

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 763 391 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
26.07.2000 Patentblatt 2000/30

(51) Int Cl.7: **B21B 37/40**, B21B 37/62

(21) Anmeldenummer: **96113055.6**

(22) Anmeldetag: **14.08.1996**

(54) **Verfahren zur Kompensation von aus Horizontalbewegungen der Walzen resultierenden Kräften an Walzgerüsten**

Method of compensating forces resulting from horizontal movements of the rolls in a rolling stand

Procédé de compensation de forces résultant de mouvements horizontaux des rouleaux dans une cage de laminoir

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE DE ES FI FR GB IT NL SE

(30) Priorität: **18.08.1995 DE 19530424**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
19.03.1997 Patentblatt 1997/12

(73) Patentinhaber: **SMS Demag AG**
40237 Düsseldorf (DE)

(72) Erfinder: **Rohde, Wolfgang, Prof. Dr.**
41542 Dormagen (DE)

(74) Vertreter: **Valentin, Ekkehard, Dipl.-Ing. et al**
Patentanwälte Hemmerich, Valentin, Gihlske,
Grosse,
Hammerstrasse 2
57072 Siegen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

GB-A- 2 041 269 **US-A- 4 485 649**
US-A- 4 898 014

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 011, no. 360 (M-645), 25.November 1987 & JP-A-62 137116 (TOSHIBA CORP), 20.Juni 1987,
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 018, no. 558 (C-1264), 25.Oktober 1994 & JP-A-06 199510 (NEC CORP), 19.Juli 1994,
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 95, no. 006 & JP-A-07 144210 (ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND CO LTD), 6.Juni 1995,
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 011, no. 006 (M-551), 8.Januar 1987 & JP-A-61 182816 (ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND CO LTD), 15.August 1986,

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 0 763 391 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kompensation von Kräften bzw. Kraftanteilen, resultierend aus Horizontalbewegungen der Walzen in Walzgerüsten für das Warm- und Kaltwalzen von Flachprodukten, ausgerüstet mit Arbeitswalzen und mit einer oder mehreren Stützwalzen, mit hydraulischen Anstellungen und mit Kraftmesseinrichtungen auf der gegenüberliegenden Seite des Walzspaltes und mit hydraulischen Einrichtungen zur Horizontalverschiebung der Arbeitswalzen.

[0002] Bei der Walzung von Flachprodukten in Warm- und Kaltwalzanlagen besteht das Problem, daß alle beteiligten Walzen während des Walzprozesses in unterschiedlicher Richtung axial im Gerüst verlaufen und durch Andrücken an die jeweils vorhandenen Verriegelungen Axialkräfte erzeugen. Aus diesen Axialkräften entstehen mit der zugeordneten Reaktionskraft im Abstand von Walzmitte bis zur Berührung mit der Nachbarwalze freie Kräftepaare. Jedes dieser Kräftepaare bewirkt Reaktionskräfte in den Walzenlagern und damit in den beiden Ständeräumen des Gerüsts.

[0003] Es ist bereits Stand der Technik, im Gerüst entstehende vertikale Kräfte, beispielsweise Kräfte aus den Eigengewichten, der Walzenbalancierung und der Walzenbiegung rechnerisch oder meßtechnisch zu erfassen und bei der Messung der Kräfte in den beiden Walzenständern zu berücksichtigen. Solche Kompensationen werden jedoch für die Reaktionskräfte aus den beschriebenen Axialkräften der Walzen nicht durchgeführt.

[0004] In dem vorveröffentlichten Dokument GB 20 41 269 A wird ein Sechs-Walzengerüst beschrieben, bei welchem die Zwischenwalzen gegenseitig verschoben werden. Aus der Walzenverschiebung resultieren Kräfte und Momente, die auf das Walzgerüst einwirken und ausgeregelt werden müssen. Hierzu ist ein Regelkreis vorgesehen, bei welchem die Walzkräfte der unteren Stützwalze auf beiden Seiten gemessen werden und ein Mittelwert gebildet wird. Ferner werden die hydraulischen Kräfte der Verstellzylinder gemessen und gemittelt. Die gemittelten Kräfte werden gegebenenfalls unter Einbeziehung eines Sollwertes einem Regler zugeführt, der als Stellgröße die motorisch betätigte Anstellung der oberen Stützwalzen beeinflusst. Dabei kommt es nicht darauf an, ob die Anstellung der Stützwalzen elektromechanisch oder hydraulisch erfolgt. Eine Kompensation von linienflüchtigen und vagabundierenden Axialkräfte an den Walzen und deren Reaktionskräfte ist mit diesem vorbekannten Regelverfahren nicht beabsichtigt und nicht möglich.

[0005] Figur 1 der vorliegenden Anmeldungsunterlagen beschreibt das Grundproblem von linienflüchtigen und vagabundierenden Axialkräfte beispielhaft an der oberen Stützwalze 1 eines Quarto-Gerüsts. Die horizontal wirkenden Kräfte T sind linienflüchtige Vektoren, das heißt, sie können längs ihrer Wirkungsline verschoben werden. Demzufolge ist es belanglos, auf welcher Seite des Gerüsts die Walze verriegelt ist. Grundsätzlich entstehen solche Kräftepaare immer durch die Axialkraft im Kontaktbereich zur Nachbarwalze. Die einzelnen Kräfte überlagern sich und äußern sich in unterschiedlichen Axialkräften an allen beteiligten Walzen mit entsprechend schwer zu übersehenden Reaktionskräften in den Walzenständern.

[0006] Insbesondere bei Reversiergerüsten zeigen die Reaktionskräfte in den Walzenständern außerordentlich nachteilige Wirkungen. Bei Umkehrung der Drehrichtung ändert sich auch die Schraubrichtung aller beteiligten Walzen. Die Walzen laufen zur jeweils gegenüberliegenden Seite, was eine Umkehr der Axialkräfte zur Folge hat. Die Reaktionskräfte in den Walzenständern ändern sich entsprechend, mit dem Ergebnis, daß die in den Ständern angeordneten Kraftmeßeinrichtungen Veränderungen melden, die mit dem eigentlichen Walzprozeß nicht in Verbindung stehen. Die Folge sind fehlerhafte Reaktionen aller Regelkreise, die von den in den Walzenständern gemessenen Kräften abhängen, wie die Planheitsregelung, die automatische Kalibrierung zur parallelen Einstellung des Walzspaltes, die Roll Alignment Control zur Kompensation der Wirkungen einer außermittigen Lage des Walzproduktes und weitere Regelkreise, je nach Art des Walzgerüsts und des Walzproduktes.

[0007] Es besteht die demzufolge die Aufgabe, die Reaktionskräfte in den Walzenständern ohne Einrichtung zusätzlicher Meßstellen im Walzgerüst mit ausreichender Sicherheit zu bestimmen.

[0008] Die Lösung der Aufgabe gelingt bei einem Verfahren zur Kompensation von Kräften bzw. Kraftanteilen, resultierend aus Horizontalbewegungen der Walzen in Walzgerüsten gemäß der eingangs genannten Gattung mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

[0009] Die Erfindung eröffnet die Möglichkeit, alle in einem Walzgerüst auftretenden, vagabundierenden Kräfte aus Horizontalbewegungen der Walzen kontinuierlich zu bestimmen und die hieraus resultierenden Kraftanteile in den gemessenen Walzkräften zu kompensieren. Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Ansprüche 2 bis 7.

[0010] Die Erfindung wird anhand der Fig. 2 bis Fig. 5 näher beschrieben.

[0011] Moderne Walzgerüste für kalt- und warmgewalzte Flachprodukte werden heute nahezu ausschließlich mit hydraulischen Anstellungen 2 als Stellglied für die Dickenregelung ausgerüstet. Die Anstellzylinder der hydraulischen Anstellung befinden sich oberhalb der oberen Stützwalzeinbaustücke 3 oder unterhalb der unteren Stützwalzeinbaustücke 4. In einer bevorzugten Ausführungsform befinden sich zusätzlich auf der vom Walzspalt her gesehen gegenüberliegenden Seite des Gerüsts in den beiden Walzenständern Kraftmeßeinrichtungen 5, mit denen die im Walzprozeß auftretenden Kräfte in den beiden Walzenständern kontinuierlich gemessen werden.

[0012] Die beiden Hydraulikzylinder der hydraulischen Anstellung liefern über den Hydraulikdruck in bevorzugter Weise zusätzliche Meßwerte für die Kräfte in den beiden Walzenständen, so daß insgesamt ohne zusätzlichen Aufwand Meßwerte für die Kräfte in den beiden Walzenständen oberhalb der oberen Stützwalzeneinbaustücke und unterhalb der unteren Stützwalzeneinbaustücke zur Verfügung stehen.

[0013] Ein weiteres Merkmal moderner Walzgerüste für das Warm- und Kaltwalzen von Flachprodukten sind verschiebbare Arbeitswalzen 6, z.B. für die Beeinflussung des Walzspaltprofils oder zur Vergleichmäßigung des Walzenverschleißes. In einer bevorzugten Ausführungsform erfolgt das Verschieben der Arbeitswalzen 6 mit Hilfe von Hydraulikzylindern 7. Unabhängig davon, ob während einer Betriebsphase die beiden Arbeitswalzen verschoben werden oder sich in einer bestimmten Position befinden, entstehen in den Hydraulikzylindern 7 Drücke in Abhängigkeit von den von den Arbeitswalzen 6 ausgehenden Axialkräften. Die Axialkräfte der Arbeitswalzen können demzufolge in bevorzugter Weise ohne zusätzlichen Aufwand durch Druckmessung in den Verschiebezylindern bestimmt werden. Hiermit stehen insgesamt sechs Meßwerte für vertikale und horizontale Kräfte im Walzgerüst zur Verfügung.

[0014] Figur 2 zeigt eine Analyse der Kräfte in einem Walzgerüst. Aufgenommen wurden lediglich die Kräfte F aus dem Walzprozeß und die Axialkräfte T der Walzen. Auf die Darstellung von Balancierkräften, Biegekräften und Gewichtskräften wurde verzichtet, da die Kompensation dieser Kräfte bekannt ist.

[0015] Der Ansatz der Gleichgewichtsbedingungen für horizontale Kräfte T , vertikale Kräfte F und Momente M am oberen und unteren Walzensatz führt zu insgesamt sechs Gleichungen. Diese sechs nachfolgenden Gleichungen GL geben das Kräftegleichgewicht wie folgt wieder:

Gerüst oben		
vertikale Kräfte F	$F_w - F_1 - F_2 = 0$	GL (1)
horizontale Kräfte T	$T_w - T_1 - T_2 = 0$	GL (2)
Momente M	$F_w \cdot X - F_1 \cdot \frac{a}{2} + F_2 \cdot \frac{a}{2} - T_2 (r_A + r_S) + T_w (2r_A + r_S) = 0$	GL (3)

Gerüst unten		
vertikale Kräfte F	$F_w - F_3 - F_4 = 0$	GL (4)
horizontale Kräfte T	$T_w + T_3 + T_4 = 0$	GL (5)
Momente M	$F_w \cdot X - F_3 \cdot \frac{a}{2} + F_4 \cdot \frac{a}{2} - T_3 (r_A + r_S) - T_w (2r_A + r_S) = 0$	GL (6)

[0016] Aus diesen sechs Gleichungen lassen sich mit mathematischen Umformungen die Gleichungen für die von den Stützwalzen ausgehenden Kräfte T_1 und T_4 sowie die im Walzspalt auftretende Tangentialkraft T_w bestimmen. Damit sind alle im Gerüst auftretenden horizontal wirkenden Kräfte bekannt.

[0017] Figur 3 zeigt die Zusammenstellung des Gleichungssatzes.

[0018] Von besonderem Interesse ist die Ableitung einer Mittenabweichung X für die Lage der resultierenden Walzkraft im Walzspalt (vgl. Fig. 2). Diese Größe läßt sich ebenfalls aus den sechs Meßwerten im Walzbetrieb kontinuierlich ableiten. Die Gleichung für die Mittenabweichung X ist in Fig. 3 angegeben. Die Größe X kann herangezogen werden für die automatische Kalibrierung, d.h. für das automatische Parallelstellen der beiden Arbeitswalzen, indem nach einem Walzenwechsel das Gerüst ohne Walzgut mit drehenden Walzen vorgespannt und die aus den sechs Meßwerten errechnete Außermittigkeit X errechnet wird. Durch Schwenken mit der hydraulischen Anstellung wird der Wert X auf Null geregelt mit dem Ergebnis einer einwandfreien Parallellage von oberer und unterer Walze.

[0019] Eine weitere Verwendung der Mittenabweichung X ist die Überwachung des Walzprozesses, insbesondere bei Reversiergerüsten, bei denen ein Verlaufen des Bandes bzw. des Bleches aus der Gerüstmittle eintreten kann. Die Mittenabweichung X kann zur Meldung solcher Ereignisse und zu einer entsprechenden Korrektur herangezogen werden.

[0020] Selbstverständlich kann die automatische Kalibrierung und Überwachung des Walzprozesses auch dadurch erfolgen, daß anstelle der Einführung einer Mittenabweichung eine Korrektur (Kompensation) der gemessenen Kräfte F_1 bis F_4 mit Hilfe der errechenbaren Reaktionskräfte aus den Axialkräften erfolgt. Die hierzu erforderlichen Gleichungen für die Summe der Reaktionskräfte aus allen beteiligten Walzen sind mit R_1 bis R_4 in Figur 4 angegeben. Nach einer solchen Kompensation können die Meßwerte F_1 bis F_4 in an sich bekannter Weise durch Differenzbildung F_1 minus F_2 bzw. F_3 minus F_4 für die Walzenkalibrierung und für die Überwachung des Walzprozesses herangezogen werden.

[0021] In den Gleichungen zur Bestimmung der Walzen-Axialkräfte und der Außermittigkeit zeigt sich als besonders vorteilhaft, daß die Meßwerte für die Axialkräfte im oberen bzw. unteren Gerüstbereich immer als Differenzwerte in die

Auswertung eingehen. Dies hat zur Folge, daß die in den Meßwerten enthaltenen Reibungskräfte, insbesondere bei den Meßwerten aus den Anstellzylindern nicht in die Auswertung eingehen, soweit die Reibungskräfte auf beiden Gerüstseiten gleich groß sind. Dies gilt für eine Aufnahme der Meßwerte während beidseitiger Zufahrbewegungen oder beidseitiger Auf fahrbewegungen der hydraulischen Anstellungen. Bei einer Schwenkbewegung würden sich die Reibungskräfte beider Gerüstseiten addieren. Die Meßwertaufnahme während einer Schwenkbewegung ist deshalb im betrieblichen Ablauf zu unterdrücken.

[0022] Als vorteilhaft erweist sich auch die Nutzung der gemessenen und errechneten Axialkräfte T_1 bis T_4 und T_w zur Überwachung des Erhaltungszustandes und der einwandfreien Walzenschliffe. Hoher Verschleißzustand und Fehler im Walzenschliff erhöhen die Verschränkung der Walzen zueinander und führen zu erhöhten Axialkräften. Die Anzeige dieser Kräfte ist demzufolge ein hervorragendes Mittel zur kontinuierlichen Überwachung des Walzwerks.

[0023] Figur 4 zeigt den Gleichungssatz für die Reaktionskräfte aus den Axialkräften und für die Reaktionskräfte aus der Außermittigkeit der Walzkraft.

[0024] Figur 5 enthält ein Rechenbeispiel mit angenommenen Walzgerüstdaten und Walzdaten und den hieraus mit Hilfe der oben angegebenen Gleichungen errechneten Walzen-Axialkräfte und Reaktionskräfte.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Kompensation von Kräften bzw. Kraftanteilen (T), resultierend aus Horizontalbewegungen der Walzen in Walzgerüsten für das Warm- und Kaltwalzen von Flachprodukten, ausgerüstet mit Arbeitswalzen (6) und mit einer oder mehreren Stützwalzen (1), mit hydraulischen Anstellungen (2) und mit Kraftmeßeinrichtungen (5) auf der gegenüberliegenden Seite des Walzspaltes und mit hydraulischen Einrichtungen (7) zur Horizontalverschiebung der Arbeitswalzen (6),

dadurch gekennzeichnet,

daß die Drücke in den beiden Anstellzylindern (2) zur Bestimmung der Walzkräfte (F) auf einer Seite des Walzspaltes und die angezeigten Kräfte der Kraftmeßeinrichtungen (5) zur Bestimmung der Walzkräfte auf der gegenüberliegenden Seite des Walzspaltes herangezogen werden, und daß unter Einbeziehung der über die Drücke in den Verschiebezylindern (7) der Arbeitswalzen (6) bestimmbaren Arbeitswalzen-Axialkräfte (T) sämtliche Axialkräfte im Gerüst während des Walzbetriebes rechnerisch bestimmt werden und aus den gemessenen und errechneten Axialkräften (T) der Walzen Korrekturwerte für die Walzkraftanzeigen (F) in den beiden Walzenständen abgeleitet werden, um die Reaktionskräfte (R) der Axialkräfte (T) zu kompensieren, wobei die aus den Axialkräften (T) resultierenden Reaktionskräfte (R) in den beiden Walzenständen zugeordneten Dehnungen rechnerisch bestimmt und durch entsprechende Zustellung der hydraulischen Anstellungen (2) kompensiert werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,

daß aus den vier gemessenen Walzkräften (F_1 bis F_4) und den zwei gemessenen Axialkräften (T_2 , T_3) rechnerisch die aktuelle Außermittigkeit (x) der Walzkraft (F_w) bestimmt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2,
dadurch gekennzeichnet,

daß die errechnete Außermittigkeit (x) der Walzkraft (F_w) bei der Kalibrierung des Walzgerüstes zum Parallelstellen der Walzen (1, 6) auf Null geregelt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,

daß bei Durchführung der automatischen Kalibrierung die sechs Meßwerte für Walzkräfte (F_1 bis F_4) und Axialkräfte (T_2 , T_3) nur während einer auf beiden Gerüstseiten ausgeführten gleichgerichteten Verstellbewegung aufgenommen werden.

5. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,

daß die gemessenen und errechneten Axialkräfte (T_1 bis T_4) und die Tangentialkraft (T_w) im Walzspalt zur Überwachung des Erhaltungszustandes kontinuierlich angezeigt werden.

6. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
 daß nach Kompensation der Walzkraftanzeigen (F_1 bis F_4) mit den aus den Axialkräften (T_1 bis T_4) errechneten Reaktionskräften (R) die verbleibende Differenz der Walzkraftanzeigen im oberen bzw. unteren Teil des Gerüsts zum Parallelstellen der Walzen auf Null geregelt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
 daß nach Kompensation der Walzkraftanzeigen (F_1 bis F_2) mit den aus den Axialkräften (T_1 bis T_4) errechneten Reaktionskräften (R) die verbleibende Differenz der Walzkraftanzeigen im oberen bzw. unteren Teil des Gerüsts zur kontinuierlichen Überwachung des Walzprozesses herangezogen wird.

Claims

1. Method for compensation for forces or force components (T) resulting from horizontal movements of the rolls in roll stands for the hot and cold rolling of flat products, equipped with working rolls (6) and with one or more backing rolls (1), with hydraulic adjusting devices (2) and with force measuring devices (5) on the oppositely disposed side of the roll gap and with hydraulic devices (7) for horizontal displacement of the working rolls (6), characterised in that the pressures in the two adjusting cylinders (2) are utilised for determination of the rolling forces (F) on one side of the roll gap and the indicated forces of the force measuring devices (5) are utilised for determination of the roll forces on the opposite side of the roll gap, and that with inclusion of the working roll axial forces (T) determinable by way of the pressures in the displacing cylinders (7) of the working rolls (6) all axial forces in the stand during the rolling operation are determined by computer and correction values for the rolling force indications (F) in the two roll stands are derived from the measured and computed axial forces (T) of the rolls in order to compensate for the reaction forces (R) of the axial forces (T), wherein the elongations associated with the reaction forces (R), which result from the axial forces (T), in the two roll stands are determined by computer and compensated for by corresponding setting of the hydraulic adjusting devices (2).
2. Method according to claim 1, characterised in that the actual eccentricity (x) of the rolling force (F_w) is determined from the four measured rolling forces (F_1 to F_4) and the two measured axial forces (T_2 , T_3).
3. Method according to claim 1 and claim 2, characterised in that the calculated eccentricity (x) of the rolling force (F_w) is regulated to zero during the calibration of the roll stand for the parallel setting of the rolls (1, 6).
4. Method according to claim 3, characterised in that in the performance of the automatic calibration the six measurement values for rolling forces (F_1 to F_4) and axial forces (T_2 , T_3) are picked up only during an identically oriented adjusting movement carried out to both sides of the stand.
5. Method according to claim 1, characterised in that the measured and calculated axial forces (T_1 to T_4) and the tangential force (T_w) in the roll gap are continuously indicated for monitoring of the maintenance state.
6. Method according to claim 1, characterised in that after compensation of the rolling force indications (F_1 to F_4) by the reaction forces (R) computed from the axial forces (T_1 to T_4) the remaining difference of the rolling force indications in the upper and lower part of the stand is regulated to zero for the parallel setting of the rolls.
7. Method according to claim 1, characterised in that after compensation of the rolling force indications (F_1 to F_4) by the reaction forces (R) computed from the axial forces (T_1 to T_4) the remaining difference of the rolling force indications in the upper and lower part of the stand is drawn upon for continuous monitoring of the rolling process.

Revendications

1. Procédé pour compenser des forces ou des parts de forces (T) résultant de mouvements horizontaux des cylindres dans des cages de laminage pour le laminage à chaud et à froid de produits plats, équipées de cylindres de travail (6) et d'un ou de plusieurs cylindres d'appui (1), de dispositifs de positionnement hydrauliques (2) et de dispositifs de mesure de forces (5) sur le côté opposé de l'emprise de laminage et de dispositifs hydrauliques (7) pour le déplacement horizontal des cylindres de travail (6), caractérisé en ce que l'on a recours aux pressions dans les

deux vérins de positionnement (2) pour déterminer les forces de laminage (F) sur un côté de l'emprise, et aux forces affichées par les dispositifs de mesure de forces (5) pour déterminer les forces de laminage sur le côté opposé de l'emprise, et en ce qu'en prenant en compte les forces axiales (T) des cylindres de travail (6), déterminées via les pressions dans les vérins de déplacement (7) des cylindres de travail (6), on détermine par calcul toutes les forces axiales dans la cage pendant le fonctionnement des cylindres, et en ce qu'à partir des forces axiales (T) mesurées et calculées des cylindres, on en déduit des valeurs de correction pour les affichages de force de laminage (F) dans les deux montants, afin de compenser les forces de réaction (R) des forces axiales (T), dans lequel on détermine par calcul les allongements associés aux forces de réaction (R) résultant des forces axiales (T) dans les deux montants, et on les compense par un positionnement correspondant des deux dispositifs de positionnement hydrauliques (2).

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on détermine par calcul l'excentricité actuelle (x) de la force de laminage (Fw) à partir des quatre forces de laminage mesurées (F_1 à F_4) et à partir des deux forces axiales mesurées (T_2 , T_3).

3. Procédé selon les revendications 1 et 2, caractérisé en ce que lors du calibrage de la cage de laminoir pour mettre en parallèle les cylindres (1, 6), on règle à zéro l'excentricité calculée (x) de la force de laminage (Fw).

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'on prend en compte les six valeurs mesurées pour les forces de laminage (F_1 à F_4) et pour les forces axiales (T_2 , T_3) uniquement pendant des mouvements de déplacement dirigés dans le même sens et effectués sur les deux côtés de la cage lors de l'exécution du calibrage automatique.

5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les forces axiales mesurées et calculées (T_1 à T_4) et la force tangentielle (Tw) dans l'emprise sont affichées en continu pour surveiller l'état de maintien.

6. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'après compensation des affichages de forces de laminage (F_1 à F_4) par les forces de réaction (R) calculées à partir des forces axiales (T_1 à T_4), on règle à zéro la différence restante des affichages de forces de laminage dans la partie supérieure ou inférieure de la cage, pour mettre en parallèle les cylindres.

7. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'après compensation des affichages de forces de laminage (F_1 à F_4) par les forces de réaction (R) calculées à partir des forces axiales (T_1 à T_4), on a recours à la différence restante des affichages de forces de laminage dans la partie supérieure ou inférieure de la cage, pour surveiller en continu le processus de laminage.

FIG. 1

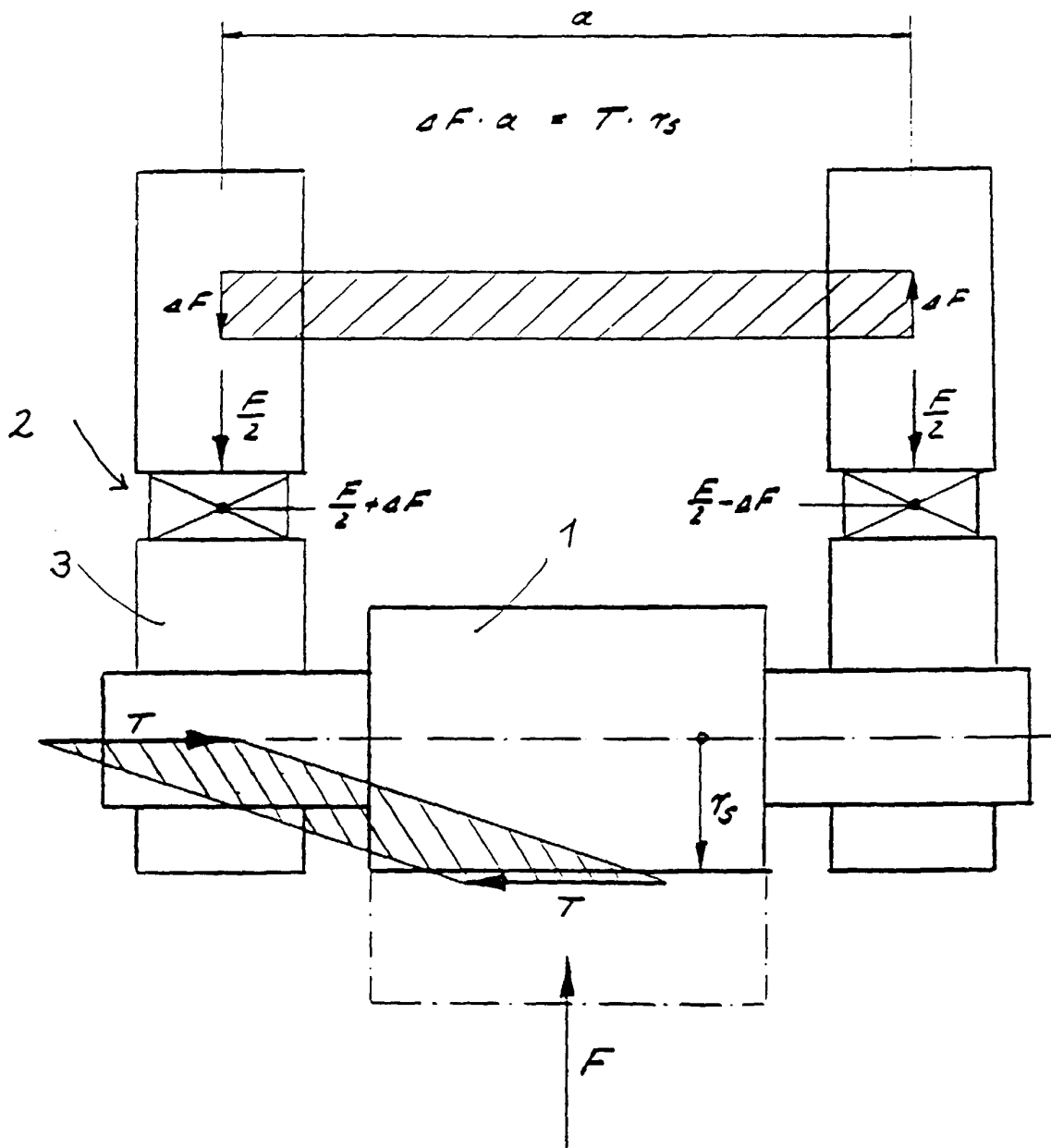


FIG. 2

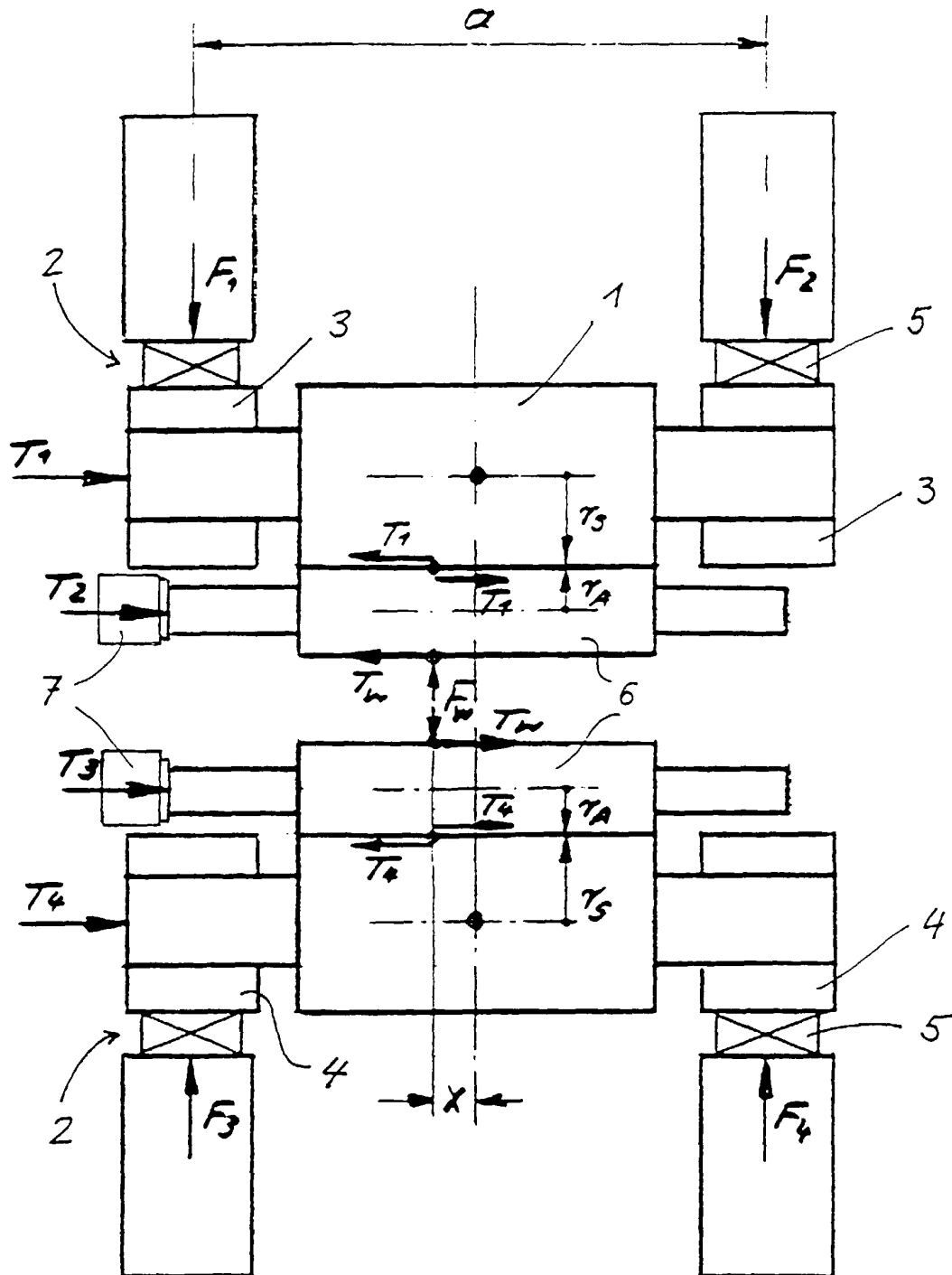


FIG 3

Eliminieren von T_w durch
Addition von GL (3) und GL (6), und mit GL (4)

$$2 F_w X + (F_2 - F_1 + F_4 - F_3) \cdot \frac{1}{2} a - (T_2 + T_3) \cdot (r_A + r_S) = 0$$

$$X = \frac{[(F_1 - F_2) + (F_3 - F_4)] \cdot \frac{1}{2} a + (T_2 + T_3) \cdot (r_A + r_S)}{2 \cdot (F_3 + F_4)} \quad \text{GL (7)}$$

Eliminieren von X durch
Subtraktion GL (6) von GL (3)

$$(F_2 - F_1 - F_4 + F_3) \cdot \frac{1}{2} a + (T_3 - T_2) (r_A + r_S) + 2 \cdot T_w \cdot (2 \cdot r_A + r_S) = 0$$

$$T_w = \frac{[(F_1 - F_2) - (F_3 - F_4)] \cdot \frac{1}{2} a + (T_2 - T_3) (r_A + r_S)}{2 \cdot (2 r_A + r_S)} \quad \text{GL (8)}$$

Aus GL (2) und GL (8)

$$T_1 = T_w - T_2$$

$$T_1 = \frac{[(F_1 - F_2) - (F_3 - F_4)] \cdot \frac{1}{2} a - T_2 (3 \cdot r_A + r_S) - T_3 \cdot (r_A + r_S)}{2 \cdot (2 r_A + r_S)} \quad \text{GL (9)}$$

Aus GL (5) und GL (8)

$$T_4 = - T_w - T_3$$

$$T_4 = \frac{[(F_3 - F_4) - (F_1 - F_2)] \cdot \frac{1}{2} a - T_3 (3 \cdot r_A + r_S) - T_2 (r_A + r_S)}{2 \cdot (2 r_A + r_S)} \quad \text{GL (10)}$$

FIG 4

1. Reaktionskräfte aus den Axialkräften

$$R_{i,K} \quad i = \text{Meßort} \quad (F_1, F_2, F_3, F_4)$$

$$K = \text{Walze} \quad (T_1, T_2, T_3, T_4)$$

$$R_{1,1} = + T_1 \cdot \frac{2 \cdot r_A + r_S}{a}$$

$$R_{2,1} = - T_1 \cdot \frac{2 \cdot r_A + r_S}{a}$$

$$R_{1,2} = + T_2 \cdot \frac{r_A}{a}$$

$$R_{2,2} = - T_2 \cdot \frac{r_A}{a}$$

$$R_{3,3} = + T_3 \cdot \frac{r_A}{a}$$

$$R_{4,3} = - T_3 \cdot \frac{r_A}{a}$$

$$R_{3,4} = + T_4 \cdot \frac{2 \cdot r_A + r_S}{a}$$

$$R_{4,4} = - T_4 \cdot \frac{2 \cdot r_A + r_S}{a}$$

Summe aus den Einzelkräften

$$R_1 = + \frac{T_1 \cdot (2 \cdot r_A + r_S) + T_2 \cdot r_A}{a}$$

$$R_2 = - \frac{T_1 \cdot (2 \cdot r_A + r_S) + T_2 \cdot r_A}{a}$$

$$R_3 = + \frac{T_4 \cdot (2 \cdot r_A + r_S) + T_3 \cdot r_A}{a}$$

$$R_4 = - \frac{T_4 \cdot (2 \cdot r_A + r_S) + T_3 \cdot r_A}{a}$$

2. Reaktionskräfte aus Außermittigkeit X

$$R_{1,X} = + F_W \cdot x/a$$

$$R_{2,X} = - F_W \cdot x/a$$

$$R_{3,X} = + F_W \cdot x/a$$

$$R_{4,X} = - F_W \cdot x/a$$

FIG 5

Beispiel

$r_A = 0,6 \text{ m}$	$r_S = 0,7 \text{ m}$	$a = 2,8 \text{ m}$
$F_1 = 11,929 \text{ MN}$	$F_2 = 8,071 \text{ MN}$	$F_W = 20 \text{ MN}$
$F_3 = 11,125 \text{ MN}$	$F_4 = 8,875 \text{ MN}$	$F_W = 20 \text{ MN}$
$T_2 = - 1,0 \text{ MN}$	$T_3 = 0,5 \text{ MN}$	

Nach GL (7)	$X = 0,2 \text{ m}$
nach GL (8)	$T_W = 0,200 \text{ MN}$
nach GL (9)	$T_1 = 1,200 \text{ MN}$
nach GL (10)	$T_4 = - 0,700 \text{ MN}$

<u>Probe:</u>	GL (1) $\rightarrow 0$
	GL (2) $\rightarrow 0$
	GL (3) $\rightarrow 0$
	GL (4) $\rightarrow 0$
	GL (5) $\rightarrow 0$
	GL (6) $\rightarrow 0$

Reaktion auf Axialkraft	$R_1 = + 0,500 \text{ MN}$	$R_2 = - 0,500 \text{ MN}$
	$R_3 = - 0,304 \text{ MN}$	$R_4 = + 0,304 \text{ MN}$

Reaktion auf Außermitteigkeit	$R_{1,x} = + 1,429 \text{ MN}$	$R_{2,x} = - 1,429 \text{ MN}$
	$R_{3,x} = + 1,429 \text{ MN}$	$R_{4,x} = - 1,429 \text{ MN}$