden Seiten des Spalts befestigt ist, sodass eine Änderung der Spaltbreite aufgrund einer Änderung der in das Walzgut eingebrachten Zugspannung messbar wird. Derartige Kraftmesslager können beispielsweise bevorzugt zur Lagerung der Antriebswellen der Linearantriebe eingesetzt werden, wobei dann darüber hinaus bevorzugt der oder die Antriebsmotoren zum Antrieb einer derart gelagerten Antriebswelle direkt mit der Antriebswelle ohne Zwischenschaltung eines Getriebes verbunden sind. Mit Kraftmesslagern ist eine hochdynamische Messung der Zugspannung im Walzgut möglich.

[0019] Grundsätzlich ist es von Vorteil, wenn die Mittel zum Erfassen der Zugspannung und/oder die Regelung ausgebildet sind, um die zu Spannungsverteilung über die Breite des Walzguts zu messen. Insbesondere dann, wenn die Zugspannung an beiden Längsseiten des Walzguts gemessen wird, ist die Zugspannungsverteilung über die Breite des Walzguts in ausreichender Weise bestimmbar.

[0020] Um das Fließen des Walzguts im Walzspalt zu optimieren, ist es im Weiteren von Vorteil, wenn die Regelungseinrichtung mit Mitteln zum Einstellen des Anpressdrucks des Walzenpaars gekoppelt ist. Somit wird es möglich, alle auf das Walzgut im Walzspalt wirkenden Kräfte zu regeln.

[0021] Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Linearantrieb mindestens eine Stelleinrichtung aufweist, mit der die Position des Linearantriebs relativ zum Walzgut im Betrieb veränderbar und insbesondere um eine zur Antriebsrichtung des Walzguts im Wesentlichen orthogonale Achse schwenkbar ist. Durch ein Verschwenken des Linearantriebs wird es möglich, die Zugspannungsverteilung über die Breite des Walzguts zu ändern und anzupassen. Hierdurch kann beispielsweise ein sich beim Walzen im Walzgut bildender Säbel frühzeitig ausgeglichen werden, insbesondere dann, wenn die Stelleinrichtung mit der Regelungseinrichtung gekoppelt ist und die Stelleinrichtung in Abhängigkeit von der über die Breite des Walzguts gemessene Zugspannungsverteilung betätigt wird. Durch die Verstellbarkeit des bzw. der Linearantriebe kann die erfindungsgemäße Vorrichtung nicht nur zum Walzen, sondern gleichzeitig auch zum Richten des gewalzten Walzguts verwendet werden.

[0022] Dabei ist es bevorzugt, wenn der Linearantrieb auf einer gekrümmten Bahn verschwenkt werden kann. Sinnvollerweise ist die Position des Linearantriebs zum Band auch während des Walzens verstellbar. Außerdem kann der Krümmungsradius der Bahn selbst während des Walzens veränderlich sein. Dies kann auch für beide Linearantriebe gelten, wenn ein Linearantrieb in Antriebsrichtung vor und einer hinter dem Walzenpaar angeordnet ist.

[0023] Dafür sind der mindestens eine obere und der mindestens eine untere Antrieb, die typischerweise in einem Linearantrieb vorgesehen sind und von oben bzw. unten auf das Walzgut wirken, in einem Rahmen gehalten, wobei die oberen und unteren Antriebe des Linearantriebs innerhalb des feststehenden Rahmens relativ zum Rahmen positioniert

werden können. Dabei ist es darüber hinaus bevorzugt, wenn mindestens eine erste Stelleinrichtung für den oberen und unteren Antrieb auf einer Seite des Walzguts vorgesehen ist, mit der der obere und untere Antrieb in einer Richtung quer zur Antriebsrichtung verschiebbar ist, und mindestens eine zweite Stelleinrichtung für den oberen und unteren Antrieb auf der gegenüberliegenden Seite des Walzguts vorgesehen ist, mit der der obere und untere Antrieb um eine im Wesentlichen vertikale Achse verschwenkbar ist. Somit ist die Antriebsrichtung des Linearantriebs gegenüber der Längsrichtung des Walzguts vergleichsweise frei einstellbar.

[0024] Insbesondere um ein Richten des gewalzten Walzguts zu ermöglichen, ist es von Vorteil, wenn der Linearantrieb gegenüber der Längsrichtung des Walzguts um einen Winkel von mindestens +/-10°, vorzugsweise von mindestens +/-20° verschwenkt werden kann.

[0025] Um möglichst hohe Zugspannungen zu gewährleisten, ist es von Vorteil, wenn der obere und der untere Antrieb des Linearantriebs mehrere in Walzrichtung hintereinander angeordnete Kontaktelemente zum Kontaktieren des Walzguts aufweist, wobei die Kontaktelemente vorzugsweise derart elastisch ausgebildet sind, dass sie das Walzgut auch dann sicher kontaktieren, wenn es in Walzrichtung unterschiedliche Dicken aufweist.

[0026] Alternativ hierzu kann mindestens einer der Linearantriebe einen berührungslosen Wirbelstromantrieb aufweisen, der das Walzgut kontaktlos antreibt.

[0027] Vorzugsweise ist in Walzrichtung hinter dem Walzenpaar eine insbesondere laserbasierte Messvorrichtung zum Messen der Dicke und/oder der Geschwindigkeit des Walzguts vorgesehen. Darüber hinaus kann diese Messvorrichtung ausgebildet oder können weitere Messvorrichtungen vorgesehen sein, um die Ebenheit, Welligkeit und/oder Säbeligkeit des Walzguts in Antriebsrichtung hinter dem Walzenpaar zu bestimmen. Alle ermittelten Messdaten können ebenso in die Regelung der Zugspannung einfließen.

[0028] In noch einer erfindungsgemäßen Ausführungsform sind in Walzrichtung vor und hinter dem Walzenpaar jeweils ein Linearantrieb vorgesehen, die geeignet sind, gemeinsam Zug auf das Walzgut aufzubringen, beispielsweise in dem der in Antriebsrichtung vor dem Walzenpaar angeordnete Linearantrieb das Walzgut bremst, während der dahinter angeordnete Linearantrieb das Walzgut zieht.

[0029] Wie sich bereits aus dem Vorstehenden ergibt, wird die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe mit einem Verfahren zum Walzen eines Walzguts mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung dadurch gelöst, dass das Walzgut durch das Walzenpaar gewalzt wird, wobei von einem in Walzrichtung hinter dem Walzenpaar angeordneten Linearantrieb in Zusammenwirken mit dem Walzenpaar und/oder einem in Walzrichtung vor dem Walzenpaar angeordneten Linearantrieb eine Zugspannung auf das Walzgut aufgebracht wird, und wobei die von dem Linearantrieb auf das Walzgut ausgeübte Zugspannung geregelt wird.

[0030] In einer besonderen Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Höhe des Walzspalts in Abhängigkeit von der Regeleinrichtung verändert.

[0031] Außerdem ist bevorzugt, dass die Richtung der vom Linearantrieb auf das Walzgut ausgeübten Zugspannung relativ zur Längsrichtung des Walzguts geregelt verändert wird, um das gewalzte Walzgut zu richten oder einen Säbelfehler zu minimieren bzw, zu vermeiden.

[0032] Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist auch ein Walzverfahren möglich, bei dem das Walzgut das Walzenpaar alternierend in entgegengesetzte Richtungen durchläuft. Mit anderen Worten ermöglicht die erfindungsgemäße Vorrichtung für mindestens einzelne Abschnitte des Walzguts im Reversierbetrieb zu Walzen, und zwar insbesondere, aber nicht ausschließlich dann, wenn vor und hinter dem Walzspalt jeweils ein Linearantrieb vorgesehen ist.

[0033] Mit dem Verfahren ist es möglich und sinnvoll, die Zugspannung derart zu regeln, dass sie mindestens 50% der Verformung des Walzguts im Walzspalt bewirkt.

[0034] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Figuren, in denen bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt sind, näher erläutert.

[0035] Es zeigen

Fig. 1 den prinzipiellen Aufbau einer erfindungsgemäßen Walzlinie in seitlicher Ansicht;

Fig, 2 den prinzipiellen Aufbau des in Figur 1 dargestellten Linearantriebs 4 in seitlicher, teilgeschnittener Ansicht;

Fig. 3a schematisch das Verhalten von elastischen Kontaktelementen des Linearantriebs im Mitnahmebereich vor dem Walzenpaar der Walzlinie mit einem Metallband gleichförmiger Dicke;

Fig. 3b schematisch das Verhalten von elastischen Kontaktelementen eines Linearantriebs im Mitnahmebereich hinter dem Walzenpaar der Walzlinie mit stufengewalztem Metallband;

Fig. 4a schematisch einen als Wirbelstromantrieb ausgebildeten Linearantrieb im Mitnahmebereich vor dem Walzenpaar der Walzlinie mit einem Metallband gleichförmiger Dicke;

Fig. 4b schematisch einen als Wirbelstromantrieb ausgebildeten Linearantrieb im Mitnahmebereich hinter dem Walzenpaar der Walzlinie mit stufengewalztem Metallband;

Fig. 5 den prinzipiellen Aufbau des in Figur 1 dargestellten Linearantriebs 4 in geschnittener, schematisierter Ansicht;

Fig, 6 eine teilgeschnittene Aufsicht auf einen Stellantrieb für den Linearantrieb der Figuren 2 und 5;

Fig. 7a eine teilgeschnittene Aufsicht auf den Linearantrieb der Figuren 2 und 5 in einer ersten Betriebsposition;

Fig. 7b eine teilgeschnittene Aufsicht auf den Linearantrieb der Figuren 2 und 5 in einer anderen Betriebsposition; und

Fig. 8 den prinzipiellen Aufbau eines Linearantriebs wie in Fig. 5, hier allerdings mit einem Wirbelstromantrieb.

[0036] In Figur 1 ist eine erfindungsgemäße Walz- und Strecklinie mit einem ein Walzenpaar mit den Walzen 1 und 2 aufweisenden Walzgerüst 3 sowie einem in Bandlaufrichtung vor dem Walzgerüst 3 angeordneten Linearantrieb 4 und einem nach dem Walzgerüst 3 angeordneten Linearantrieb 5 dargestellt, die insbesondere zum Stufenwalzen von warm- oder kaltgewalzten Metallbändern geeignet ist. In Bandlaufrichtung vor dem Linearantrieb 4 ist eine Messvorrichtung 6 vorgesehen, ebenso wie in Bandlaufrichtung hinter dem Linearantrieb eine Messvorrichtung 7 vorgesehen ist. Diese Messvorrichtungen 6, 7 sind insbesondere vorgesehen, um die Bandgeschwindigkeit, sowie die Ebenheit, Planheit, Wendigkeit und Säbeligkeit des durch die Walz- und Strecklinie geführten Metallbandes 8 zu bestimmen. Am Ende der Linie befindet sich eine Aufwickelhaspel 9, auf die das gewalzte Metallband 8 aufgewickelt wird.

[0037] Wie insbesondere auch in Figur 2 zu sehen ist, weist der Linearantrieb 4 einen oberen Antrieb mit einer in Figur 2 lediglich schematisch dargestellten umlaufenden Kette 11 und einen unteren Antrieb mit einer umlaufenden Kette 12 auf. Dementsprechend weist der Linearantrieb 5 einen oberen Antrieb mit einer umlaufenden Kette 13 sowie einen unteren Antrieb mit einer umlaufenden Kette 14 auf. Die umlaufenden Ketten 11, 12, 13, 14 laufen in Kettenschienen 12a, 14a um und werden jeweils von jeweils zwei Servomotoren 15, 16, 17, 18 angetrieben, die zu beiden Selten einer Antriebswelle 21, 22, 23, 24 der jeweiligen Antriebe angeordnet sind und das Antriebsmoment über Zahnräder 25, 26 auf die umlaufende Ketten 11, 12 übertragen. Die Antriebswellen 21, 22, 23, 24 sind an den Kettenschienen 12a, 14a gelagert.

[0038] Das Metallband 8 wird zwischen den oberen und unteren umlaufenden Ketten 11, 12, 13, 14 der Linearantriebe 4, 5 geführt. An den Kettengliedern der umlaufenden Ketten 11, 12 sind Kontaktelemente 27, 28 angeordnet, die elastisch ausgebildet sind, so dass sie ein Metallband auch dann fest greifen können, wenn sich die Dicke des Metallbands über die Länge des Kontaktbereichs des Linearantriebs 4, 5 ändert, was sich besondere aus den Darstellungen in den Figuren 3a (Darstellung mit eben gewalztem Metallband 8) und 3b (Darstellung mit stufengewalzten Metallband 8) entnehmen lässt. Gleichwirkend können vergleichsweise starre Kontaktelemente sein, die federnd gelagert sind, sofern die Federn für die Lagerung ausreichend steif ausgelegt sind.

[0039] Alternativ zu kontaktbehafteten Linearantrieben können auch kontaktlose, insbesondere wirbelstrombasierte Linearantriebe eingesetzt werden, deren Kettenglieder mit Magneten versehen sind. Da der Antrieb kontaktlos erfolgt, kann auch hiermit ein Metallband mit über seine länge veränderlicher Dicke problemlos linear angetrieben werden. In den Figuren 4a und 4b ist gezeigt, wie ein Metallband 8 zwischen Magneten bzw. elektrische Spulen 35, 36 der oberen und unteren Antriebe eines Wirbelstrom-Linearantriebs geführt ist, wobei das in Figur 4a dargestellte Metallband 8 eben gewalzt und das in Figur 4b gezeigte Metallband 8 stufengewalzten ist.

[0040] Die Zugspannung im Metallband 8 wird in diesem Ausführungsbeispiel durch einen durch den Linearantrieb 5 aufgebrachten Zug und einen durch den Linearantrieb 4 aufgebrachten Gegenzug erzeugt. Die Linearantriebe 4 und 5 sind hierfür technisch gleich, aber um 180° gedreht in die Linie eingebaut, so dass sich die Motoren jeweils auf der dem Walzgerüst 3 abgewandten Seite des jeweiligen Linearantriebs 4, 5 befinden.

[0041] Die im Metallband 8 anliegende Zugspannung wird über Kraftmesslager 31, 32, die, wie in Figur 2 zu sehen ist, jeweils an den Seiten des durch die umlaufenden Ketten 11, 12 definierten Mitnahmebereichs des Linearantriebs 4, 5 angeordnet sind, bestimmt.

[0042] Der Figur 5 lässt sich insbesondere die Funktionsweise der Stelleinrlchtungen zur Positionierung des in Figur 2 dargestellten Linearantriebs 4 entnehmen. Der Linearantrieb 4 weist einen feststehenden Rahmen 41 mit seitlichen Pfosten 42, 43 auf. In den seitlichen Pfosten 42, 43 sind, wie sich insbesondere auch der geschnittenen Teilansicht in Figur 6 entnehmen lässt, Drehsäulen 44, 45 gelagert. Jede der Drehsäulen 44, 45 weist, wie in Figur 6 zu erkennen ist, über einen langen Abschnitt eine an gegenüberliegenden Seiten offene Außenwandung 46 auf. In diesem Abschnitt ist die Innenwandung jeder der Drehsäulen 44, 45 als Führung 47 ausgebildet. Zum Verschwenken der Drehsäulen 44, 45 sind an ihren unteren Enden Stellantriebe 48, 49 vorgesehen. Die Winkelposition der Drehsäulen 44, 45 kann in einem vergleichsweise weiten Bereich verstellt werden (in Figur 6 sind zwei mögliche Stellpositionen dargestellt).

[0043] Der obere Antrieb wird von einem oberen Querträger 51 und der untere Antrieb von einem unteren Querträger

52 gehalten. Auf beiden Seiten neben den umlaufenden Ketten 11, 12 sitzen auf dem unteren Querträger Führungssäulen 53, 54, an denen der obere Querträger 51 vertikal verschieblich gelagert ist. Der obere Querträger 51 kann über Hydraulikzylinder 55, 56, die sich oben am Rahmen 41 abstützen, gegenüber dem unteren Querträger 52 vertikal positioniert werden. Der untere Querträger 52 stützt sich auf Gleitlagern 57, 58 ab, die im Bereich der Führungssäulen 53, 54 unter dem unteren Querträger 52 vorgesehen sind. Die Führungssäule 53 und damit der gesamte Linearantrieb kann über einen Stellantrieb mit einem Stellantrieb 59, dessen Antriebsstange mit der Führungssäule 53 verbunden ist, quer zur Transportrichtung verstellt werden.

[0044] An den Enden des oberen Querträgers 51 und des unteren Querträgers 52 sind Stützrollen 61, 62, 63, 64 vorgesehen, die in den Führungen 46, 47 der Drehsäulen 44, 45 in einer horizontalen Ebene geführt sind. Die Stützrollen 61, 62 des oberen Querträgers 51 sind vertikal in den Drehsäulen 44, 45 verschieblich.

[0045] In Kombination der Stellantriebe 48, 49, mit denen die Lage der Führungen der Drehsäulen 44, 45 einstellbar ist, und dem quer zur Transportrichtung wirkenden Stellantrieb 59 wird es möglich, den gesamten Linearantrieb auf einem im Wesentlichen teilkreisförmigen Bahnabschnitt um einen virtuellen Mittelpunkt, der insbesondere in der Mitte des Walzguts liegt, verschwenkt wird, wobei der Radius des virtuellen Kreisbahnabschnitts bzw. die Lage des virtuellen Mittelpunkts in weiten Grenzen einstellbar ist, und zwar insbesondere so, dass der virtuelle Mittelpunkt M auf beiden Seiten des Linearantriebs liegen kann. Im Ergebnis ist es insbesondere möglich ist, den virtuellen Mittelpunkt in Transportrichtung vor den jeweiligen Linearantrieb zu legen, wie in den Figuren 7a und 7b dargestellt ist, und das Walzgut kann in entgegengesetzten Transportrichtungen, also im Reversierbetrieb, durch die Walzlinie geführt werden.

[0046] Der in Figur 8 dargestellte prinzipielle Aufbau eines Linearantriebs entspricht im Wesentlichen dem des Aufbaus des in Figur 5 dargestellten Linearantriebs. Der einzige Unterschied besteht darin, dass die umlaufenden Ketten 11, 12, die bei den in Figur 5 dargestellten Antrieben das Walzgut kontaktierende Kontaktelemente aufweisen, hier mit Magneten bzw., elektrischen Spulen 71, 72 ausgestattet sind, so dass das Walzgut zwischen den umlaufenden Ketten berührungslos transportiert werden kann.

Bezugszeichenliste

1	Walze	35	Magnet bzw. elektrische Spule
2	Walze	36	Magnet bzw. elektrische Spule
3	Walzgerüst	41	feststehender Rahmen
4	Linearantrieb	42	Pfosten
5	Linearantrieb	43	Pfosten
6	Messvorrichtung	44	Drehsäule
7	Messvorrichtung	45	Drehsäule
8	Metallband	46	Außenwandung
9	Aufwickelhaspel	47	Führung
11	umlaufende Kette	48	Stellantrieb
12	umlaufende Kette	49	Stellantrieb
12a	Kettenschiene	51	oberer Querträger
13	umlaufende Kette	52	unterer Querträger
14	umlaufende Kette	53	Führungssäule
14a	Kettenschiene	54	Führungssäule
15	Servomotor	55	Hydraulikzylinder
16	Servomotor	56	Hydraulikzylinder
17	Servomotor	57	Gleitlager
18	Servomotor	58	Gleitlager
21	Antriebswelle	59	Stellzylinder
22	Antriebswelle	61	Stützrolle
23	Antriebswelle	62	Stützrolle
24	Antriebswelle	63	Stützrolle
25	Zahnrad	64	Stützrolle
26	Zahnrad	71	Magnet bzw. elektrische Spule
27	Kontaktelement	72	Magnet bzw. elektrische Spule
28	Kontaktelement		
31	Kraftmesslager		
32	Kraftmesslager		

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Walzen, insbesondere zum Stufenwalzen, von Walzgut mit mindestens einem Walzenpaar und mindestens einem dem Walzenpaar in Walzrichtung nachgeordneten Linearantrieb (4, 5), der zusammen mit dem Walzenpaar Zugspannung auf das Walzgut aufbringen kann, **gekennzeichnet durch** Mittel zum Erfassen der Zugspannung sowie durch eine Regelungseinrichtung zum Regeln der Antriebsleistung des Linearantriebs in Abhängigkeit von der ermittelten Zugspannung, um wahlweise die auf das Walzgut aufgebrachte Zugspannung zu variieren oder die Zugspannung bei sich ändernden Antriebsgeschwindigkeiten hinter dem Walzspalt konstant zu halten.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regelungseinrichtung ausgebildet ist, um das im Linearantrieb (4, 5) wirkende Drehmoment zu ermitteln und/oder einzustellen, wobei die Regelungseinrichtung vorzugsweise Mittel zum Ermitteln der Leistungsaufnahme und der Antriebsgeschwindigkeit des Linearantriebs (4, 5) aufweist und ausgebildet ist, das Drehmoment aus den ermittelten Informationen zur Leistungsaufnahme und Antriebsgeschwindigkeit zu bestimmen und/oder einzustellen.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **gekennzeichnet durch** Kraftmesslager in der Lagerung des Linearantriebs (4, 5) und/oder des Walzenpaares, insbesondere in der Lagerung der Antriebswellen des Linearantriebs (4, 5), zur Bestimmung der auf das Walzgut aufgebrachten Zugspannung.

4. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel zum Erfassen der Zugspannung und/oder die Regelung ausgebildet sind, um die Zugspannungsverteilung über die Breite des Walzguts zu messen.

5. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regelungseinrichtung mit Mitteln zum Einstellen des Anpressrucks des Walzenpaars gekoppelt ist.

6. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine Linearantrieb (4, 5) mindestens eine Stelleinrichtung aufweist, mit der die Position des Linearantriebs relativ zum Walzgut im Betrieb veränderbar und insbesondere um eine zur Antriebsrichtung im Wesentlichen orthogonale Achse verschwenkbar ist, wobei die Stelleinrichtung vorzugsweise ausgebildet ist, ein Verschwenken des Linearantriebs um mindestens +/- 10°, vorzugsweise um mindestens +/- 20°, zu ermöglichen.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Linearantrieb (4, 5) einen oberen und einen unteren Antrieb aufweist, die von oben bzw. unten auf das Walzgut wirken und die in einem Rahmen (41) gehalten sind, und dass der obere und untere Antrieb innerhalb des feststehenden Rahmens relativ zum Rahmen positioniert werden können, wobei vorzugsweise mindestens eine erste Stelleinrichtung für den oberen und unteren Antrieb auf einer Seite des Walzguts vorgesehen ist, mit der der obere und untere Antrieb in einer Richtung quer zur Antriebsrichtung verschiebbar ist, und mindestens eine zweite Stelleinrichtung für den oberen und unteren Antrieb auf der gegenüberliegenden Seite des Walzguts vorgesehen ist, mit der der obere und untere Antrieb um eine im Wesentlichen vertikale Achse verschwenkbar ist.

8. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der obere und der untere Antrieb des Linearantriebs (4, 5) mehrere in Walzrichtung hintereinander angeordneten Kontaktelemente (27, 28) zum Kontaktieren des Walzguts aufweist, wobei die Kontaktelemente (27, 28) vorzugsweise derart elastisch ausgebildet sind, dass sie das Walzgut auch dann sicher kontaktieren, wenn es in Walzrichtung unterschiedliche Dicken aufweist, oder **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens einer der Linearantriebe (4, 5) einen oder mehrere berührungslose Wirbelstromantriebe aufweist, die das Walzgut kontaktlos antreiben bzw. bremsen.

9. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** mindestens eine Messvorrichtung (6, 7) in Walzrichtung hinter dem Walzenpaar zum Messen der Dicke und/oder der Geschwindigkeit des Walzguts.

10. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** einen Linearantrieb (4, 5) in Walzrichtung vor und einen Linearantrieb (4, 5) in Walzrichtung hinter dem Walzenpaar.

11. Verfahren zum Walzen eines Walzguts mit einer Vorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche 1 bis 10, bei dem das Walzgut durch das Walzenpaar gewalzt wird, wobei von einem in Walzrichtung hinter dem Walzenpaar angeordneten Linearantrieb (4, 5) in Zusammenwirken mit dem Walzenpaar und/oder einem in Walzrichtung vor

dem Walzenpaar angeordneten Linearantrieb (4, 5) eine Zugspannung auf das Walzgut aufgebracht wird, und wobei die von dem Linearantrieb (4, 5) auf das Walzgut ausgeübte Zugspannung geregelt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Höhe des Walzspalts während des Walzens in Abhängigkeit von der Regeleinrichtung verändert wird.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Richtung der von dem Linearantrieb (4, 5) auf das Walzgut ausgeübten Zugspannung relativ zur Längsrichtung des Walzguts geregelt verändert wird, um das Walzgut zu richten oder einen Säbelfehler zu minimieren oder zu vermeiden.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Walzgut das Walzenpaar alternierend in entgegengesetzte Richtungen durchläuft.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zugspannung derart geregelt wird, dass sie mindestens 50% der Verformung des Walzguts im Walzspalt bewirkt.

Claims

1. Device for rolling, in particular for stepped rolling, of rolling stock with at least one pair of rolls and at least one linear drive (4, 5) which is arranged downstream of the pair of rolls in the rolling direction and which, together with the pair of rolls, can apply tensile stress to the rolling stock, **characterized by** means for detecting the tensile stress and by a control device for controlling the drive power of the linear drive as a function of the tensile stress detected, in order optionally to vary the tensile stress applied to the rolling stock or to keep the tensile stress constant behind the roll gap as the drive speeds change.

2. Device according to claim 1, **characterized in that** the control device is designed to determine and/or set the torque acting in the linear drive (4, 5), the control device preferably having means for determining the power consumption and the drive speed of the linear drive (4, 5) and being designed to determine and/or set the torque from the determined information on the power consumption and drive speed.

3. Device according to claim 1 or 2, **characterized by** force measuring bearings in the bearing of the linear drive (4, 5) and/or of the pair of rolls, in particular in the bearing of the drive shafts of the linear drive (4, 5), for determining the tensile stress applied to the rolling stock.

4. Device according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the means for detecting the tensile stress and/or the control are designed to measure the tensile stress distribution over the width of the rolling stock.

5. Device according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the control device is coupled to means for adjusting the contact pressure of the pair of rolls.

6. Device according to one of the preceding claims, **characterized in that** the at least one linear drive (4, 5) has at least one adjusting device by means of which the position of the linear drive relative to the rolling stock can be varied during operation and, in particular, can be pivoted about an axis essentially orthogonal to the drive direction, the adjusting device preferably being designed to permit pivoting of the linear drive by at least +/- 10°, preferably by at least +/- 20°.

7. Device according to claim 6, **characterized in that** the linear drive (4, 5) comprises an upper and a lower drive which act on the rolling stock from above and below, respectively, and which are held in a frame (41), and **in that** the upper and lower drive can be positioned within the fixed frame relative to the frame, wherein preferably at least one first adjusting device for the upper and lower drive is provided on one side of the rolling stock, with which the upper and lower drive can be displaced in a direction transverse to the drive direction, and at least one second adjusting device for the upper and lower drive is provided on the opposite side of the rolling stock, with which the upper and lower drive can be pivoted about a substantially vertical axis.

8. Device according to one of the preceding claims, **characterized in that** the upper and the lower drive of the linear drive (4, 5) have a plurality of contact elements (27, 28) arranged one behind the other in the rolling direction for contacting the rolling stock, the contact elements (27, 28) preferably being designed to be elastic in such a way that

they reliably contact the rolling stock even if it has different thicknesses in the rolling direction, or **characterized in that** at least one of the linear drives (4, 5) has one or more contactless eddy current drives which drive or brake the rolling stock without contact.

9. Device according to one of the preceding claims, **characterized by** at least one measuring device (6, 7) downstream of the pair of rolls in the rolling direction for measuring the thickness and/or the speed of the rolling stock.

10. Device according to one of the preceding claims, **characterized by** a linear drive (4, 5) upstream of the pair of rolls in the rolling direction and a linear drive (4, 5) downstream of the pair of rolls in the rolling direction.

11. Method for rolling a rolling stock with a device according to one of the preceding claims 1 to 10, wherein the rolling stock is rolled by the pair of rolls, a tensile stress being applied to the rolling stock by a linear drive (4, 5) arranged downstream of the pair of rolls in the rolling direction in cooperation with the pair of rolls and/or a linear drive (4, 5) arranged upstream of the pair of rolls in the rolling direction, and the tensile stress exerted on the rolling stock by the linear drive (4, 5) being controlled.

12. Method according to claim 11, **characterized in that** the height of the rolling gap is changed during rolling in dependence on the control device.

13. Method according to claim 11 or 12 **characterized in that** the direction of the tensile stress exerted by the linear drive (4, 5) on the rolling stock is changed in a controlled manner relative to the longitudinal direction of the rolling stock in order to straighten the rolling stock or to minimize or avoid a saber error.

14. Method according to one of claims 11 to 13, **characterized in that** the rolling stock passes through the pair of rolls alternately in opposite directions.

15. Method according to any one of claims 11 to 14, **characterized in that** the tensile stress is controlled such that it causes at least 50% of the deformation of the rolling stock in the rolling gap.

Revendications

1. Dispositif pour le laminage, en particulier le laminage étagé, d'un produit à laminer avec au moins une paire de cylindres et au moins un entraînement linéaire (4, 5) disposé en aval de la paire de cylindres dans la direction de laminage qui, conjointement avec la paire de cylindres, peut appliquer une contrainte de traction sur le produit à laminer, **caractérisé par** des moyens pour détecter la contrainte de traction et par un dispositif de régulation pour réguler la puissance d'entraînement de l'entraînement linéaire en fonction de la contrainte de traction établie, pour au choix faire varier la contrainte de traction appliquée sur le produit à laminer ou maintenir constante derrière l'emprise des cylindres la contrainte de traction à des vitesses d'entraînement qui changent.

2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le dispositif de régulation est conçu pour établir et/ou ajuster le couple agissant dans l'entraînement linéaire (4, 5), où le dispositif de régulation présente de préférence des moyens pour établir la puissance absorbée et la vitesse d'entraînement de l'entraînement linéaire (4, 5) et est conçu pour déterminer et/ou ajuster le couple à partir des informations établies sur la puissance absorbée et la vitesse d'entraînement.

3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé par** des paliers dynamométriques dans l'ensemble de paliers de l'entraînement linéaire (4, 5) et/ou de la paire de cylindres, en particulier dans l'ensemble de paliers des arbres d'entraînement de l'entraînement linéaire (4, 5), pour déterminer la contrainte de traction appliquée sur le produit à laminer.

4. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les moyens pour détecter la contrainte de traction et/ou la régulation sont conçus pour mesurer la répartition de la contrainte de traction sur la largeur du produit à laminer.

5. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif de régulation est couplé à des moyens pour ajuster la pression d'appui de la paire de cylindres.

6. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le au moins un entraînement linéaire (4, 5) présente au moins un dispositif de réglage avec lequel la position de l'entraînement linéaire par rapport au produit à laminer peut être modifiée pendant le fonctionnement et en particulier peut être amenée à pivoter autour d'un axe sensiblement orthogonal par rapport à la direction d'entraînement, où le dispositif de réglage est de préférence conçu pour permettre un pivotement de l'entraînement linéaire d'au moins +/- 10°, de préférence d'au moins +/-20°.

7. Dispositif selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** l'entraînement linéaire (4, 5) présente un entraînement supérieur et un entraînement inférieur, qui agissent sur le produit à laminer par le haut ou par le bas et qui sont maintenus dans un châssis (41), et l'entraînement supérieur et l'entraînement inférieur peuvent être positionnés par rapport au châssis à l'intérieur du châssis fixe, où de préférence au moins un premier dispositif de réglage pour l'entraînement supérieur et l'entraînement inférieur est prévu sur un côté du produit à laminer, avec lequel l'entraînement supérieur et l'entraînement inférieur peuvent être déplacés dans une direction transversale à la direction d'entraînement, et au moins un deuxième dispositif de réglage pour l'entraînement supérieur et l'entraînement inférieur est prévu sur le côté opposé du produit à laminer, avec lequel l'entraînement supérieur et l'entraînement inférieur peuvent être amenés à pivoter autour d'un axe sensiblement vertical.

8. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'entraînement supérieur et l'entraînement inférieur de l'entraînement linéaire (4, 5) présentent plusieurs éléments de contact (27, 28) disposés les uns derrière les autres dans la direction de laminage pour entrer en contact avec le produit à laminer, où les éléments de contact (27, 28) sont de préférence conçus de manière élastique de telle manière qu'ils viennent aussi en contact de manière sûre avec le produit à laminer lorsqu'il présente des épaisseurs différentes dans la direction de laminage, ou **caractérisé en ce qu'**au moins l'un des entraînements linéaires (4, 5) présente un ou plusieurs entraînements à courant de Foucault sans contact qui entraînent ou freinent le produit à laminer sans contact.

9. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par** au moins un dispositif de mesure (6, 7) dans la direction de laminage derrière la paire de cylindres pour mesurer l'épaisseur et/ou la vitesse du produit à laminer.

10. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par** un entraînement linéaire (4, 5) dans la direction de laminage devant et un entraînement linéaire (4, 5) dans la direction de laminage derrière la paire de cylindres.

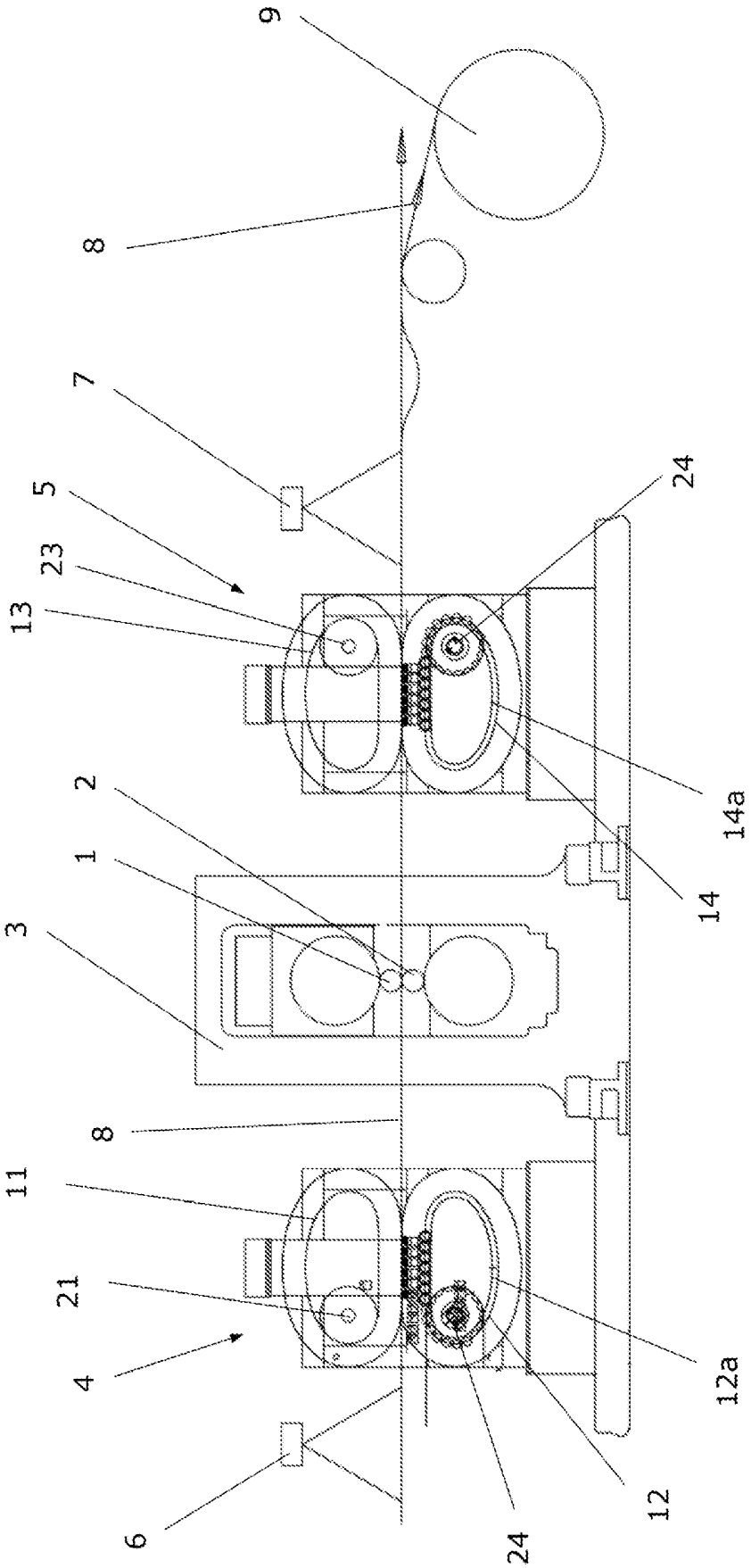
11. Procédé pour le laminage d'un produit à laminer avec un dispositif selon l'une des revendications 1 à 10 précédentes, dans lequel le produit à laminer est laminé par la paire de cylindres, où une contrainte de traction est appliquée sur le produit à laminer par un entraînement linéaire (4, 5) disposé derrière la paire de cylindres dans la direction de laminage en coopération avec la paire de cylindres et/ou un entraînement linéaire (4, 5) disposé devant la paire de cylindres dans la direction de laminage, et où la contrainte de traction exercée par l'entraînement linéaire (4, 5) sur le produit à laminer est régulée.

12. Procédé selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** la hauteur de l'emprise des cylindres est modifiée pendant le laminage en fonction du dispositif de régulation.

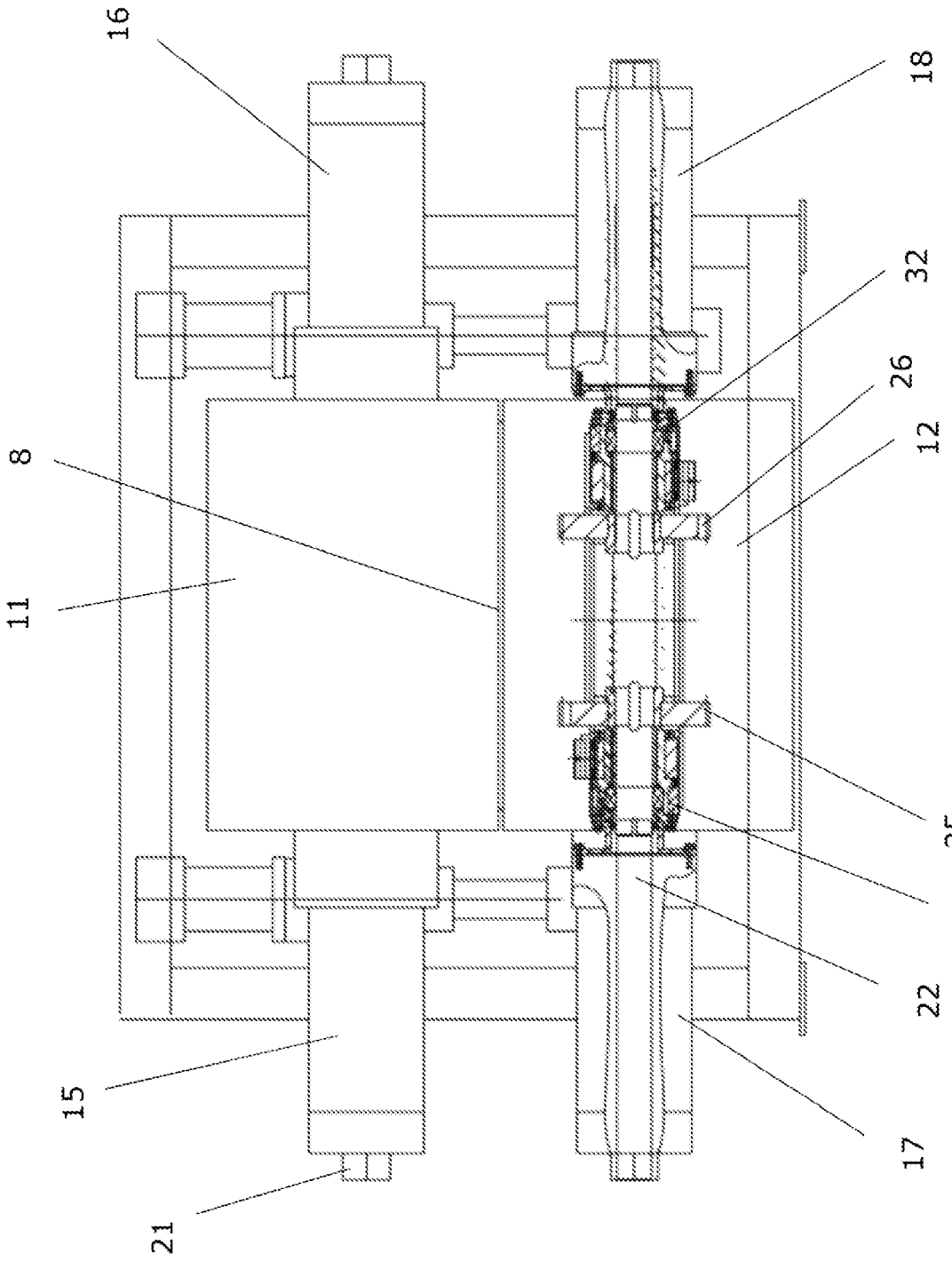
13. Procédé selon la revendication 11 ou 12, **caractérisé en ce que** la direction de la contrainte de traction exercée sur le produit à laminer par l'entraînement linéaire (4, 5) est modifiée de manière régulée par rapport à la direction longitudinale du produit à laminer, pour dresser le produit à laminer ou minimiser ou éviter un défaut d'incurvation.

14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 13, **caractérisé en ce que** le produit à laminer traverse la paire de cylindres alternativement dans des directions opposées.

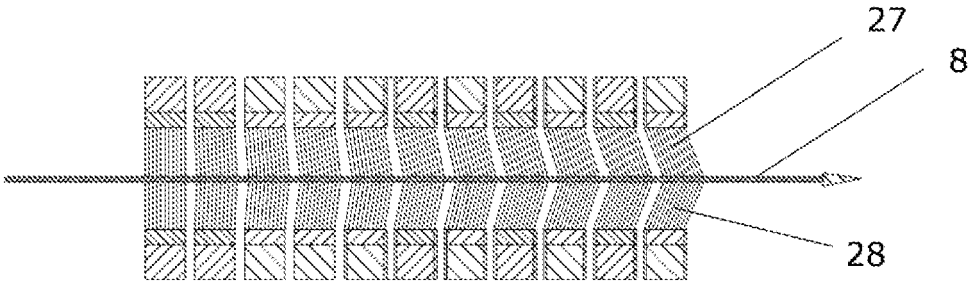
15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 14, **caractérisé en ce que** la contrainte de traction est régulée de telle sorte qu'elle provoque au moins 50 % de la déformation du produit à laminer dans l'emprise des cylindres.



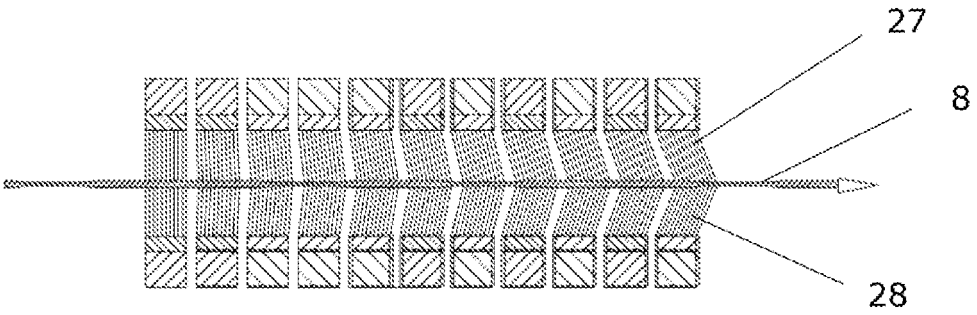
Figur 1



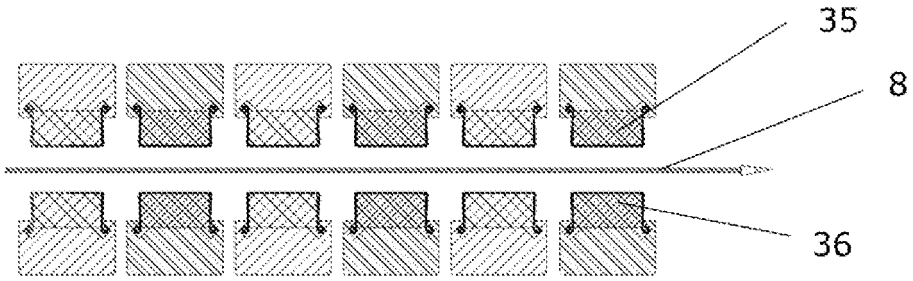
Figur 2



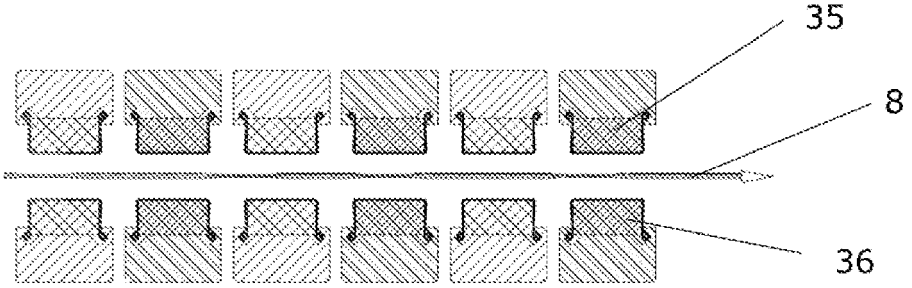
Figur 3a



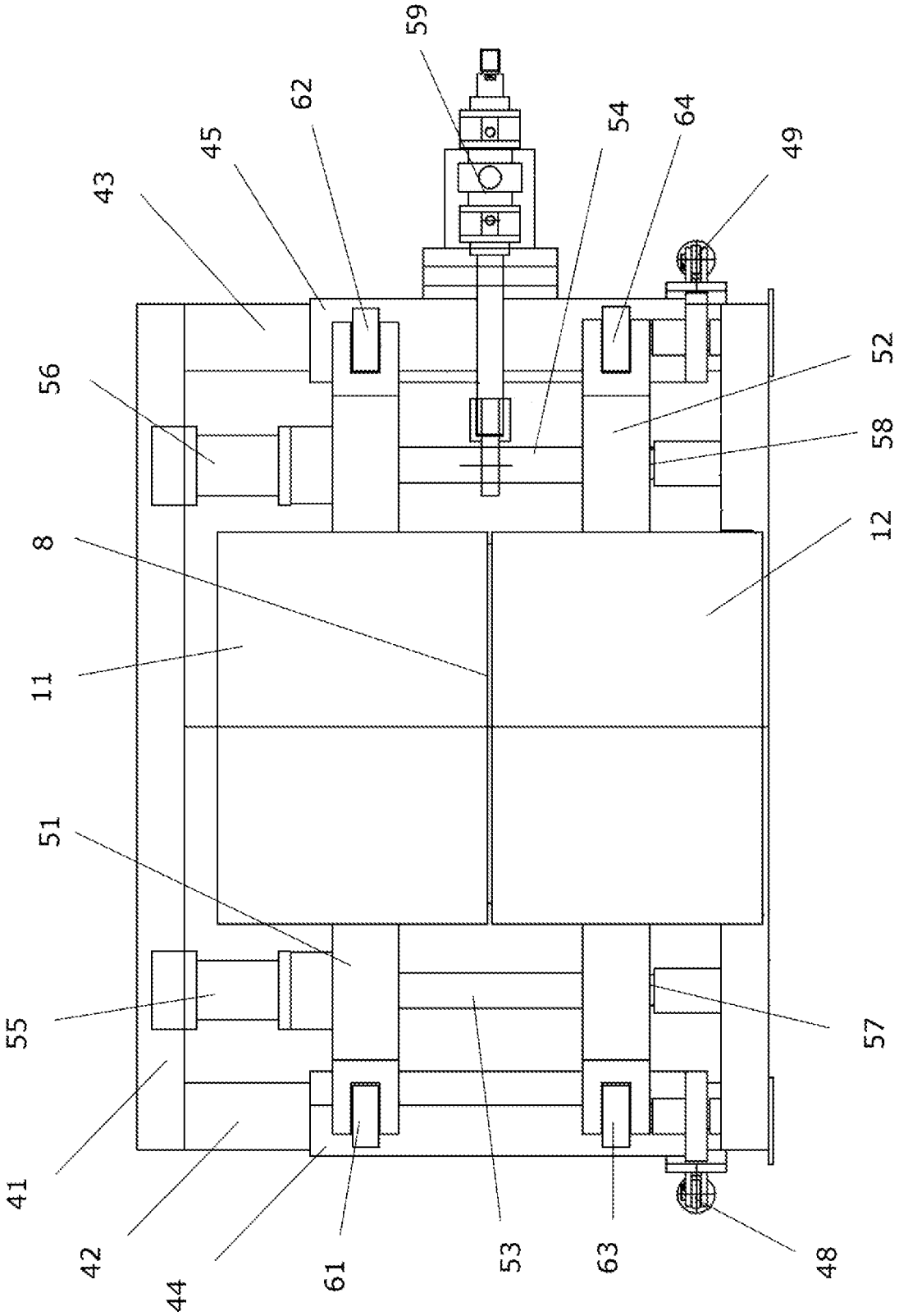
Figur 3b



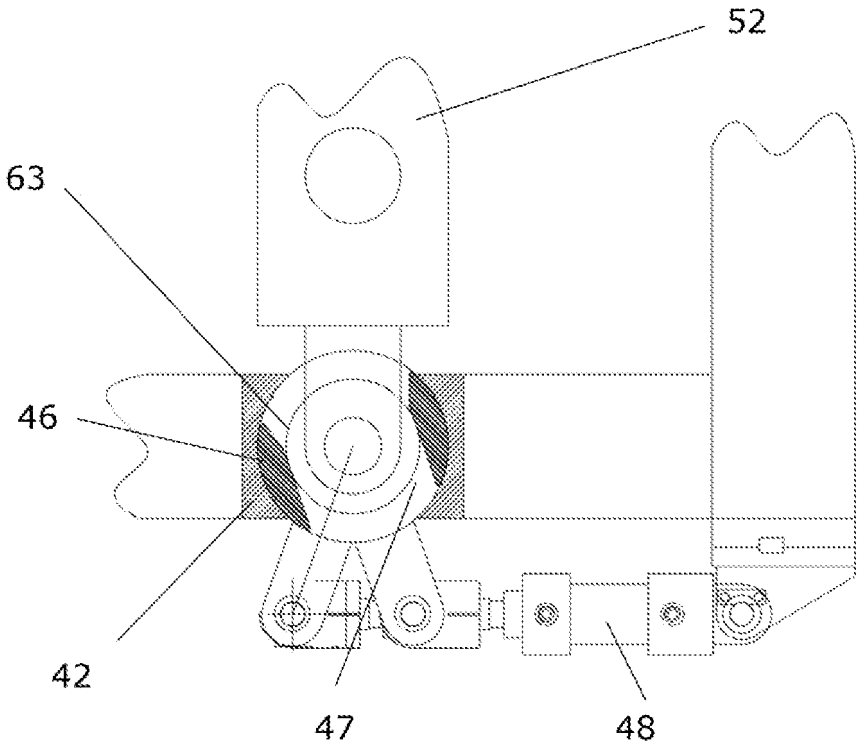
Figur 4a



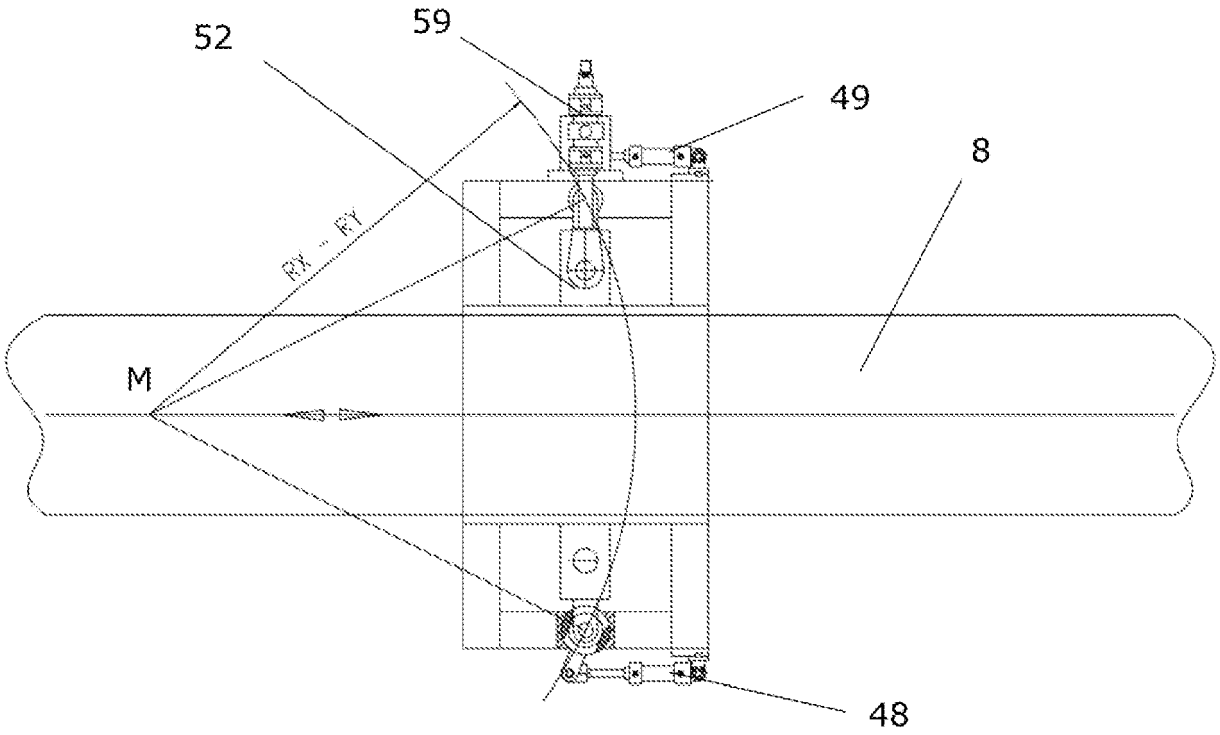
Figur 4b



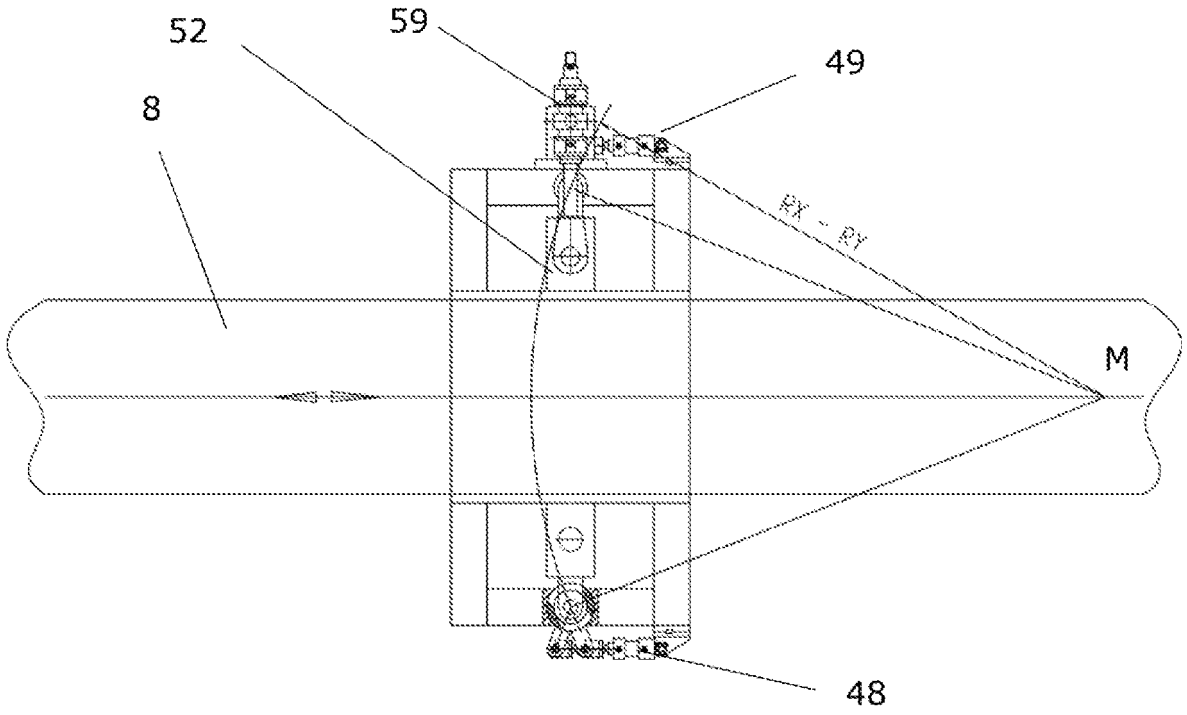
Figur 5



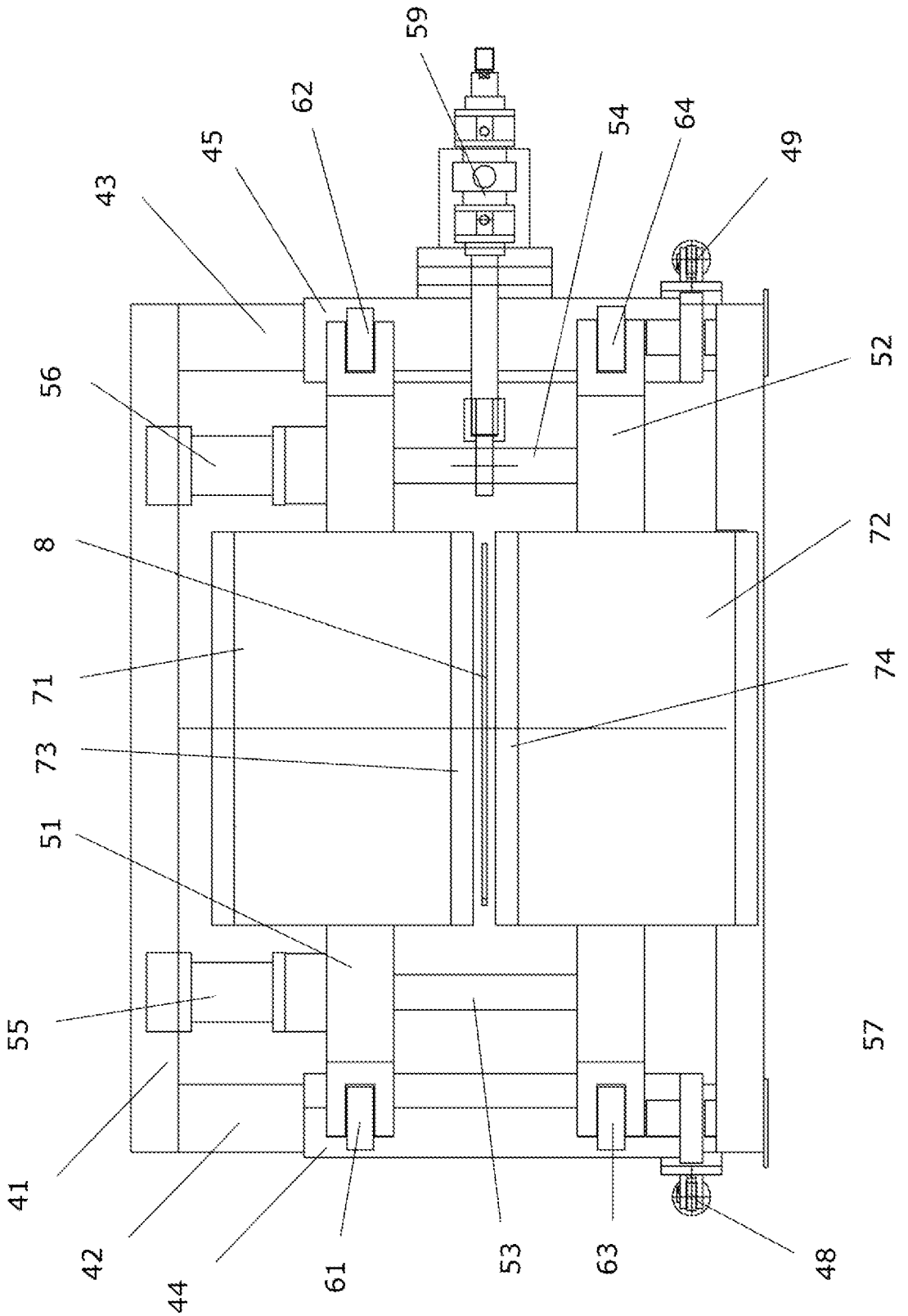
Figur 6



Figur 7a



Figur 7b



Figur 8

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

- EP 3097992 A1 **[0001] [0007]**
- DE 3807399 A1 **[0006]**
- US 9242284 A1 **[0008]**
- US 9242284 B2 **[0012]**