

(19)



(11)

**EP 3 595 824 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

**07.06.2023 Patentblatt 2023/23**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

**B21D 1/02 (2006.01)**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):

**B21D 1/02**

(21) Anmeldenummer: **18713140.4**

(86) Internationale Anmeldenummer:

**PCT/EP2018/056184**

(22) Anmeldetag: **13.03.2018**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

**WO 2018/167029 (20.09.2018 Gazette 2018/38)**

(54) **VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER ROLLENRICHTMASCHINE**

METHOD FOR OPERATING A ROLLER STRAIGHTENER

PROCÉDÉ DE FONCTIONNEMENT D'UNE DRESSEUSE À ROULEAUX

(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**

• **JAX, Helmut**

**40235 Düsseldorf (DE)**

• **DEHMEL, Roman**

**41515 Grevenbroich (DE)**

• **SHMAGUN, Olexand**

**40470 Düsseldorf (DE)**

(30) Priorität: **13.03.2017 UA 201702313**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

**22.01.2020 Patentblatt 2020/04**

(74) Vertreter: **Kross, Ulrich**

**Hemmerich & Kollegen**

**Patentanwälte**

**Hammerstraße 2**

**57072 Siegen (DE)**

(73) Patentinhaber: **SMS Group GmbH**

**40237 Düsseldorf (DE)**

(72) Erfinder:

• **HAUSMANN, Olaf**

**47249 Duisburg (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:

**EP-A1- 0 946 312 CN-B- 102 672 003**

**FR-A1- 2 732 913 FR-A1- 2 893 520**

**EP 3 595 824 B1**

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).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Rollenrichtmaschine, die eine Anzahl oberer Richtwalzen und eine Anzahl unterer Richtwalzen aufweist, wobei zwischen den Richtwalzen ein zu richtendes metallisches Flachmaterial, insbesondere ein Stahlband, in eine Förderrichtung geführt und dieses dabei gerichtet wird.

**[0002]** Ein Verfahren der genannten Art sowie eine entsprechende Rollenrichtmaschine sind aus der EP 0 551 658 B1 bekannt. Bei dieser Lösung ist vorgesehen, dass einzelne Richtwalzen gezielt angestellt werden, um die benötigte Position der Walzen für den Richtvorgang zu realisieren. Bei der hier beschriebenen Lösung wird die maximale Überstreckung an nur einer Richtrolle realisiert. Dabei sind nicht alle Rollen am Richtvorgang beteiligt, sondern nur eine Auswahl hiervon, es werden verschiedene Rollen auf Vorrat vorgehalten.

**[0003]** Eine ähnliche Lösung offenbart die US 2013/0327109 A1. Hierbei werden die einzelnen Richtwalzen von einem gemeinsamen Antrieb angetrieben.

**[0004]** Eine weitere Lösung ist in der EP 2 988 885 A1 beschrieben, wobei wiederum vorgesehen ist, dass für den gemeinsamen Antrieb der Richtwalzen ein Gruppenantrieb vorhanden ist. Bei dieser Lösung wird angestrebt, Wechselkassetten für unterschiedliche Richtaufgaben bereitzustellen, die als vollständige Module komplett ausgetauscht werden, so dass Kassetten mit großen Richtwalzendurchmessern und Kassetten mit kleinen Richtwalzendurchmessern vorgehalten werden können.

**[0005]** Die EP 0 946 312 A1 offenbart gleichermaßen ein gattungsgemäßes Richtverfahren, bei dem ein nicht-rotierendes Rollenrichtaggregat zum Einsatz kommt. Im Vorfeld des eigentlichen Richtvorgangs wird Offline eine Simulationsrechnung vorgenommen, die mögliche Variationen des Richtvorgangs umfasst. Die FR 2 893 520 A1, die FR 2 732 913 A1 und die CN 102 672 003 B zeigen weitere Richtverfahren.

**[0006]** Die vorbekannte übliche Richtstrategie leitet die notwendige Überstreckung, welche zur Plastifizierung führt, lediglich an den ersten beiden Richtwalzen in das zu richtende Werkstück ein. Anschließend wird die Überstreckung stetig zurückgenommen, um ein ebenes Werkstück zu erhalten. So wird die maximale mögliche Plastifizierung nur von einer Seite in das Material eingetragen, wenn nur die ersten zwei Richtwalzen die maximale Überstreckung einbringen. Folglich ist auch das Einbringen eines definierten Spannungszustandes, insbesondere eines Spannungsprofils, mit den vorbekannten Lösungen nur bedingt möglich.

**[0007]** Insbesondere bei der Behandlung komplexer oder gar überlagerter Planheitsfehler liefern die vorbekannten Lösungen nur qualitativ unbefriedigende Richtergebnisse bzw. es ist eine relativ große Anzahl an Richtstichen erforderlich, um ein hinreichendes Ergebnis zu erreichen.

**[0008]** Der Erfindung liegt daher die **Aufgabe** zugrun-

de, ein Verfahren der eingangs genannten Art so fortzubilden, dass auch bei komplexen Planheitsfehlern mit wenigen Richtstichen ein Flachmaterial mit einem hohen Grad an Planheit bzw. Ebenheit hergestellt werden kann.

**[0009]** Die **Lösung** dieser Aufgabe durch die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren die Schritte aufweist:

a) Ermitteln von individuellen Parametern des zu richtenden Flachmaterials und Vorgeben derselben an ein Rechensystem, wobei das Ermitteln der individuellen Parameter ein Vermessen von Unplanheiten des Flachmaterials umfasst;

b) Durchführung einer Simulationsrechnung anhand eines im Rechensystem hinterlegten technologischen Anstellmodells auf der Basis der individuellen Parameter und Festlegung einer Richtstrategie aufgrund des Ergebnisses der Simulationsrechnung, wobei die Richtstrategie auf der Basis eines Richtvorgangs ermittelt wird, bei dem beim Richten in das Flachmaterial infolge der Beaufschlagung mit den Richtwalzen eine maximale Überstreckung eingebracht wird, wobei die maximale Überstreckung durch die erste Richtwalze, die in Förderrichtung folgende benachbarte Richtwalze und die in Förderrichtung weiter folgende benachbarte Richtwalze eingebracht wird;

c) Durchführung des Richtvorganges in der Rollenrichtmaschine unter Zugrundelegung der festgelegten Richtstrategie, wobei alle Richtwalzen mittels eines individuellen Drehantriebs mit einem definierten Drehmoment beaufschlagt und/oder mit einer individuellen Drehgeschwindigkeit angetrieben werden.

**[0010]** Das Ermitteln der individuellen Parameter gemäß obigem Schritt a) kann dabei additiv eine Inaugenscheinnahme des Flachmaterials durch eine Bedienperson der Rollenrichtmaschine umfassen. Weiterhin kann es ein Feststellen von Materialdaten des Flachmaterials umfassen. Weiterhin kann vorgesehen sein, dass das Ermitteln ein Festlegen von Eigenschaften des Flachmaterials nach dem Richtvorgang umfasst, insbesondere ein Zielspannungsprofil im Flachmaterial nach dem Richtvorgang.

**[0011]** Die Durchführung des Richtvorgangs gemäß obigem Schritt c) kann ein definiertes Anstellen der Richtwalzen umfassen.

**[0012]** Die Richtstrategie gemäß obigem Schritt b) kann das Richten des Flachmaterials mit einer Mehrzahl an Richtstichen umfassen.

**[0013]** Bevorzugt werden alle Richtwalzen mittels eines separaten Anstellelements in eine vorgegebene individuelle Zustellposition gebracht.

**[0014]** Die Anstellelemente und/oder die Drehantriebe aller Richtwalzen werden dabei durch eine Steuerung oder Regelungseinrichtung betätigt.

**[0015]** Eine vorgeschlagene, nicht erfindungsgemäße Rollenrichtmaschine, die eine Anzahl oberer Richtwalzen und eine Anzahl unterer Richtwalzen aufweist, wobei zwischen den Richtwalzen ein zu richtendes metallisches Flachmaterial in eine Förderrichtung geführt und dieses dabei gerichtet werden kann, zeichnet sich dadurch aus, dass alle Richtwalzen ein individuelles Anstellelement und einen individuellen Drehantrieb aufweisen, mit denen alle Richtwalzen unabhängig voneinander angestellt und gedreht werden können.

**[0016]** Die vorgeschlagene Verfahrensweise stellt also auf die Überlegung ab, bei der Durchführung des Richtvorgangs zunächst relevante Daten, die das zu richtende Gut betreffen, zu ermitteln und in die Maschinensteuerung einzulesen bzw. einzugeben. Dann erfolgt die Ermittlung einer Richtstrategie für das zu richtende Material. Schließlich erfolgt der Richtvorgang durch Anstellen von Maschinenfunktionalitäten zur Durchführung des Richtvorgangs gemäß der ermittelten Richtstrategie. Die Richtstrategie wird dabei durch ein technologisches Anstellmodell ermittelt bzw. berechnet.

**[0017]** Bei den ermittelten bzw. gemessenen Materialdaten des zu richtenden Guts handelt es sich insbesondere um die Art der Legierung des Materials; auch die Dicke und die Festigkeit des Materials sind hierunter zu verstehen. Bevorzugt handelt es sich bei dem Material um Stahlbelche oder -bänder. Erfasst und eingegeben werden können auch Fehlerarten bzw. Fehlertypen, die durch Messung oder Prüfung durch eine Person ermittelt bzw. festgestellt wurden. Das Einlesen des Datensatzes kann auf der Basis theoretische Berechnung oder, wie genannt, durch Messungen oder manuelle Eingaben erfolgen. Der Datensatz kann dabei Soll-Vorgaben für den Zustand des zu richtenden Guts nach dem Richten umfassen. Dabei können auch ein Zielspannungsprofil sowie vorausgehende und/oder nachfolgende Bearbeitungsschritte des Guts berücksichtigt werden.

**[0018]** Die Ermittlung der Richtstrategie kann auf der Basis der eingegebenen Fehlertypen erfolgen. Dabei kann die Richtstrategie für nur einen einzigen Richtvorgang oder auch für mehrere Richtstiche getrennt bzw. gemeinsam berechnet werden. Die Richtstrategie eines einzelnen zu richtenden Guts kann dabei zwischen zwei Richtstichen variieren; sie kann vorherige und nachfolgende Bearbeitungsschritte berücksichtigen. Bei Bedarf kann die Richtstrategie auch vom Bedienungspersonal geändert werden.

**[0019]** Beim Richten des metallischen Flachmaterials hat sich der Einsatz einer geradzahligen Anzahl maximaler Überstreckungen bewährt. Besagte maximale Überstreckungen können vorzugsweise an der zweiten und dritten Richtwalze erfolgen, weiterhin zusätzlich auch an der vierten Richtwalze. Die Thematik der Überstreckung als solche ist bekannt und in der oben bereits genannten EP 0 551 658 B1 erläutert, auf die insoweit ausdrücklich Bezug genommen wird.

**[0020]** Insoweit ist also vorgesehen, dass mehrere Richtrollen hintereinander jeweils die maximale Über-

streckung realisieren.

**[0021]** Das Anstellen der Richtrollen erfolgt dabei so, dass die Spannungsspitzen über der Dicke des zu richtenden Flachmaterials möglichst eine konstante Höhe haben.

**[0022]** Bei den genannten Maschinenfunktionalitäten geht es vor allem um die Hauptanstellung der Rollen, deren Kippen und Schwenken und um die Biege-, Dehnungs- und Stauchkompensation.

**[0023]** Dabei ist insbesondere die Einzelrichtwalzenanstellung vorgesehen sowie ein individueller Antrieb jeder einzelnen Richtwalzen (hinsichtlich deren Antriebsmomente und Drehzahlen). Die Richtwalzen sind demgemäß bevorzugt einzeln anstellbar und einzeln antreibbar.

**[0024]** Hinsichtlich des genannten Anstellmodells sei erwähnt, dass dieses zunächst aus einer Materialdatenbank besteht sowie aus den notwendigen Eingaben, um ausgehend hiervon eine numerische Simulation des Verformungsverhaltens des metallischen Flachmaterials unter dem Einfluss der Richtrollen durchzuführen. Für eine solche Simulation wird nur eine geringe Zeit von weniger als 1 Sekunde benötigt.

**[0025]** Die vorgeschlagene Rollenrichtmaschine zeichnet sich dadurch aus, dass eine Ansteuereinrichtung zur einzelnen Ansteuerung der vorhandenen Maschinenfunktionalitäten vorgesehen ist, welche auf Basis einer vorher ermittelten Richtstrategie die Funktionalitäten einstellt.

**[0026]** Demgemäß wird im Rahmen der Richtstrategie insbesondere die Anzahl und Richtwalzenfolge vorgegeben bzw. ermittelt, die eine Überstreckung erlauben, insbesondere auf Basis weiterer Datensätze, die über die Materialdaten hinausgehen, wie Fehlertyp und Produktionseigenschaften.

**[0027]** Bei der Richtstrategie handelt es sich letztlich um eine Kombination aus Vorgaben zur Anstellung von Maschinenfunktionalitäten, welche auf der Berechnung des technologischen Anstellmodells beruhen. Bei mehreren erforderlichen Richtstichen und/oder komplexen und/oder überlagerten Fehlern kann die Richtstrategie für die jeweiligen erforderlichen Richtstiche eines einzigen Werkstücks voneinander abweichen und erst in Summe zum optimalen Richtergebnis führen.

**[0028]** Betreffend die Maschinenfunktionalität sei angemerkt, dass diese die Stellglieder zur Einstellung und/oder Regelung von Umformparametern umfasst, wobei insbesondere die Drehzahl und das Drehmoment der einzelnen Richtwalzen, die Eintauchtiefe der einzelnen Richtwalzen, die Anstellkraft der einzelnen Richtwalzen, die Lagevorgaben (Schwenken/Biegen) der einzelnen Richtwalzen und die Hauptanstellung aller Richtwalzen zu nennen ist.

**[0029]** Hinsichtlich der Planheitsfehler (Ebenheitsfehler) des Flachmaterials können diese wie folgt unterschieden werden:

Elementare (einachsige) Planheitsfehler sind das Coil set (unterschiedliche Faserlängen in Längsrichtung auf

der Bandoberseite bzw. Bandunterseite), der Crossbow (unterschiedliche Faserlängen in Querrichtung (oben/unten)), der Twist (unterschiedliche Faserlängen in Längsrichtung (oben/unten) ungleichmäßig über die Bandbreite).

**[0030]** Komplexe (mehrachsig) Planheitsfehler sind Edge Waves (unterschiedliche Faserlängen von der Bandkante zur Bandmitte), Centre Buckles (unterschiedliche Faserlängen von der Bandmitte zur Bandkante), Quarter Buckles (unterschiedliche Faserlängen in Längsrichtung (Streifen)) und kurzwelliges bzw. langwelliges Erscheinen der Wellen.

**[0031]** Zentral stellt somit die vorliegende Erfindung auf ein technologisches Anstellmodell ab, welches im Wesentlichen aus einer Materialdatenbank besteht und welches durch weitere Eingaben eine komplexe Berechnung des Richtvorgangs vornehmen kann. Gerade die Berücksichtigung der weiteren Eingaben führt zu einer wesentlichen Verbesserung des Richtverfahrens.

**[0032]** Weitere Eingaben in diesem Sinne sind in erster Linie Informationen über die Art und Lage der zu behebbenden Fehler. Vor allem in Kenntnis der Fehler kann das technologische Modell diejenigen Berechnungen anstellen, die zu einer effektiven und maßgeschneiderten Richtstrategie führt. Dabei kann es sein, dass für die Behebung von Fehlern mehrere Richtstiche, also Durchläufe durch die Richtmaschine, notwendig werden, bei denen die Fehler insgesamt behoben werden. Dabei kann es durchaus vorkommen, dass in einem Richtvorgang (Richtstich) ein Fehler behoben wird, der zu einer Verstärkung eines anderen Fehlers führt, welcher dann erst in einem weiteren Richtstich ausgeglichen wird. Es müssen nicht zwangsläufig alle Fehler gleichmäßig und gemeinsam in einem Richtstich behoben werden. Die Richtstrategie berücksichtigt das zu erreichende Gesamtergebnis und definiert die dazu notwendigen Schritte.

**[0033]** Die Berechnung des technologischen Anstellmodells lässt sich darüber hinaus noch um die Berücksichtigung vorheriger Produktionsschritte erweitern. Sind Restspannungsverteilungen vorhergehender Bearbeitungsschritte bekannt, so werden auch diese in die technologischen Berechnungen einbezogen. Das gilt insbesondere für Kühlungen, wo auch in der Werkstückfläche (Ränder zu Mitte) unterschiedliche Verteilungen berücksichtigt werden. Diese resultieren aus physikalisch notwendiger variabler Temperaturverteilung und damit bei vielen Stahlmarken resultierenden unterschiedlichen Gefügebestandteilen. Die Information hierüber kann über einen beliebigen Datentransfer erfolgen, wie z. B. mittels einer Kopplung mit einem Kühlmodell.

**[0034]** Gleiches gilt für die Bereitstellung von Daten aus vorherigen Walzprogrammen, die häufig Gefügebestandteile (z. B. Austenitdekomposition) Korngrößenverteilungen und Versetzungsdichten liefern können. Die Information kann auch hier über einen beliebigen Datentransfer erfolgen, wie z. B. eine Kopplung zu einem Walzmodell.

**[0035]** Die von vorausgegangenen Prozess-Schritten bekannten Restspannungs- und Dehnungsverteilungen werden für die Festlegung der minimal erforderlichen Plastifizierung im nachfolgenden Richtstich verwendet.

**[0036]** Das technologische Anstellmodell kann darüber hinaus Vorgaben einfließen lassen, die folgende Bearbeitungsschritte berücksichtigt. Wenn dem Richtvorgang ein weiterer Bearbeitungsschritt, z. B. Schweißen oder Biegen, folgen sollte, so können zur Beibehaltung der Ebenheit in diesen Folgeschritten die notwendigen Spannungsprofile im Werkstück gezielt durch Festlegung der Richtstrategie in den einzelnen Richtstichen eingestellt werden.

**[0037]** Somit wird für jedes Werkstück eine individuelle Berechnung vorgenommen, die nicht nur auf den reinen Materialvorgaben (wie Legierung, Dicke, Breite, generelle Festigkeit) beruht, sondern wesentlich darüber hinausgeht.

**[0038]** Die Richtstrategie setzt die aus dem technologischen Anstellmodell generierten Berechnungen in Vorgaben zur Durchführung des jeweiligen Richtstiches um, indem sie eine Kombination aus Vorgaben zur Anstellung von Maschinenfunktionalitäten erzeugt. Die relevanten Maschinenfunktionalitäten sind (wie bereits genannt) die Hauptanstellung für alle Richtwalzen gemeinsam (inkl. Kippen und Schwenken), die Einzelrichtwalzenanstellung (zur Biege-Dehnung und Stauchungskompensation), die Festlegung der Antriebsmomente jeder Richtwalze und die Richtwalzenbiegung.

**[0039]** Besonders die Einzelrichtwalzenanstellung kann die individuellen Eintauchtiefe einstellen und so eine gezielte Richtstrategie innerhalb eines Richtstiches vorsehen. Der Einzelantrieb jeder Richtwalze ermöglicht die individuelle Bereitstellung eines Drehmomentes für den Richtvorgang.

Aspekte der Richtstrategien sind:

**[0040]** Die maximale Überstreckung wird (wie im Stand der Technik) an der ersten Richtwalze realisiert.

**[0041]** Die maximale Überstreckung wird an mehr als einer Richtwalze realisiert und bevorzugt eine gerade Anzahl von maximalen Überstreckungen eingestellt; so wird die Anzahl der plastischen Dehnungen und Stauchungen für beide Oberflächen des Werkstücks gleich. Die verbleibenden Richtdreiecke werden zur Minimierung des Restspannungsniveaus genutzt.

**[0042]** Es erfolgt ein Anstellen der Richtwalzen derart, dass die Spannungsspitzen über die Blechdicke eine konstante Höhe haben.

**[0043]** Es erfolgt ein Anstellen der Richtwalzen derart, dass die Spannungsspitzen von der Werkstückdickenmitte aus zur Oberfläche hin abnehmen.

**[0044]** Es werden mehrere Rollen zum Aufbau der maximalen Überstreckung verwendet.

**[0045]** Das vermindert beim gleichen Wert der maximalen Überstreckung (bzw. maximalen Wert der Plastifizierung) die dafür erforderliche Anstellung (Interme-

shing) der Rollen. Die sonst erforderlichen extremen Anstellungen der in Richtung des Richtstiches ersten Rollen, werden mit dieser Methode drastisch reduziert:

Anstellen der ersten Richtwalzen so, dass die maximale Überstreckung an der ersten, der zweiten und der dritten Richtwalze erreicht wird.

**[0046]** Anstellen der ersten Richtwalzen so, dass die maximale Überstreckung an der ersten, der zweiten, der dritten und der vierten Richtwalze erreicht wird.

**[0047]** Es kann auch ein Glättstich (spezielle Anstellung zum Richten eines dicken Bleches) erfolgen, bei dem nach dem Richten auf reduzierte Walzenanzahl umgeschaltet wird oder auf ein Richten mit maximaler Richtwalzenanzahl.

**[0048]** Mit der geeigneten Richtstrategie lässt sich die Anzahl der notwendigen Richtstiche reduzieren.

**[0049]** Mit der geeigneten Richtstrategie lässt sich weiterhin die erreichbare Ebenheit auch bei komplexen Ebenheitsfehlern maßgeschneidert für jedes Werkstück einstellen.

**[0050]** Die Einbringung der maximalen Überstreckung erfolgt dabei gezielt auf beiden Seiten des Werkstücks.

**[0051]** In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt.

Fig. 1 zeigt schematisch eine Rollenrichtmaschine, in der ein metallisches Band gerichtet wird,

Fig. 2 zeigt schematisch die Rollenrichtmaschine, wobei die Steuerung derselben durch ein Blockschaltbild illustriert ist, und

Fig. 3 zeigt schematisch die Umformverhältnisse bei einem metallischen Band, welches die Rollenrichtmaschine passiert.

**[0052]** In Figur 1 ist schematisch eine Rollenrichtmaschine 1 zu sehen, die mehrere obere Richtwalzen und mehrere untere Richtwalzen aufweist. Die oberen Richtwalzen folgen in Förderrichtung F aufeinander, nämlich die Richtwalzen 2, 3, 4 und 5. Die unteren Richtwalzen sind in Förderrichtung F zu den oberen Richtwalzen versetzt und folgen gleichermaßen in Förderrichtung aufeinander, nämlich die Richtwalzen 6, 7, 8 und 9. Ein zu richtendes Flachmaterial 10 wird durch die Rollenrichtmaschine 1 gefördert, wenn die Richtwalzen auf das Flachmaterial 10 zugestellt und gedreht werden. Der Antrieb der Richtwalzen ist dabei schematisch in Form der Pfeile (A) dargestellt.

**[0053]** Ebenfalls nicht zu erkennen ist demgemäß, dass für jede der Richtwalzen 2 bis 9 ein separater Antrieb vorhanden ist, der unabhängig von den Antrieben der anderen Richtwalzen arbeitet und für jede der Richtwalzen ein individuelles Drehmoment für den Antrieb der Walze bzw. eine individuelle Drehzahl vorgibt.

**[0054]** Gleichermaßen weist jede der Richtwalzen 2 bis 9 ein Anstellelement auf, wobei diejenigen Anstellelemente mit 12 bezeichnet sind, die die oberen Richtwal-

zen 2, 2, 3 und 5 beaufschlagen, und diejenigen Anstellelemente mit 13 bezeichnet sind, die die unteren Richtwalzen 6, 7, 8 und 9 beaufschlagen.

**[0055]** In Figur 3 ist dabei zu erkennen, wie bevorzugt die Beaufschlagung des Flachmaterials 10 durch die Richtwalzen erfolgt, um dieses zu richten. In dieser Figur ist zu erkennen, dass die in Förderrichtung F folgende erste obere Richtwalzen 2 derart zugestellt ist, dass das zu richtende Flachmaterial 10 plastisch verformt wird. Unterhalb der Richtwalzen 2 ist ein Bereich  $P_S$  der plastischen Stauchung an der Oberseite des Flachmaterials 10 markiert sowie ein Bereich  $P_D$  der plastischen Dehnung an der Unterseite des Flachmaterials 10. Im Bereich der neutralen Faser des Flachmaterials 10 befindet sich ein elastischer Bereich E.

**[0056]** Die in Förderrichtung F folgende untere Richtwalzen 7 ist so zugestellt, dass auch hier auf das Flachmaterial 10 eine gleich große Umformkraft ausgeübt wird, so dass sich wiederum Bereiche der plastischen Stauchung  $P_S$  bzw. der plastischen Dehnung  $P_D$  ergeben, jetzt jedoch auf den jeweils anderen Seiten des Flachmaterials 10.

**[0057]** Das konkrete Vorgehen beim Richten des Flachmaterials 10 ergibt sich aus Figur 2.

**[0058]** Hier ist zu erkennen, dass über eine geeignete Sensorik 15 Planheitsfehler des Flachmaterials 10 vor dem Richtvorgang erfasst und die gemessenen Werte als eingelesene bzw. analysierte Daten in einem Bereich 16 zur Verfügung gestellt werden. Besagter Bereich 16 erhält noch ergänzende Informationen durch einen Datensatz 14, die Daten über Material und Geometrie des zu richtenden Flachmaterials 10 enthält. Somit stehen im Bereich 16 umfassende Informationen zur Verfügung, die über die Art, die Geometrie und den Planheitsgrad des Flachmaterials 10 Auskunft geben.

**[0059]** Diese Daten werden einem Rechensystem 11 zur Verfügung gestellt, in dem ein technologisches Anstellmodell 17 gespeichert ist. Das Anstellmodell 17 ist ein mechanisches Ersatzmodell für das zu richtende Flachmaterial 10, bei dem per numerischer Simulation die Geometrie berechnet wird, die sich bei der Beaufschlagung durch die Richtwalzen nach Durchführung des Richtvorgangs ergibt. Derartige Simulationssysteme für die Verformungen des Materials sind im Stand der Technik als solche bekannt und müssen daher an dieser Stelle nicht näher beschrieben werden. Eine der infrage kommenden Möglichkeiten ist die Berechnung der Geometrie und der Spannungen im Flachmaterial 10 nach Durchführung des Richtprozesses mittels Finiter Elemente.

**[0060]** Durch entsprechende Berechnung kann somit eine Richtstrategie ermittelt werden, die nach Durchführung der Simulationsrechnung im Bereich 18 zur Verfügung gestellt wird. Diese Richtstrategie umfasst Vorgaben für die Durchführung des Richtprozesses für alle vorgesehenen Richtstiche. Dabei ergeben sich auch die benötigten Daten für die Positionierung der Richtwalzen und der Betätigung der Antriebe derselben.

[0061] Hieraus werden dann im Bereich 19 die Daten für das Anstellen der Richtwalzen generiert, die auch die entsprechenden Werte für den Drehantrieb der Walzen (A) umfassen. Diese Daten werden dann an die Anstellelemente 12, 13 weitergegeben, was schematisch in Figur 2 dargestellt ist.

[0062] Somit lässt sich zusammenfassend sagen, dass die Rollenrichtmaschine 1 eine Anzahl (1 bis n) Richtwalzen 2 bis 9 zum Richten des Werkstücks 10 umfasst. Die Fehler (Planheitsfehler) des Werkstücks werden vor dem Richtvorgang ermittelt. Diese Ermittlung kann durch Messung unmittelbar vor dem Richtvorgang erfolgen, die Fehlererfassung kann aber auch an anderen Stellen vorher erfolgt sein.

[0063] Ein zum Flachmaterial (Werkstück) 10 gehörender Datensatz mit geometrischen Abmessungen des Werkstücks, Materialdaten des Werkstücks, aber auch Angaben zum Sollzustand des Werkstücks unter Berücksichtigung des gesamten Richtvorgangs unter Einbeziehung sämtlicher vorgesehener Richtstiche stehen (gegebenenfalls durch manuelle Eingaben und gegebenenfalls auch Daten des Anlagenzustands umfassend) zusätzlich zur Verfügung.

[0064] Die Daten der Planheitsfehler (gemessen über die Sensorik 15) und der generelle Datensatz 14 werden eingelesen und analysiert sowie bei Bedarf formatiert, so dass das technologische Anstellmodell 17 die Berechnungen zur Richtstrategie erstellen kann. Das Ergebnis der Berechnung ist die Richtstrategie 18, welche sich auf verschiedene Richtstiche verteilen kann, aber nicht muss. Die Bestimmung der notwendigen Anzahl Richtstiche gehört ebenfalls zur Richtstrategie.

[0065] Zur Umsetzung der Richtstrategie ist für jeden zugehörigen Richtstich die Setzung von Maschinenfunktionalitäten notwendig. Besonders die Einzelanstellung und der entsprechende Einzelantrieb (zur Einstellung des individuellen Drehmoments) der Richtwalzen 2 bis 9 schaffen die Flexibilität, welche die Einstellung der unterschiedlichen Richtstrategien ermöglicht und somit eine optimale Behandlung des Flachmaterials 10. Insbesondere die Einstellung einer geraden Anzahl Überstreckungen (s. hierzu Figur 3) und die Auswahl von Richtrollen, die die Überstreckung generieren, kann so erfolgen.

[0066] Die Maschinenfunktionalitäten sind sehr vielfältig; sie sind in Figur 2 nur schematisch dargestellt (als Einwirkung auf die Anstellelemente 12, 13). Hierunter ist generell zu verstehen, dass sämtliche Funktionalitäten der Anstellung berücksichtigt werden.

Bezugszeichenliste:

[0067]

- |   |                     |
|---|---------------------|
| 1 | Rollenrichtmaschine |
| 2 | obere Richtwalze    |
| 3 | obere Richtwalze    |
| 4 | obere Richtwalze    |

- |    |   |
|----|---|
| 5  | obere Richtwalze                                  |
| 6  | untere Richtwalze                                 |
| 7  | untere Richtwalze                                 |
| 8  | untere Richtwalze                                 |
| 5  | 9 untere Richtwalze                               |
| 10 | zu richtendes Flachmaterial                       |
| 11 | Rechensystem                                      |
| 12 | Anstellelement                                    |
| 13 | Anstellelement                                    |
| 10 | 14 Datensatz                                      |
| 15 | 15 Sensorik zur Erfassung von Planheitsfehlern    |
| 16 | 16 eingelesene Daten / analysierte Daten          |
| 17 | 17 technologisches Anstellmodell                  |
| 18 | 18 ermittelte Richtstrategie für alle Richtstiche |
| 15 | 19 Daten für das Anstellen der Richtwalzen        |

F Förderrichtung

P<sub>S</sub> Bereich plastischer Stauchung

20 P<sub>D</sub> Bereich plastischer Dehnung

E elastischer Bereich

A Antrieb

## 25 Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Rollenrichtmaschine (1), die eine Anzahl oberer Richtwalzen (2, 3, 4, 5) und eine Anzahl unterer Richtwalzen (6, 7, 8, 9) aufweist, wobei zwischen den Richtwalzen (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) ein zu richtendes metallisches Flachmaterial (10) in eine Förderrichtung (F) geführt und dieses dabei gerichtet wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren die Schritte aufweist:

a) Ermitteln von individuellen Parametern des zu richtenden Flachmaterials (10) und Vorgeben derselben an ein Rechensystem (11), wobei das Ermitteln der individuellen Parameter ein Vermessen von Unplanheiten des Flachmaterials (10) umfasst;

b) Durchführung einer Simulationsrechnung anhand eines im Rechensystem (11) hinterlegten technologischen Anstellmodells auf der Basis der individuellen Parameter und Festlegung einer Richtstrategie aufgrund des Ergebnisses der Simulationsrechnung, wobei die Richtstrategie auf der Basis eines Richtvorgangs ermittelt wird, bei dem beim Richten in das Flachmaterial (10) infolge der Beaufschlagung mit den Richtwalzen (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) eine maximale Überstreckung eingebracht wird, wobei die maximale Überstreckung durch die erste Richtwalze (6), die in Förderrichtung (F) folgende benachbarte Richtwalze (2) und die in Förderrichtung weiter folgende benachbarte Richtwalze (7) eingebracht wird;

c) Durchführung des Richtvorganges in der Rol-

- lenrichtmaschine (1) unter Zugrundelegung der festgelegten Richtstrategie, wobei alle Richtwalzen (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) mittels eines individuellen Drehantriebs mit einem definierten Drehmoment beaufschlagt und/oder mit einer individuellen Drehgeschwindigkeit angetrieben werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ermitteln der individuellen Parameter gemäß Schritt a) von Anspruch 1 additiv ein Feststellen von Materialdaten des Flachmaterials (10) umfasst.
  3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ermitteln der individuellen Parameter gemäß Schritt a) von Anspruch 1 additiv ein Festlegen von Eigenschaften des Flachmaterials (10) nach dem Richtvorgang umfasst, insbesondere ein Zielspannungsprofil im Flachmaterial (10) nach dem Richtvorgang.
  4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Durchführung des Richtvorgangs gemäß Schritt c) von Anspruch 1 ein definiertes Anstellen der Richtwalzen (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) umfasst.
  5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Richtstrategie gemäß Schritt b) von Anspruch 1 das Richten des Flachmaterials (10) mit einer Mehrzahl an Richtstichen umfasst.
  6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** alle Richtwalzen (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) mittels eines separaten Anstellelements (12, 13) in eine vorgegebene individuelle Zustellposition gebracht werden.
  7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anstellelemente (12, 13) und/oder die Drehantriebe aller Richtwalzen (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) durch eine Steuerungs- oder Regelungseinrichtung betätigt werden.

## Claims

1. Method of operating a roller straightening machine (1) which comprises a number of upper straightening rollers (2, 3, 4, 5) and a number of lower straightening rollers (6, 7, 8, 9), wherein a metallic flat material (10) to be straightened is guided between the straightening rollers (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) in a conveying direction (F) and this as a result is straightened, **characterised in that** the method comprises the steps:

a) determining individual parameters of the flat material (10) to be straightened and presetting the same at a computer system (11), wherein determination of the individual parameters comprises measurement of non-planarities of the flat material (10);

b) carrying out a simulation computation by way of a technological adjustment model, which is filed in the computer system (11), on the basis of the individual parameters and establishing a straightening strategy founded on the result of the simulation computation, wherein the straightening strategy is determined on the basis of a straightening process in which during straightening a maximum over-stretching is introduced into the flat material (10) as a consequence of the loading by the straightening rollers (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9), wherein the maximum over-stretching is introduced by the first straightening roller (6), the adjacent straightening roller (2) following in conveying direction (F) and the adjacent straightening roller (7) further following in straightening direction;

c) carrying out the straightening process in the roller straightening machine (1) on the basis of the established straightening strategy, wherein by means of an individual rotary drive all straightening rolls (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) are acted on by a defined torque and/or driven at an individual rotational speed.

2. Method according to claim 1, **characterised in that** the determination of the individual parameters according to step a) of claim 1 comprises additively ascertaining material data of the flat material (10).
3. Method according to claim 1 or 2, **characterised in that** the determination of the individual parameters according to step a) of claim 1 comprises additively ascertaining characteristics of the flat material (10) after the straightening process, particularly a target tension profile in the flat material (10) after the straightening process.
4. Method according to any one of claims 1 to 3, **characterised in that** the performance of the straightening process according to step c) of claim 1 comprises a defined adjusting of the straightening rollers (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9).
5. Method according to any one of claims 1 to 4, **characterised in that** the straightening strategy according to step b) of claim 1 comprises straightening the flat material (10) by a plurality of straightening passes.
6. Method according to any one of claims 1 to 5, **characterised in that** all straightening rollers (2, 3, 4, 5,

6, 7, 8, 9) are brought by means of a separate adjusting element (12, 13) into a predetermined individual adjustment position.

7. Method according to any one of claims 1 to 6, **characterised in that** the adjusting elements (12, 13) and/or the rotary drives of all straightening rollers (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) are actuated by a controlling or regulating device.

## Revendications

1. Procédé destiné à l'exploitation d'une machine à dresser les rouleaux (1) qui présente un certain nombre de cylindres de dressage supérieurs (2, 3, 4, 5) et un certain nombre de cylindres de dressage inférieurs (6, 7, 8, 9) ; dans lequel, entre les cylindres de dressage (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9), un matériau plat métallique (10) qui doit faire l'objet d'un dressage est guidé dans une direction de transport (F) en faisant en sorte que le matériau en question est dressé ; **caractérisé en ce que** le procédé présente les étapes dans lesquelles :

a) on identifie des paramètres individuels du matériau plat (10) qui doit faire l'objet d'un dressage et on impose ces derniers à un système de calcul (11) ; dans lequel l'identification des paramètres individuels comprend une mesure des défauts de planéité du matériau plat (10) ;

b) on met en oeuvre un calcul de simulation en se référant à un modèle de positionnement technologique déposé dans le système de calcul (11) sur la base des paramètres individuels et on détermine une stratégie de dressage sur base des résultats du calcul de simulation ; dans lequel la stratégie de dressage est identifiée sur la base d'un processus de dressage dans lequel, au cours du dressage, on introduit dans le matériau plat (10), à la suite de la sollicitation avec les cylindres de dressage (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9), une hyperextension maximale ; dans lequel l'hyperextension maximale est introduite par l'intermédiaire du premier cylindre de dressage (6), du cylindre de dressage voisin (2) qui y fait suite dans la direction de transport (F) et du cylindre de dressage voisin (7) qui fait suite au dernier cité dans la direction de transport ;

c) on met en oeuvre le processus de dressage dans la machine à dresser les rouleaux (1) en se fondant sur la stratégie de dressage qui a été déterminée ; dans lequel tous les cylindres de dressage (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) sont sollicités au moyen d'un entraînement rotatif individuel qui comprend un couple de rotation défini et/ou sont entraînés avec une vitesse de rotation individuelle.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'identification des paramètres individuels en conformité avec l'étape a) selon la revendication 1, comprend en outre une détermination des données matérielles du matériau plat (10).

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'identification des paramètres individuels en conformité avec l'étape a) selon la revendication 1, comprend en outre une détermination des propriétés du matériau plat (10) après le processus de dressage, en particulier un profil de la tension cible dans le matériau plat (10) après le processus de dressage.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la mise en oeuvre du processus de dressage en conformité avec l'étape c) selon la revendication 1 comprend un positionnement défini des cylindres de dressage (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9).

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la stratégie de dressage en conformité avec l'étape b) selon la revendication 1, comprend le dressage du matériau plat (10) avec un certain nombre de passes de dressage.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** tous les cylindres de dressage (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) sont amenés, au moyen d'un élément de positionnement séparé (12, 13), dans une position de réglage individuelle qui a été prédéfinie.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** les éléments de positionnement (12, 13) et/ou les entraînements rotatifs de tous les cylindres de dressage (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) sont actionnés par l'intermédiaire d'un mécanisme de commande ou de réglage.



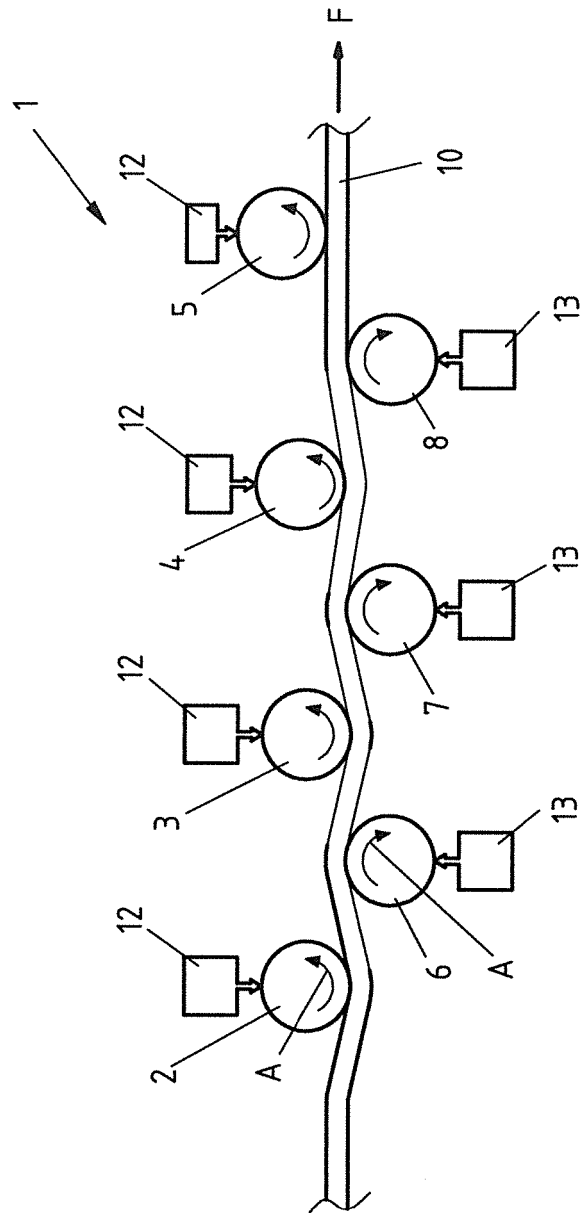


FIG.1

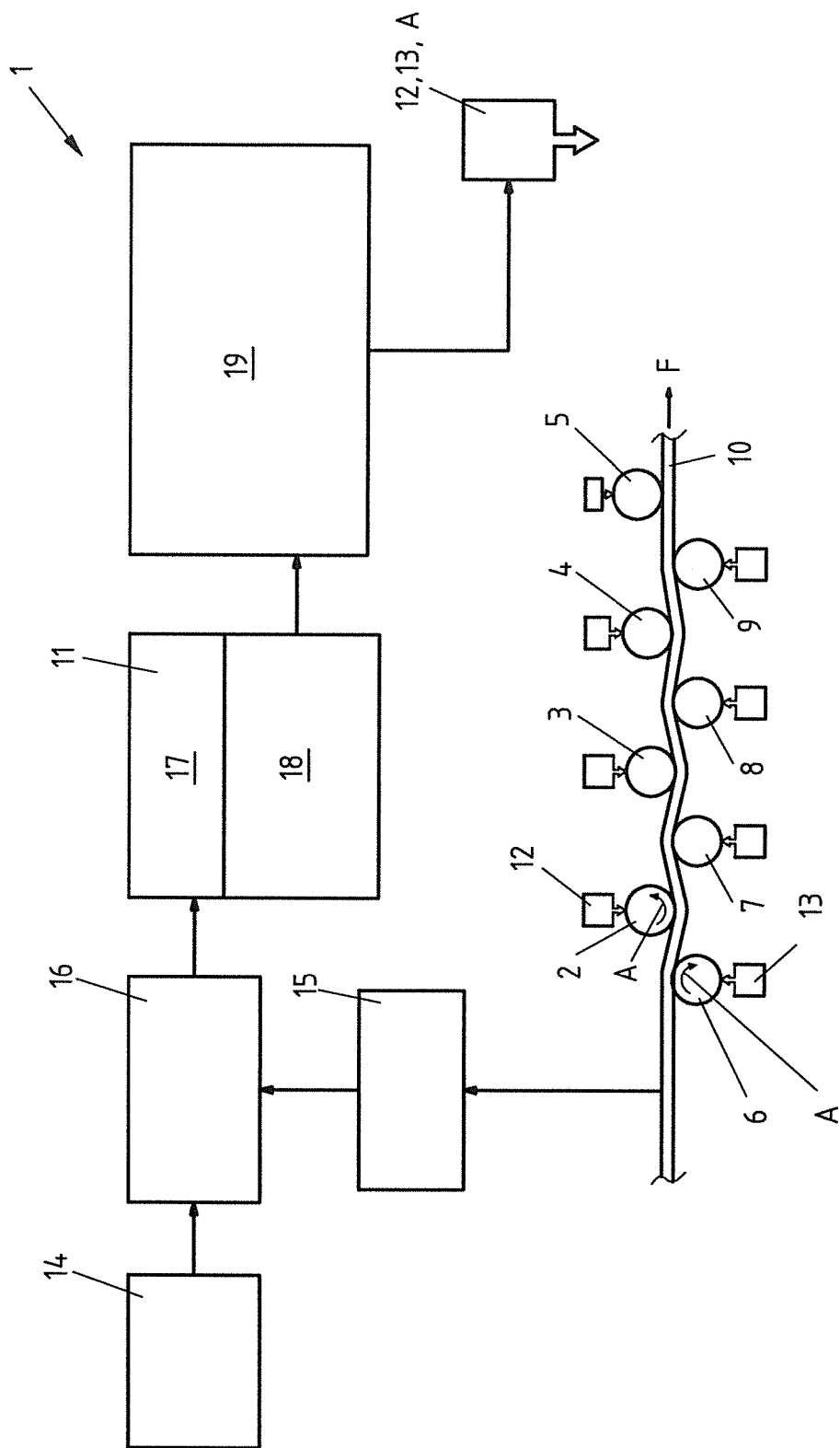


FIG.2

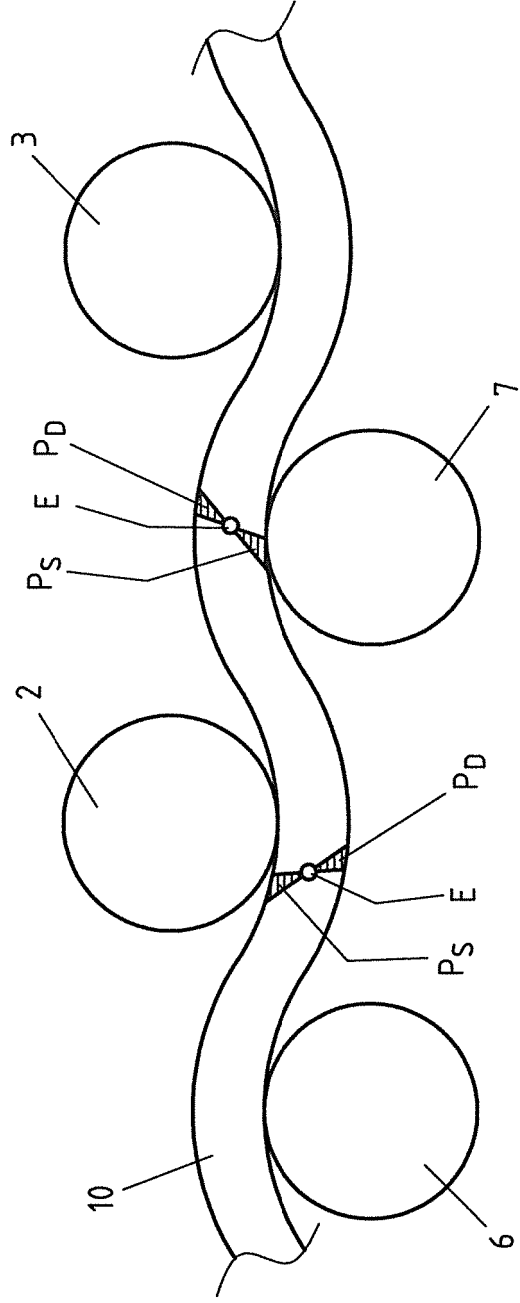


FIG.3

**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 0551658 B1 [0002] [0019]
- US 20130327109 A1 [0003]
- EP 2988885 A1 [0004]
- EP 0946312 A1 [0005]
- FR 2893520 A1 [0005]
- FR 2732913 A1 [0005]
- CN 102672003 B [0005]