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

(11) Veröffentlichungsnummer: **0 182 062**
B1

(12) # EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag der Patentschrift: **30.08.89**

(51) Int. Cl.⁴: **B21D 1/02**, B21B 37/04

(21) Anmeldenummer: **85112714.2**

(22) Anmeldetag: **08.10.85**

(54) **Stützwalzenverstellung für Richtmaschinen.**

(30) Priorität: **16.10.84 DE 3437777**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.05.86 Patentblatt 86/22

(45) Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
30.08.89 Patentblatt 89/35

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH FR GB IT LI LU NL SE

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 035 009
DE-A- 1 934 496
DE-A- 3 308 616

(73) Patentinhaber: **Fr.W. SCHNUTZ GMBH & CO., Siegstrasse, D-5900 Siegen-Weidenau(DE)**

(72) Erfinder: **Petri, Otto, Dr. Ing., Rosa-Achenbachstrasse 6, D-5900 Siegen Weidenau(DE)**
Erfinder: **Baeumer, Werner, Am Friedrich-Flender-Platz 4a, D-5900 Siegen Weidenau(DE)**
Erfinder: **Ohrendorf, Dieter, Hirtenkamp 10, D-5900 Siegen(DE)**

(74) Vertreter: **Hofmann, Hans Walter, Dr., Hauptstrasse 38, D-6549 Tiefenbach(DE)**

EP 0 182 062 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt 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).

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Stützwalzenverstellung von N Stützwalzen je Richtwalze bei Richtmaschinen zum Richten von Bändern und Blechen im Durchlauf, die in Laufrichtung des Richtgutes hintereinanderliegende Zuge von Richtwalzen und von Komplementärwalzen aufweisen, gegen die die Richtwalzen anstellbar sind.

Beim Walzen, Wickeln und Schneiden von Bändern und Blechen entstehen bekanntlich Planheitsfehler, die bei den stetig angestiegenen Forderungen an die Qualität der aus solchen Tafeln gefertigten Endprodukte -man denke beispielsweise an Dekorbleche, an Fahrzeugkarosserien oder Waggonwände, Schiff-und Flugzeugbeplankungen- nicht mehr tragbar sind.

Es ist deshalb seit langem bekannt, die Bänder und Bleche, beispielsweise nach dem Schneiden vom Coil, einem Richtvorgang zu unterwerfen, der die Planheit wiederherstellt. Dabei werden sowohl die abwickelbaren (zweidimensionalen) als auch die nichtabwickelbaren (dreidimensionalen) Krümmungen beseitigt.

Die dreidimensionalen Krümmungen, die meist beim Walzvorgang durch unterschiedliches Auslängen der Fasern des Walzbandes entstehen, erfordern dabei den grösseren maschinellen Richtaufwand.

Er besteht darin, dass die Richtwalzen (beziehungsweise die jeweiligen durch die hintereinanderliegenden Richtwalzen gebildeten "Richtwalzenzüge") über ihre effektive Länge hinweg – die etwas mehr als die Breite des Richtgutes betragen muss – unterschiedlich tief zwischen die komplementären Richtwalzen eingetaucht werden. Dadurch wird das Richtgut an den Positionen grösserer Eintauchtiefe gegenüber den dazu parallelen Fasern gestreckt. Es gelingt damit, die Faserlängen aufeinander anzugleichen. Damit können alle Planfehler behoben werden.

Um über die effektive Länge der Richtwalzen hinweg verschiedene Eintauchtiefen zwischen den Komplementärwalzen zu erreichen, müssen die Richtwalzen elastisch durchgebogen werden.

Wie beispielsweise aus der DE-OS 1 934 496 bekannt, werden dazu die die Richtwalzen stützenden Stützwalzen herangezogen. Diese Stützwalzen sind über die effektive Länge der Richtwalze hinweg angeordnet – je nach Breite zwischen 3 und etwa 13 Stützwalzen –, und stützen die Richtwalze gegen den durch das Richtgut ausgeübten Druck ab.

Liegen alle Stützwalzen auf der Stützwalzenflucht – eine zur Stützwalze parallele, die Richtwalze und die Stützwalzen tangierende Gerade –, dann ist auch die Richtwalze ein gerader Balken.

Wird die Anstellung einer der Stützwalzen jedoch über die Stützwalzenflucht hinaus erhöht, dann wird die Richtwalze erwartungsgemäss elastisch durchgebogen, dadurch die Eintauchtiefe zwischen die komplementären Richtwlazen und damit wiederum die Streckung des Richtgutes in dieser Faser erhöht.

Ein Nachteil dieser Anordnung ergit sich dadurch, dass nicht nur die Verstellung der überangestellten Stützwalze, sondern auch die Nachstellung der benachbarten Stützwalzen während des Laufes der Richtmaschine vorgenommen werden muss. Dazu werden, wie beispielsweise der DE-A 3 308 616 entnommen werden kann, elektronische Programmspeicher und Rechner als Hilfsmittel zur Steuerung verwendet, und es werden auch Steuermittel und Verstellmittel gemäss EP-A 0 035 009 eingesetzt.

Das Kriterium für die Verstellung und für die Nachstellung ist "bestes Richtergebnis" am Richtgut.

Jeder dieser Einstellvorgänge erfordert eine relativ grosse Länge von Richtgut. Ist zunächst die Einstellung der überangestellten Stützwalze, sodann die Nachstellung der Nachbarwalzen gefunden, kann das bis dahin "verbrauchte" Richtgut mit der schliesslich gefundenen Einstellung nicht nachgerichtet werden, weil sich die Richtbedingungen gerade für dieses Blech vollständig geändert haben.

Um diesem Nachteil abzuhelfen, werden nach der Erfindung K beliebige, vorgebende Stützwalzen frei über die Stützwalzenflucht hinaus angestellt und die Nachstellungen der N – K freien Stützwalzen erfolgen selbsttätig "auf Anlage" aller Stützwalzen an der Richtwalze aufgrund der simultanen Berechnung

mit	V/	=	Mehrdimensionaler Vektor der Stützwalzenverstellung
	/A/	=	Matrix der Einflusszahlen
	P/	=	Mehrdimensionaler Vektor der Stützkräfte
	F/	=	Mehrdimensionaler Vektor derRichtlast

aller Stützwalzenhöhen mittels steuerbarer Verstellmittel.

Der Vorteil der Erfindung liegt darin, dass nunmehr die vorgebenden Stützwalzen beliebig auf ein optimales Richtergebnis hin anstellbar sind und dass die freien Stützwalzen nach Berechnung der Anstellhöhen aus der die Verformung der Richtwalze beschreibenden Funktion selbsttätig derart nachgestellt werden, dass sie sicher an der Richtwalze anliegen. Dadurch entfällt die Beachtung und das Korriegieren des auf jede Verstellung folgenden Betriebszustandes durch das Bedienungspersonal. Die Abhängigkeit von der individuellen Geschicklichkeit des jeweiligen Bedieners ist dadurch wesentlich verringert.

Die definierte Nachstellung der freien Stützwalzen auf Anlage an der Richtwalze ist aber auch eine wesentliche Verbesserung der Richtfähigkeit einer Richtmaschine.

Weil nämlich die Lastverteilung über die Richtwalze vom Zustand des Richtgutes abhängt, die Lastver-

teilung aber die Verformung der Richtwalze bestimmt, kann die Einstellung der vorgebenden Stützwalzen allein (bei nichtanliegenden freien Stützwalzen) die tatsächliche Biegung der Richtwalze nicht für alle Betriebszustände festlegen. Vielmehr führen die Wechsel in der Lastverteilung über der Richtwalze durch wechselnde Planheitsfehler des Richtgutes zu wechselnden Verformungen der Richtwalze und damit zu wechselnden Streckungen des Richtgutes. Dadurch wird die Wirkung einer Verstellung auf das Richtgut vieldeutig, was die Heranbildung von Bedienungspersonal wesentlich erschwert.

Bei Anordnungen nach der Erfindung hingegen wird der Verformungszustand durch die Einstellung der K vorgebenden Stützwalzen bestimmt und bleibt bei jeder Lastverteilung erhalten, weil die nachgestellten freien Stützwalzen jede Lastveränderung durch reaktive Stützkraftänderungen abfangen. Die Verformung der Richtwalze bleibt dann im wesentlichen unverändert.

Damit ist vor allem auch die Möglichkeit eröffnet, das Richten von Blechen und Bändern auch innerhalb von selbsttätigen, rückgekoppelten Regelungen vorzunehmen, da sich die Nachstellung der freien Stützrollen wegen ihrer Ableitung aus den Anstellungen der vorgebenden Stützrollen nicht aufschaukeln kann.

Die Nachstellung der freien Stützrollen kann nicht im einzelnen sondern nur simultan, also für alle Stützrollen gleichzeitig, bestimmt werden. Das simultane Gleichungssystem hat die folgende, in Vektordarstellung einfache Form:

(1)

$$V/(f(x1), f(x2) \ldots f(xi)) = /Aii/ * P/(px1), p(x2) \ldots p(xi) + F/(x1 \ldots xi)$$

mit	**V/**	**=**	**i-dimensionaler Vektor aus den Auslenkungen f bei xi**
	P/	**=**	**i-dimensionaler Vektor aus den Stützkräften p bei xi**
	F/	**=**	**Lastverteilung über der Richtwalze**
	f(xi)	**=**	**Auslenkung der Stützwalze bei Position xi**
	p(xi)	**=**	**Stützkräfte bei Position xi**
	/Aii/	**=**	**quadratische Matrix der Einflusszahlen**

oder abekürzt

(2)

$$V/(f1, f2 \ldots fi) = /A/ * P/(p1, p2 \ldots pi) + F/(i)$$

$$V/ = /A/ * P/ + F/$$

Nach den beispielsweise angenommenen Verstellungen v1 = f1, vi = fi wird daraus:

(3)

$$V/(f1, v2, \ldots vk, fi) = /A/ * P/(v1, v2 \ldots vk, vi) + F/(i)$$

mit	**P/(v1..vi)**	**=**	**P/(v(x1)..v(xi)) = P/(p1..pi)**
	pi = pi(v(xi))	**=**	**durch die geänderte Auslenkung v(xi) veränderte Stützkraft pi**
	vi	**=**	**gegenüber vorher geänderte Auslenkung**

Durch Auflösung des Systems nach P lassen sich nach den vorgenommenen Verschiebungen die neuen Stützkräfte bestimmen. Es sind:

(4)

$$P/ = /A/exp{-}1 * (V/(f1, v2 \ldots vk, fi) - F/(i))$$

mit /A/exp–1 = Kehrmatrix

diese neuen Stützkräfte.

Im allgemeinen Fall werden dabei negative Stützkräfte auftreten.

Ein solcher Fall stellt jedoch eine unbestimmte Arbeitsbedingung für die Richtmaschine dar, weil negative Stützkräfte anzeigen, dass die betroffene Stützrolle nicht im Eingriff mit der Richtwalze steht. Bei nichtanliegenden Stützrollen wird aber, wie bereits dargelegt, die wirksame Stützwalzenhöhe lastabhängig, was ja gerade verhindert werden soll.

Dieser Betriebszustand wird dadurch beendet, dass jetzt die Stützkraft an diesen Stellen willkürlich Null gesetzt wird oder einen bestimmten Wert grösser Null erhält. Der damit aus dem Vektor P(v1, v2, . vk., vi) mit negativen Komponenten entstandene neue Vektor P(v1, o2.ok., vi) wird zur Neubestimmung des Verstellvektors V(v1, v2 . . . vi) verwendet, wobei die zuvor verstellten Komponenten v2, vk festgehalten werden. Es ist damit:

(5)

$$V/(v1 \ldots vi) = /A/ * P/(v1, o2.ok., vi) + F/(i)$$

mit

mit	P/(v1,o2.ok.,vi)	=	P/(v(x1),o(x2).o(xk).,v(xi)) = P/(p1..pi)
	pi	=	pi(o(xi)) = 0 = gewillkürte Stützlast 0

Mit diesem Satz von Stützrollenpositionen wird vermittels Gleichung (4) erneut überprüft, ob negative Lasten vorhanden sind.

Ist dies der Fall, erfolgt wiederum die Nullsetzung dieser Lasten und die anschliessende Berechnung eines neuen Satzes von Stützlasten solange, bis keine negativen Stützlasten mehr auftreten. Die Gleichungen (4) und (5) müssen deshalb im allgemeinen mehrmals angewendet werden.

Die Suche nach solchen Sätzen von Stützrollenpositionen, die keine negativen Stützlasten enthalten, wird dadurch vereinfacht, dass die ursprünglich erstmals verstellten Stützrollen während der folgenden Operationen unverändert belassen werden. Das liegt an der physikalischen Ausgangslage: Da die Verstellung gerade dort erfolgt war, wo ein Planheitsfehler im Richtgut vorlag, dürfen nur noch die freien Stützwalzen auf Anlage an die Richtwalze gebracht werden.

Die Matrix /A/ entsteht durch Berechnung aus den jeweils vorliegenden Richtparametern: den Maschinenkonstanten, wie beispielsweise die Richtwalzenlänge, der Richtwalzendurchmesser, die Stützwalzenanzahl, der Stützwalzenabstand und den Konstanten des Richtgutes, wie die Blechdicke, die Blechbreite und die Streckgrenze.

Die Berechnung der der Matrix /A/ zugeordneten Kehrmatrix /A/*exp–1 erfordert Rechenzeit. Zur Erhöhung der Berechnungsgeschwindigkeit sind deshalb die Umkehrmatrizen in einem Speichermedium abgelegt. Sie stehen dann für jeden Rechengang unmittelbar zur Verfügung.

Die Nachstellung der freien Stützwalzen kann auch dadurch erfolgen, dass die Stützen der Stützwalzen mit Lastsensoren versehen sind, dass K vorgebende Stützwalzen frei über die Stützwalzenflucht hinaus angestellt werden, dass die Nachstellungen der N – K freien Stützwalzen nur solange erfolgt, wie die Verstellung der vorgebenden Stützwalzen andauert und dass alle N – K Lastsensoren eine positive Last anzeigen.

Bei einer solchen Vorrichtung kann der Nachführungsvorgang der freien Stützwalzen bei der "Aufwärtsregelung", also der Vergrösserung der Anstellung, unmittelbar und schnell erfolgen. Es muss jedoch dann auch beispielsweise die Regelung der Maschine suspendiert werden, wenn etwa das Ende des Richtgutes (beispielsweise bei Tafelrichtung) erreicht ist, damit die Regelung stabil bleibt. Es sind also zusätzliche Parameter zu überwachen und zu verarbeiten.

Die "Abwärtsregelung", also die Verringerung der Anstellung, erfolgt durch Rückstellung aller Stützwalzen unter Ähnlichkeitstransformation der Auslenkung aller Stützwalzen.

Es ist weiterhin besonders vorteilhaft, wenn die Anstellung der vorgebenden Stützwalzen in drei Abschnitten erfolgt, wobei im ersten Abschnitt während der Anstellung der vorgebenden Stützwalzen die Lastsensoren der freien Stützwalzen eine positive Last anzeigen, und die Nachstellung nur während der Verstellung der vorgebenden Stützwalzen erfolgt, dass im zweiten Abschnitt die Nachstellung der freien Stützwalzen aus der die Verformung der Richtwalze beschreibenden Funktion berechnet und durch die steuerbaren Verstellmittel nachgestellt ist und dass im dritten Abschnitt eine Abwärtsregelung unter Erhalt der relativen Stützwalzenhöhen erfolgt.

Regelkriterium kann dabei ein vorbestimmter Gesamtdruck zwischen Richtwalzen und Komplementärwalzen sein, der sich durch Aufsummieren der Lasten ergibt.

In einer besonders günstigen Ausbildung der Erfindung sind die Stützwalzen durch hydraulische Mittel betätigbar, weil damit rückgekoppelte Verstellungen der Stützwalzen besonders einfach sind. Insbesondere führt die Verwendung von hydraulisch betätigten Ziehkeilen zu einer robusten, den beim Richten von Blechen vorliegenden Betriebsbedingungen angepassten Anordnung.

In Weiterentwicklung der Erfindung ist diejenige Stützwalze eine vorgebende Stützwalze und selbsttätig angestellt, für die die durch N Sensoren an N Fasern des Richtgutes gemessenen Schwankungen des Richtgutes ein Minimum aufweisen, wobei der Betrag der Anstellung der Schwankung proportional ist, und die verbliebenen N – 1 Stützwalzen sind gemäss der Erfindung auf die vorgebende Stützwalze nachgestellt.

Der Vorteil dieser Vorrichtung liegt darin, dass nunmehr eine Regelung ermöglicht ist, die beispielsweise die vor dem Richtvorgang gemessene Schwankung des Richtgutes als Führungsgrösse, die nach dem Richtvorgang gemessene Schwankung als Regelgrösse verwendet.

Die Zeichnung, anhand derer die Erfindung näher erläutert wird, zeigt in

Fig. 1: Die schematische Darstellung von Richtwalzen und Komplementärwalzen.

Fig. 2: Die auf eine fünffach gestützte Richtwalze im Betriebszustand mit einer vorgebenden und vier freien Stützwalzen wirkenden Kräfte.

Beispiel Ia: Das allgemeine Rechenschema zur Berechnung der Matrix der Einflusszahlen für eine bestimmte, in den Koeffizienten festgelegten Maschinenkonfiguration.

Beispiel IIa: Die Simultanmatrix der Einflusszahlen für drei Stützwalzen.

Die Maschinenkonfiguration ist:

Richtwalzendurchmesser	45 mm
Lichtwalzenlagerdistanz	1000 mm
Zahl der Abstützungen	3
Stützmittendistanz	250 mm
Stützballenlänge	100 mm
Äquatoriales Trägheitsmoment	201 289 mm/exp4
Elastizitätsmodul	210 000 N/mm exp2

Beispiel IIb: Die Umkehrmatrizen der Simultanmatrix IIa.
Beispiel III: Beispielrechnung für einen Verstellvorgang.
Die Maschinenkonfiguration ist:

Richtwalzendurchmesser	d	=	45 mm
Äquatoriales Trägheitsmoment	I	=	201 289 mm exp4
Elastizitätsmodul	E	=	210 000 N/mm exp2
Richtwalzenlagerdistanz	L	=	1500 mm
Anzahl der Abstützungen	N	=	5
Stützmittendistanz	t	=	250 mm
Stützballenlänge	u	=	100 mm

In Fig. 1 stehen Richtwalzen 100, 101, 102 . . . den Komplementärwalzen . . . 1000, 1001 . . . gegenüber. Stützwalzenpaare 10001, 10002 . . . 1000N stützen die Richtwalze 100 ab. Die Stützwalzenpaare sind in Ausgangslage auf einer zur Achse der Richtwalze parallelen Stützwalzenflucht FL angeordnet.

Die Walzen 100, 101, 102 . . . bilden einen Richtwalzenzug, dessen Stützwalzen bei der Verstellung durch Anstellung der Stützwalzen jeweils gleich behandelt werden. Wird in der Folge von einer Walze gesprochen, ist deshalb jeweils der Walzenzug gemeint.

Wird danach eine der Stützwalzen (des Richtwalzenzuges) angestellt – also über die Stützwalzenflucht FL hinaus gehoben –, dann verbiegt sich die Richtwalze (der Richtwalzenzug) gemäss der Biegelinie, wenn die Richtwalze sonst kräftefrei ist.

Den Verlauf des Richtgutes R zwischen den Richtwalzen 100, 101, 102 . . . und den Komplementärwalzen 1000, 1001, 1011, 1021 . . . zeigt Fig. 1a. Der Richteffekt wird dadurch erreicht, dass – durch leichte Neigung der Richtwalzenebene gegen die Komplementärwalzenebene – das Richtgut zu Beginn des Vorganges im plastisch-elastischen Bereich gestreckt, von den nachfolgenden Richtwalzen sodann aber geglättet und in den elastischen Bereich geführt wird. Die dabei verwendeten Neigungswinkel in Längs- und Querrichtung werden dem jeweiligen Richtgut entsprechend eingestellt.

In Fig. 1b ist die Einzelrichtwalze 100 und ihre Biegung dargestellt. Die Auflager L1, L2 . . . die beispielsweise in bekannter Anordnung als hydraulisch betätigte Ziehkeile ausgebildet sein können, stützen die Stützwalzen 10001, 10002 . . . auf dem Maschinenrahmen 2000 ab. Dabei können Messdosen KS1, KS2 . . . beispielsweise piezoelektrische Messwandler vorgesehen sein, mit denen die aufliegenden Lasten gemessen werden können.

Fig. 2 zeigt als schematisierte Form von Fig. 1b eine Abwandlung für den Fall von fünf Stützwalzen. Die Stützwalze 10002 ist in diesem Beispiel vorgebende, die Stützwalzen 10001, 10003, 10004, 10005 sind freie Stützwalzen.

Die Stützen stehen an den Positionen X1, X2 . . . Die Richtwalzenlagerdistanz ist LD. Die Stützwalzen 10001 . . . haben eine Ballenlänge von u und die Stützmittendistanz xi – xi + 1 ist t.

Die Lasten an den Stützen ST1, ST2 . . . sind mit P(v1) = P1, P(v2) = P2 . . . bezeichnet. Sie ergeben sich bei den Auslenkungen v1, v2 . . der Stützrollen als Reaktionskräfte. Die Auslenkungen werden mit Lagesensoren LS1, LS2 . . gemessen. Es können zusätzlich noch Lastmessdosen KS1, KS2 . . . vorgesehen sein.

Eine gute erste Näherung an reale, an der Walze wirkende Kräfte ist die Annahme einer über die gesamte Ausdehnung der Walze gleichverteilten Last F(1) = F(2) = F(3) . ., die durch das Richtgut ausgeübt wird.

Mittels der in Beispiel I ausgeschriebenen Beziehung kann nunmehr aus den Parametern der Maschine und des Richtgutes die Matrix /Aii/ der Gleichung 1 berechnet werden. Dabei werden die beiden Arten der Stützlast, nämlich Lasten P > 0 und P < 0 durch die "Signumfunktionen" sig(i) in der angegebenen Weise beschrieben.

Eine solche Matrix /Aii/ ist (aus Gründen der Übersichtlichkeit für den Fall von drei Stützwalzen) in Beispiel IIa, IIb berechnet mit den dort angegebenen Parametern der Richtwalze.

Aus der Matrix /A/ in Beispiel IIa folgt die Umkehrmatrix /A/exp–1 von Beispiel IIb.

Die Matrix /A/ muss für jede Richtmaschine, jedes Richtgut und jede Lastverteilung F(i) neu gerechnet werden. Während des Richtvorganges ist sie jedoch (bei konstanten Lasten F(i)) unverändert.

Für den Fall einer Richtwalze mit 5 Stützwalzen wird nunmehr in Beispiel III ein Regelablauf für den Fall $K = 1$, $N - K = 4$ erläutert.

Die Einstellung der Vorrichtung erfolgt derart, dass die Messwerte der Lagesensoren LS1, LS2 . . . dem Rechner DV eingespeist sind, dass bei Verstellung der Stützen ST1, ST2 . . . die Verstellung ebenfalls bekannt wird und dadurch der Rechenvorgang ausgelöst wird, wobei die erforderlichen Matrizen und ihre Kehrwerte durch den Rechner DV aus dem Speicher MM eingelesen werden.

Sind Lastmessdosen KS1, KS2 . . . vorgesehen, dann kann ohne Berechnung von Matrizen bei der "Aufwärtsregelung", also bei der Höherverstellung der Richtwalzen, die Bedingung $P(i) < 0$ durch entsprechende Nachstellbefehle an die Verstellmittel Li der freien Stützwalzen eingehalten werden. Die Nachstellbefehle werden ausgelöst, wenn $P(i, t1) < P(i, t2)$, wenn also der zeitliche Differentialquotient positiv wird. Dabei darf jedoch die Nachstellung der freien Stützwalzen nur solange erfolgen, wie die Verstellung der vorgebenden Stützwalzen andauert, da sonst die normalen, betriebsbedingten Laständerungen ebenfalls Nachstellungen auslösen würden, was zur Instabilität der Vorrichtung führen würde.

Die "Abwärtsregelung", also die Verringerung der Eintauchtiefe der Richtwalze, kann immer derart erfolgen, dass die bei der "Aufwärtsregelung" gefundenen Positionierungen durch eine Ähnlichkeitstransformation verkleinert werden.

Rechenschema zur Berechnung der Matrix der Einflusszahlen im Gleichungssystem

$$f_k = \sum_{i=1}^{N} P_i \cdot a_{ik} - F \cdot b_k$$

Parameter:

F	=	Richtkraft
P_i	=	Stützkraft an der Stütze Nr. i
i, k	=	Zählnummern 1..N der Stützen, wobei N = Gesamtzahl der Stützen
f_k	=	Auslenkung der Stütze Nr. k

Für die Berechnung der Matrizenelemente a_{ik} gilt

$$\begin{aligned} 12 \cdot E \cdot I \cdot a_{ik} = {} & 4 \cdot (L - x_i) \cdot x_k \cdot L \\ & -2 \cdot (L - x_i) \cdot (x_k - u/2)^3 / L \\ & -2 \cdot (L - x_i) \cdot (x_k + u/2)^3 / L \\ & -2 \cdot (L - x_i - u/2)^3 \cdot x_k / L \\ & -2 \cdot (L - x_i + u/2)^3 \cdot x_k / L \\ & +2 \cdot sig_1 \cdot (x_k - x_i)^3 \\ & + sig_2 \cdot (x_k - x_i - u)^3 \\ & + sig_3 \cdot (x_k - x_i + u)^3 \end{aligned}$$

mit den Parametern:

E	=	Elastizitätsmodul des Richtwalzen-Werkstoffes
I	=	Äquatoriales Trägheitsmoment der Richtwalze
L	=	Auflagerdistanz der Richtwalze
x_i, x_k	=	Koordinatenpunkte der Stützmitten, gekennzeichnet durch die Zählnummern i, k
u	=	Traglänge einer Stützwalze

Signumwerte der abschnittweise definierten Funktion:

sig_1	=	0, wenn	$(x_k - x_l) \leq 0$
sig_1	=	1, wenn	$(x_k - x_l) > 0$
sig_2	=	0, wenn	$(x_k - x_l - u) \leq 0$
sig_2	=	1, wenn	$(x_k - x_l - u) > 0$
sig_3	=	0, wenn	$(x_k - x_l + u) \leq 0$
sig_3	=	1, wenn	$(x_k - x_l + u) > 0$

Die Einflusswerte b_k errechnen sich aus

$$
\begin{aligned}
48 \cdot E \cdot I \cdot b_k = {} & 4 \cdot (2L - 1 - 2c) \cdot x_k \cdot L \\
& -2 \cdot (2L - 1 - 2c) \cdot (x_k - u/2)^3 / L \\
& -2 \cdot (2L - 1 - 2c) \cdot (x_k + u/2)^3 / L \\
& -2 \cdot (L - c)^4 \cdot x_k / L/1 \\
& +2 \cdot (L - 1 - c)^4 \cdot x_k / L/1 \\
& +sig_4 \cdot (x_k - c - u/2)^4/1 \\
& +sig_5 \cdot (x_k - c + u/2)^4/1 \\
& -sig_6 \cdot (x_k - c - 1 - u/2)^4/1 \\
& -sig_7 \cdot (x_k - c - 1 + u/2)^4/1
\end{aligned}
$$

mit den weiteren Parametern:
1 = Breite des Richtgutes,
c = Randabstand des Richtgutes vom Koordinaten-Nullpunkt,
Signumwerte der abschnittweise definierten Funktion:

sig_4	=	0, wenn	$(x_k - c - u/2) \leq 0$
sig_4	=	1, wenn	$(x_k - c - u/2) > 0$
sig_5	=	0, wenn	$(x_k - c + u/2) \leq 0$
sig_5	=	1, wenn	$(x_k - c + u/2) > 0$
sig_6	=	0, wenn	$(x_k - c - 1 - u/2) \leq 0$
sig_6	=	1, wenn	$(x_k - c - 1 - u/2) > 0$
sig_7	=	0, wenn	$(x_k - c - 1 + u/2) \leq 0$
sig_7	=	1, wenn	$(x_k - c - 1 + u/2) > 0$

Matrixwerte a_{ik} für die Konfiguration	
Richtwalzendurchmesser	45 mm
Richtwalzenlagerdistanz	1000 mm
Zahl der Abstützungen	3
Stützmittendistanz	250 mm
Stützballenlänge	100 mm
Äquatoriales Trägheitsmoment	201 289 mm exp4
Elastizitätsmodul	210 000 N/mm exp2

Matrizenelement a_{ik} obiger Konfiguration

	a/i,1/	a/i,2/	a/1,3/
a/1,k/	0,000267	0,000331	0,000212
a/2,k/	0,000331	0,000479	0,000331
a/3,k/	0,000212	0,000331	0,000267

Koeffizienten-Kehrmatrix Nr. 1

	aa/i,1/	aa/i,2/	aa/i,3/
aa/1,k/	33544,086	–33882,484	15428,064
aa/2,k/	–33882,484	48972,164	–33882,484
aa/3,k/	15428,064	–33882,484	33544,086

Beispielrechnung für eine Abstützungsverstellung

1. Konfiguration

Richtwalzendurchmesser	d	=	45 mm
Äquatoriales Trägheitsmoment	I	=	201 289 mm^4
Elastizitätsmodul	E	=	210 000 N/mm^2
Richtwalzenlagerdistanz	LD	=	1500 mm
Anzahl der Abstützungen	N	=	5
Stützmittendistanz	t	=	250 mm
Stützballenlänge	u	=	100 mm

Matrizenelemente a_{ik} der Konfiguration

	a/i,1/	a/i,2/	a/i,3/	a/i,4/	a/i,5/
a/1,k/	0,000502	0,000770	0,000793	0,000632	0,000347
a/2,k/	0,000770	0,001296	0,001402	0,001140	0,000632
a/3,k/	0,000793	0,001402	0,001642	0,001402	0,000793
a/4,k/	0,000632	0,001140	0,001402	0,001296	0,000770
a/5,k/	0,000347	0,000632	0,000793	0,000770	0,000502

2. Richtkraft	F	=	40 000 N
Breite des Richtgutes	l	=	1500 mm
Randabstand des Richtgutes vom Koordinaten-Nullpunkt	c	=	0

Einflusszahlen b_k	Werte $f \cdot b_k$
$b_1 = 0{,}000523$	$F \cdot b_1 = 20{,}92$
$b_2 = 0{,}000899$	$F \cdot b_2 = 35{,}96$
$b_3 = 0{,}001034$	$F \cdot b_3 = 41{,}36$
$b_4 = 0{,}000899$	$F \cdot b_4 = 35{,}96$
$b_5 = 0{,}000523$	$F \cdot b_5 = 20{,}92$

3. Stützenstellungen f_k (Ausgangswerte)

	f_1 0,3 mm	f_2 0,6 mm	f_3 0,5 mm	f_4 0,4 mm	f_5 0,3 mm
	$f_1 + F \cdot b_1 = 21{,}22$	$f_2 + F \cdot b_2 = 36{,}56$	$f3 + F \cdot b_3 =$ 41,86	$f4 + F \cdot b_4 =$ 36,36	$f_5 + F \cdot b_5 = 21{,}22$

Koeffizienten-Kehrmatrix

	aa/i,1/	aa/i,2/	aa/i,3/	aa/i,4/	aa/i,5/
aa/1,k/	33783,594	–34645,375	17618,434	–6211,101	1950,594
aa/2,k/	–34645,379	51402,188	–40856,852	19569,326	–6211,103
aa/3,k/	17618,439	–40856,852	53353,277	–40856,852	17618,439
aa/4,k/	–6211,103	19569,326	–40856,852	51402,188	–34645,379
aa/5,k/	1950,594	–6211,101	17618,434	–34645,375	33783,594

Berechnung der Stützkräfte P_l

Rechenschema:

$$P_1 = (f_1 + F \cdot b_1) \cdot aa/1,1/ + (f_2 + F \cdot b_2) \cdot aa/1,2/ + (f_3 + F \cdot b_3) \cdot aa/1,3/ + (f_4 + F \cdot b_4) \cdot aa/1,4/ + (f_5 + F \cdot b_5) \cdot aa/1,5/$$

$$P_2 = (f_1 + F \cdot b_1) \cdot aa/2,1/ + (f_2 + F \cdot b_2) \cdot aa/2,2/ + (f_3 + F \cdot b_3) \cdot aa/2,3/ + (f_4 + F \cdot b_4) \cdot aa/2,4/ + (f_5 + F \cdot b_5) \cdot aa/2,5/$$

....

$$P_5 = (f_1 + F \cdot b_1) \cdot aa/5,1/ + (f_2 + F \cdot b_2) \cdot aa/5,2/ + (f_3 + F \cdot b_3) \cdot aa/5,3/ + (f_4 + F \cdot b_4) \cdot aa/5,4/ + (f_5 + F \cdot b_5) \cdot aa/5,5/$$

Ergebnis:

P_1	= 3317 N	Sämtliche Stützkräfte P_l sind ≥ 0. Es handelt sich um ein definitionsgemäß abgeglichenes Stellungssystem.
P_2	= 13562 N	
P_3	= 1813 N	
P_4	= 7196 N	
P_5	= 9003 N	

4. Abstützungsverstellung (Beispiel)

4.1 In dem Stützenstellungs-System gem. 3.) wird die Stütze Nr. 2 verstellt und in die Stellung f_2 = 1,0 mm gebracht.

	f_1 0,3 mm	f_2 1,0 mm	f_3 0,5 mm	f_4 0,4 mm	f_5 0,3 mm
	$f_1 + F \cdot b_1 = 21{,}22$	$f_2 + F \cdot b_2 = 36{,}96$	$f3 + F \cdot b_3 =$ 41,86	$f4 + F \cdot b_4 =$ 36,36	$f_5 + F \cdot b_5 = 21{,}22$

Koeffizienten-Kehrmatrix

	aa/i,1/	aa/i,2/	aa/i,3/	aa/i,4/	aa/i,5/
aa/1,k/	33783,594	–34645,375	17618,434	–6211,101	1950,594
aa/2,k/	–34645,379	51402,188	–40856,852	19569,326	–6211,103
aa/3,k/	17618,439	–40856,852	53353,277	–40856,852	17618,439
aa/4,k/	–6211,103	19569,326	–40856,852	51402,188	–34645,379
aa/5,k/	1950,594	–6211,101	17618,434	–34645,375	33783,594

Berechnung der Stützkräfte P_l (Rechenschema siehe 3.)

Ergebnis:

P_1	=	–10542 N	An den Stützen Nr. 1 und Nr. 3 haben sich negative Lastwerte ergeben. Es muß daher $P_1 = 0$ und $P_3 = 0$ gesetzt werden. Simultan mit der Ermittlung zugehöriger Stellungswerte für die Stützen Nr. 1 und Nr. 3 sind die übrigen Stützkräfte neu zu berechnen.
P_2	=	34123 N	
P_3	=	–14530 N	
P_4	=	15023N	
P_5	=	6519 N	

4.2 Rechengang zur Ermittlung neuer Stützstellungswerte und Stützkräfte

		$f_2 = 1{,}0$ mm		$f_4 = 0{,}4$ mm	$f_5 = 0{,}3$ mm
	$p_1 = 0$	$f_2 + F \cdot b_2 = 36{,}96$	$P3 = 0$	$f4 + F \cdot b_4 = 46{,}46$	$f_5 + F \cdot b_5 = 21{,}22$
	Koeffizienten-Kehrmatrix				
	aa/i,1/	.aa/i,2/	aa/i,3/	aa/i,4/	aa/i,5/
aa/1,k/	–1,000	0,756	0,0	–0,260	0,138
aa/2,k/	0,0	4114,033	0,0	–6210,768	4355,377
aa/3,k/	0,0	0,516	–1,000	0,852	–0,376
aa/4,k/	0,0	–6210,768	0,0	18219,316	–20146,656
aa/5,k/	0,0	4355,377	0,0	–20146,656	27430,748

Rechenschema:

$$
\begin{aligned}
(f'_1 + F \cdot b_1) &= P_1 \cdot aa/1,1/ + (f_2 + F \cdot b_2) \cdot aa/1,2/ \\
&\quad + P_3 \cdot aa/1,3/ + (f_4 + F \cdot b_4) \cdot aa/1,4/ \\
&\quad + (f_5 + F \cdot b_5) \cdot aa/1,5/ \\
P_2 &= P_1 \cdot aa/2,1/ + (f_2 + F \cdot b_2) \cdot aa/2,2/ \\
&\quad + P_3 \cdot aa/2,3/ + (f_4 + F \cdot b_4) \cdot aa/2,4/ \\
&\quad + (f_5 + F \cdot b_5) \cdot aa/2,5/ \\
(f'_3 + F \cdot b_3) &= P_1 \cdot aa/3,1/ + (f_2 + F \cdot b_2) \cdot aa/3,2/ \\
&\quad + P_3 \cdot aa/3,3/ + (f_4 + F \cdot b_4) \cdot aa/3,4/ \\
&\quad + (f_5 + F \cdot b_5) \cdot aa/3,5/ \\
P_4 &= P_1 \cdot aa/4,1/ + (f_2 + F \cdot b_2) \cdot aa/4,2/ \\
&\quad + P_3 \cdot aa/4,3/ + (f_4 + F \cdot b_4) \cdot aa/4,4/ \\
&\quad + (f_5 + F \cdot b_5) \cdot aa/4,5/ \\
P_5 &= P_1 \cdot aa/5,1/ + (f_2 + F \cdot b_2) \cdot aa/5,3/ \\
&\quad + P_3 \cdot aa/5,3/ + (f_4 + F \cdot b_4) \cdot aa/5,4/ \\
&\quad + (f_5 + F \cdot b_5) \cdot aa/5,5/
\end{aligned}
$$

Ergebnis:

$f'_1 + F \cdot b_1$	=	21,42 mm	Die ermittelten Stützenkräfte sind sämtlich positiv. Das Stellungssystem ist somit definitionsgemäß abgeglichen. Für die neuen Stellungswerte der Stützen Nr. 1 und Nr. 3 wird: $f'_1 = 21{,}42 – 20{,}92 = 0{,}5$ mm $f'_3 = 42{,}07 – 41{,}36 = 0{,}71$ mm
P_2	=	18652 N	
$f'_3 + F \cdot b_3$	=	42,07 mm	
P_4	=	5392 N	
P_5	=	10523 N	

4.3 Zusammenfassung des beschriebenen Verstellvorganges

	Stützenstellungen				
	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5
Ausgangsstellung	0,3 mm	0,6 mm	0,5 mm	0,4 mm	0,3 mm
Vorgebende freie Verstellung der Stütze Nr. 2	↓	↓ 1,0 mm	↓		
Geregelte Nachführung der Stützen Nr. 1 und Nr. 3	0,5 mm		0,71 mm		
Neues, abgeglichenes Stellungssystem	0,5 mm	1,0 mm	0,71 mm	0,4 mm	0,3 mm

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verstellung von N Stützwalzen je Richtwalze bei Richtmaschinen zum Richten von Blechen im Durchlauf, die in Laufrichtung des Richtgutes hintereinanderliegende Züge von Richtwalzen und von Komplementärwalzen aufweisen, gegen die die Richtwalzen anstellbar sind, dadurch gekennzeichnet, dass K vorgebende Stützwalzen (10001, 10002 . . .) frei über die Stützwalzenflucht (FL) hinaus anstellbar sind, dass die Nachstellung der N–K freien Stützwalzen (. . . 1000i, 1000i + 1 . . .) selbsttätig "auf Anlage" aller Stützwalzen (10001 . . .) an der Richtwalze (100, 101 . . .) aufgrund der simultanen Berechnung

$V/ = /A/*P/ + F/$

mit	V/	=	Mehrdimensionaler Vektor der Stützwalzenverstellung
	/A/	=	Matrix der Einflusszahlen
	P/	=	Mehrdimensionaler Vektor der Stützkräfte
	F/	=	Mehrdimensionaler Vektor der Richtlast

aller Stützwalzenhöhen erfolgt und mit steuerbaren Verstellmitteln (L1, L2 . . .) vorgenommen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Bestimmung der Nachstellung der freien Stützwalzen:

A.

das simultane Gleichungssystem

(1)

$V/(f(x1), f(x2) \ldots f(xi)) = /Aii/ * P/(px1), p(x2) \ldots p(xi) + F/(x1 \ldots xi)$

mit	V/	=	i-dimensionaler Vektor aus den Auslenkungen f bei xi
	P/	=	i-dimensionaler Vektor aus den Stützkräften p bei xi
	F/	=	Lastverteilung über der Richtwalze
	f(xi)	=	Auslenkung der Stützwalze bei Position xi
	p(xi)	=	Stützkräfte bei Position xi
	/Aii/	=	quadratische Matrix der Einflußzahlen

oder abekürzt

(2)

$V/(f1, f2 \ldots fi) = /A/ * P/(p1, p2 \ldots pi) + F/(i)$

$V/ = /A/ * P/ + F/$

die Einstellung der Richtmaschine vor der Verstellung,

B.

das simultane Gleichungssystem

(3)

$V/(f1, v2 \ldots vk, fi) = /A/ * P/(v1, v2 \ldots vk, vi) + F/(i)$

mit

mit	P/(v1..vi)	=	P/(v(x1)..v(xi)) = P/(p1..pi)
	pi = p(v(xi))	=	durch die geänderte Auslenkung v(xi) veränderte Stützkraft
	vi(xi)	=	gegenüber vorher geänderte Auslenkung

die Einstellung der Richtmaschine nach der Verstellung beschreibt,
C.
dass die neue Einstellung der Stützwalzen mittels der Beziehung.
(4)
P/ = /A/exp–1 * (V/(f1, v2 . . . vk, fi) – F/(i))
mit
/A/exp–1 = Kehrmatrix
überprüft wird,
D.
dass bei Auftreten von Kräften kleiner Null mittels der Beziehung
(5)
V/(v1 . . . vi) = /A/ * P/(v1, o2 . . . ok, vi) + F/(i)
mit

mit	P/(v1,o2..ok,vi)	=	P/(v(x1),o(x2)..o(xk),v(xi)) = P/(p1..pi)
	pi	=	pi(o(xi)) = 0 = gewillkürte Stützlast 0

ein neuer Satz von Einstellungen der Stützwalzen berechnet und dann selbsttätig an der Richtmaschine eingestellt wird, sobald
E.
die mittels Gleichung (4) berechneten Stützkräfte für diesen Satz von Einstellungen keine negativen Kräfte mehr aufweisen.
C.
dass die neue Einstellung der Stützwalzen mittels der Beziehung
(4)
P/ = /A/exp–1 *[V/(f1, v2 . . . vk, fi) – F/(i)]
mit
/A/exp–1 = Kehrmatrix
überprüft wird,
D.
dass bei Auftreten von Kräften kleiner Null mittels der Beziehung
(5)
V/(v1, v2 . . . vi) = /A/ * P/(v1, o2 . . . ok, vi) + F/(i)
mit
Pj = Pj(v1, o2 . . . ok, vi)
oi = gewillkürte Stützlast Null
eine neuer Satz von Einstellungen der Stützwalzen berechnet und dann selbsttätig an der Richtmaschine eingestellt wird, sobald
E.
die mittels Gleichung (4) berechneten Stützlasten für diesen Satz von Einstellungen keine negativen Kräfte mehr aufweisen.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Verringerung der Einstellhöhen

4. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens gemäss einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass eine Richtmaschine (R) mit N Stützwalzen und ein Rechner (DV, MM) vorgesehen sind, dass der Rechner (DV, MM) die Anstellung (v(i)) der N–K freien Stützwalzen (10001, 10002 . . .) simultan berechnet und die Verstellwerte den Verstellmitteln (L1, L2 . . .) zuleitet.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass diejenige der Stützwalzen eine vorgebende Stützwalze und selbsttätig angestellt ist, für die die durch N Sensoren an N Fasern des Richtgutes gemessenen Schwankungen des Richtgutes ein Minimum aufweisen, wobei der Betrag der Anstellung der Schwankung proportional ist, und dass die verbliebenen N–1 Stützwalzen simultan auf die vorgebende Stützwalze nachgestellt werden.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Stützen (ST1, ST2 . . .) der Stützwalzen (10001, 10002 . . .) mit Lastsensoren (KS1, KS2 . . .) versehen sind, dass K vorgebende Stützwalzen (10001 . . .) frei über die Stützwalzenflucht (FL) hinaus anstellbar sind und dass die Nachstellungen der N – K freien Stützwalzen simultan solange erfolgt, bis alle Lastsensoren (KS1, KS2 . . .) eine positive Last anzeigen.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Anstellung der vorgebenden Stützwalzen in drei Abschnitten erfolgt, wobei im ersten Abschnitt während der Anstellung der vorgebenden Stützwalzen die Lastsensoren (KS1, KS2 . . .) der freien Stützwalzen eine positive Last (Pi > O) anzeigen und diese Nachstellung der freien Stützwalzen nur während der Verstellung der vorgebenden Stützwalzen erfolgt, dass im zweiten Abschnitt die Nachstellung der freien Stützwalzen simultan aus (vi) der Stützwalzen (10001, 10002 . . .) (Abwärtsregelung) durch eine Ähnlichkeitstransformation der bei der Vergrösserung der Einstellhöhen der Stützwalzen (Aufwärtsregelung) gefundenen Einstellungen der Stützwalzen erfolgt.

8. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass im Rechner elektrische oder magnetische Speichermittel (MM) vorgesehen sind, in denen die Matrizen /A/ und ihre Kehrmatrizen /A/ * exp–1 abgelegt sind.

9. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Stützwalzen (10001, 10002 . . .) durch hydraulische Mittel (L1, L2 . . .) betätigbar sind.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die hydraulischen Verstellmittel (L1, L2 . . .) in bekannter Weise als hydraulische Ziehkeile ausgebildet sind, die als Rast für die Stützrollen wirken.

V/ = /A/ * P/ + F/

berechnet und durch die Verstellmittel eingestellt wird und dass im dritten Abschnitt eine Abwärtsregelung mittels einer Ähnlichkeitstransformation unter Erhalt der relativen Stützwalzenhöhen erfolgt.

Claims

1. A process for adjusting N backing rollers of each straightening roller in rolling mills for the continuous flattening of metal sheets, having successive lengths of straightening rollers and complementary rollers in the direction of movement of the goods to be flattened, against which the straightening rollers can be engaged, characterised in that K handicapped backing rollers (10001, 10002 . . .) are freely engageable over the row of backing rollers (FL), and that the adjustment of the N–K free backing rollers (. . . 1000i, 1000i + 1 . . .) occurs automatically "on contact" of all backing rollers (10001 . . .) with the straightening roller (100, 101 . . .) on the basis of the simultaneous equation for all backing roller peaks

V/ = /A/*P/ + F/

where	V/	=	Multi-dimensional vector of the adjustment of the backing rollers
	/A/	=	Matrix of the coefficient of influence
	P/	=	Multi-dimensional vector of the backing forces
	F/	=	Multi-dimensional vector of the load to be straightened

and is carried out by controllable adjustment means (L1, L2 . . .).

2. A process according to claim 1, characterised in that on settlement of the adjustment of the free backing rollers:

A.

the simultaneous equation system

(1)

V/(f(x1), f(x2) . . . f(xi)) = /Aii/ * P/(px1), p(x2) . . . p(xi) + F/(x1 . . . xi)

where	V/	=	i-dimensional vector from the excursions f at xi
	P/	=	i-dimensional vector from the backing forces p at xi
	F/	=	Load distribution over the straightening roller
	f(xi)	=	Excursion of the backing roller at position xi
	p(xi)	=	Backing force at position xi
	/Aii/	=	quadratic matrix of the coefficients of influence

or, in short form,

(2)

V/(f1, f2 . . . fi) = /A/ * P/(p1, p2 . . . pi) + F/(i)

V/ = /A/ * P/ + F/

describes the setting of the straightening machine before adjustment,

B.

the simultaneous equation system

(3)
V/(f1, v2 . . . vk, fi) = /A/ * P/(v1, v2 . . vk, vi) + F/(i)

where	P/(v1..vi)	=	P/(v(x1)..v(xi)) = P/(p1..pi)
	pi = p(v(xi))	=	the backing force adjusted by the altered excursion v(xi)
	v(xi)	=	excursion altered from before

describes the setting of the rolling mill after adjustment,
C.
that the new setting of the backing rollers is checked by means of the relation:
(4)
P/ = /A/exp–1 * (V/(f1, v2 . . . vk, fi) – F/(i))
where
/A/exp–1 = inverse matrix
D.
that on the build up of forces smaller than zero by means of the relation
(5)
V/(v1 . . . vi) = /A/ * P/(v1, o2 . . . ok, vi) + F/(i)
where

where	P/(v1,o2..ok,vi)	=	P/(v(x1),o(x2)..o(xk),v(xi)) = P/(p1..pi)
	pi	=	pi(o(xi)) = 0 = arbitrary support load 0

a new batch of backing roller settings is calculated and then automatically set-up at the rolling mill, as soon as
E.
the backing forces calculated by means of equation (4) show no more negative forces for this batch of settings.

3. Process according to claim 1 or 2, characterised in that the reduction of the setting peaks (v1) of the backing rollers (10001, 10002 . . .) (reverse control) occurs by means of a similarity transformation of the settings of the backing rollers occurring during increasing of the setting peaks of the backing rollers (forward control).

4. Apparatus for carrying out the process according to any of claims 1 to 3, characterised in that a rolling mill (R) having N backing rollers and a calculator (DV, MM) is provided, that the calculator (DV, MM) calculates simultaneously the engagement (v(1)) of the N – K free backing rollers (10001, 10002 . . .) and supplies the adjustment values to the adjustment means (L1, L2 . . .).

5. Apparatus according to claim 4, characterised in that one of the backing rollers is a handicapped backing roller and is automatically engaged, for which deviations of the goods to be straightened measured by N sensors with respect to N seams of the goods to be straightened have a minimum value, to which the sum of the adjustment of the deviation is proportional, and that the remaining N – 1 backing rollers are simultaneously adjusted on the basis of the handicapped backing roller.

6. Apparatus according to claim 4, characterised in that the supports (ST1, ST2. . .) of the backing rollers (10001, 10002 . . .) are provided with load sensors (KS1, KS2 . . .), that K handicapped backing rollers (10001 . . .) are freely engageable over the row of backing rollers (FL) and that adjustment of the N – K free backing rollers occurs simultaneously until all load sensors (KS1, KS2 . . .) show a positive load.

7. Apparatus according to claim 6, characterised in that engagement of the handicapped backing rollers takes place in three phases, wherein in the first phase, during the engagement of the handicapped backing rollers, the load sensors (KS1, KS2 . . .) of the free backing rollers show a positive load (Pi > O) and adjustment of the free backing rollers occurs only during adjustment of the handicapped backing rollers, in the second phase adjustment of the free backing rollers is calculated simultaneously from
V/ = /A/ * P/ + F/
and is set-up by the adjustment means, and in the third phase reverse control takes place by means of a similarity transformation on receiving the relative backing roller peaks.

8. Apparatus according to claim 4, characterised in that electrical or magnetic memory means (MM) are provided in the calculator in which the matrices /A/ and their inverse matrices /A/ * exp–1 are stored.

9. Apparatus according to claim 4, characterized in that the backing rollers (10001, 10002 . . .) are operable by hydraulic means (L1, L2 . . .).

10. Apparatus according to claim 9, characterised in that the hydraulic adjustment means (L1, L2 . . .) are formed as hydraulic draw keys in known manner, which operate as a catch for the supporting rollers.

Revendications

1. Procédé de réglage de N rouleaux d'appui, pour chaque rouleau dresseur dans des machines à dresser, pour dresser des tôles en continu, qui présentent des trains de rouleaux dresseurs situées les uns derrière les autres, dans la direction suivie par le produit, et des rouleaux complémentaires, contre lesquels les rouleaux dresseurs sont susceptibles d'être appliqués, caractérisé en ce que K rouleaux d'appui prédéterminés (10001, 10002 . . .) sont susceptibles d'être librement appliqués au-dessus de l'alignement des rouleaux d'appui (FL), en ce que le rajustage des N – K rouleaux d'appui libres (. . . 1000i, 1000i + 1 . . .) s'effectue automatiquement "en appui" de tous les rouleaux d'appui (10001 . . .) sur le rouleau dresseur (100, 101 . . .), sur la base de l'équation suivante

V/ = /A/ * P/ + F/

dans laquelle

V/	=	vecteur multidimensionnel du déplacement des rouleaux d'appui
/A/	=	matrice des facteurs d'influences
P/	=	vecteur multidimensionnel des forces d'appui
F/	=	vecteur multidimensionnel de la charge de dressage

et avec des moyens de réglages réglables (L1, L2 . . .).

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, lors de la détermination du rajustage des rouleaux d'appui libres,

A.

on décrit le réglage de la machine à dresser avant le réglage par le système d'équation simultané suivant:

(1)

V/ (f(x1), f(x2) . . . f(xi)) – /Aii/ * P/(px1, p(x2) . . . p(xi) + F/(x1 . . . xi)

dans lequel

V/	=	vecteur i-dimensionnel des déplacements f en xi
P/	=	vecteur i-dimensionnel des forces d'appui p en xi
F/	=	répartition de la charge de dressage
p(xi)	=	force d'appui à la position xi
/A/	=	matrice carrée des facteurs d'influences

ou encore, de manière abrégée:

(2)

V/(f1, f2 . . .fi) = /A/ * P/(p1, p2 . . . pi) + F/(i)

V/ = /A/ * P/ + F/

et B.

on décrit le réglage de la machine à dresser après le réglage par le système d'équation simultané suivant:

(3)

V/(f1, v2 . . . vk, fi) = /A/ * P/(v1, v2 . . . vk, vi) – F/(i)

dans lequel

P/(v1..vi)	=	P/(v(x1)..v(xi)) = P/(p1..pi)
pi = p(v(xi))	=	force d'appui modifiée par le déplacement (v(xi) modifié
v(xi)	=	déplacement modifié par rapport au précédent

C.

en ce que le nouveau réglage des rouleaux d'appui est vérifié au moyen de la relation:

(4)

P/ = /A/esp–1 * (V/(f1, v2 . . . vk, fi) – F/(i),

avec

/A/exp–1 = matrice inverse,

D.

en ce qu'en cas d'apparition d'efforts inférieurs à zéro au moyen de la relation

(5)

V/(v1 . . . vi) = /A/ * P/(v1, o2 . . . oK, vi) + F/(i)
avec

P/(v1,o2..ok,vi)	=	P/(v(x1),o(x2)..o(xk),v(xi)) = P/(p1..pi)
pi	=	pi(o(xi)) = 0 force d'appui 0 voulue

il est calculé un nouveau jeu de réglages des rouleaux d'appui et que la machine est alors réglée automatiquement dès que
E.
les efforts d'appui calculés pour ce jeu de réglages au moyen de l'identité (4) ne présentent plus aucune force négative.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la limitation des hauteurs de réglage (vi) des rouleaux d'appui (10001, 10002) (réglage vers le bas) s'effectue au moyen d'une transformation de similitude des réglages des rouleaux d'appui qui ont été trouvés lors de l'augmentation des hauteurs de réglage des rouleaux d'appui (réglage vers le haut).

4. Dispositif pour l'exécution du procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'une machine à dresser (R) comprenant N rouleaux d'appui et un ordinateur (DV, MM) sont prévus, en ce que l'ordinateur (DV, MM) calcule simultanément l'inclinaison (v(i)) des N – K rouleuax d'appui libres (10001,10002 . . .) et fournit les valeurs de réglage aux moyens de réglage (L1, L2 . . .).

5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé par en ce qu'un des rouleaux d'appui est un rouleau d'appui directeur et est réglé automatiquement, les variations du produit dressé, mesurées par N capteurs sur N fibres du produit dressé, présentant un minimum un minimul pour celui-ci, la valeur du réglage étant proportionnelle à la variation, et en ce que les N – 1 rouleaux d'appui restants sont rajustés simultanément sur le rouleau d'appui directeur.

6. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que les réglages (ST1, ST2 . . .) des rouleaux d'appui (10001, 10002) sont pourvus de capteurs de charge (KS1, KS2), en ce que K rouleaux d'appui prédéterminés (1000 . . .) sont directement appliquables au-dessus de l'alignement des rouleaux d'appui (FL) et en ce que les rajustages de N – K rouleaux d'appui libres s'effetuent simultanément, jusqu'à ce que tous les capteurs de charge (KS1, KS2) indiquent une charge positive.

7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que la réglage des rouleaux d'appui directeurs s'effectuent en trois étapes, dans la première étape les capteurs de charge (KS1, KS2 . . .) des rouleaux d'appui libres affichent une charge positive (Pi > 0) pendant le réglage des rouleaux d'appui directeurs, et ce rajustage des rouleaux d'appui libres ne s'effectuant que pendant que s'effectue le réglage des rouleaux d'appui directeurs, en ce que dans la deuxième étape le rajustage est rouleaux d'appui libres est simultanément calculé par
V/ = /A/ * P/ + F/
et réglé au moyen des moyens de réglage, et en ce que dans la troisième étape, on effectue un réglage vers le bas au moyen d'une transformation par similitude, en considérant les hauteurs relatives des rouleaux d'appui.

8. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que des moyens de mémoire (MM) électriques ou magnétiques sont prévus dans l'ordinateur, dans lesquels sont placés les matrices /A/ et leurs matrices inverses /A/*exp–1.

9. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que les rouleaux d'appui (10001, 10002 . . .) sont susceptible d'être actionnés par des moyens hydrauliques.

10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que les moyens de réglage hydrauliques (11, 12 . . .) sont réalisées de manière connue sous la forme de clavettes coulissantes hydrauliques agissant comme taquet pour les galets d'appui.

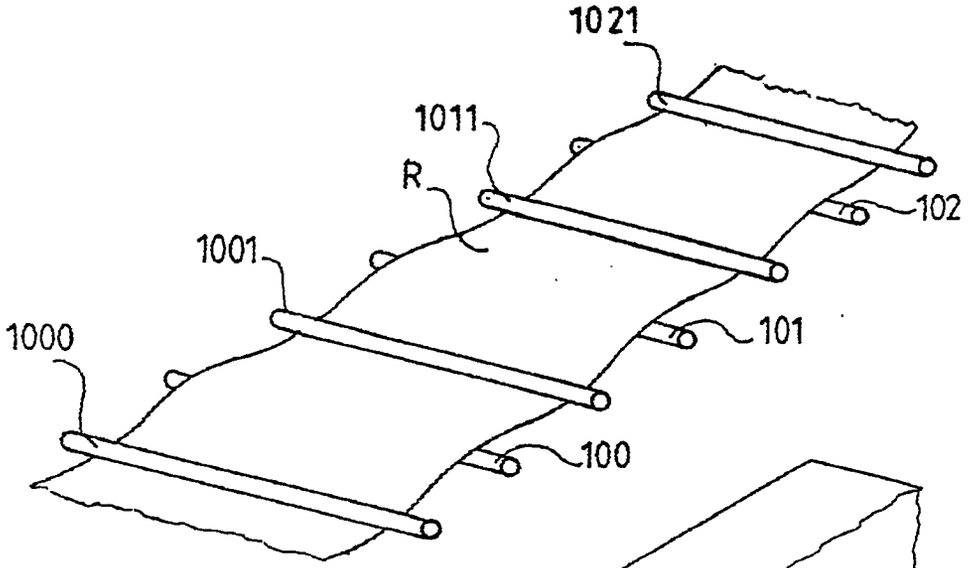


Fig. 1a

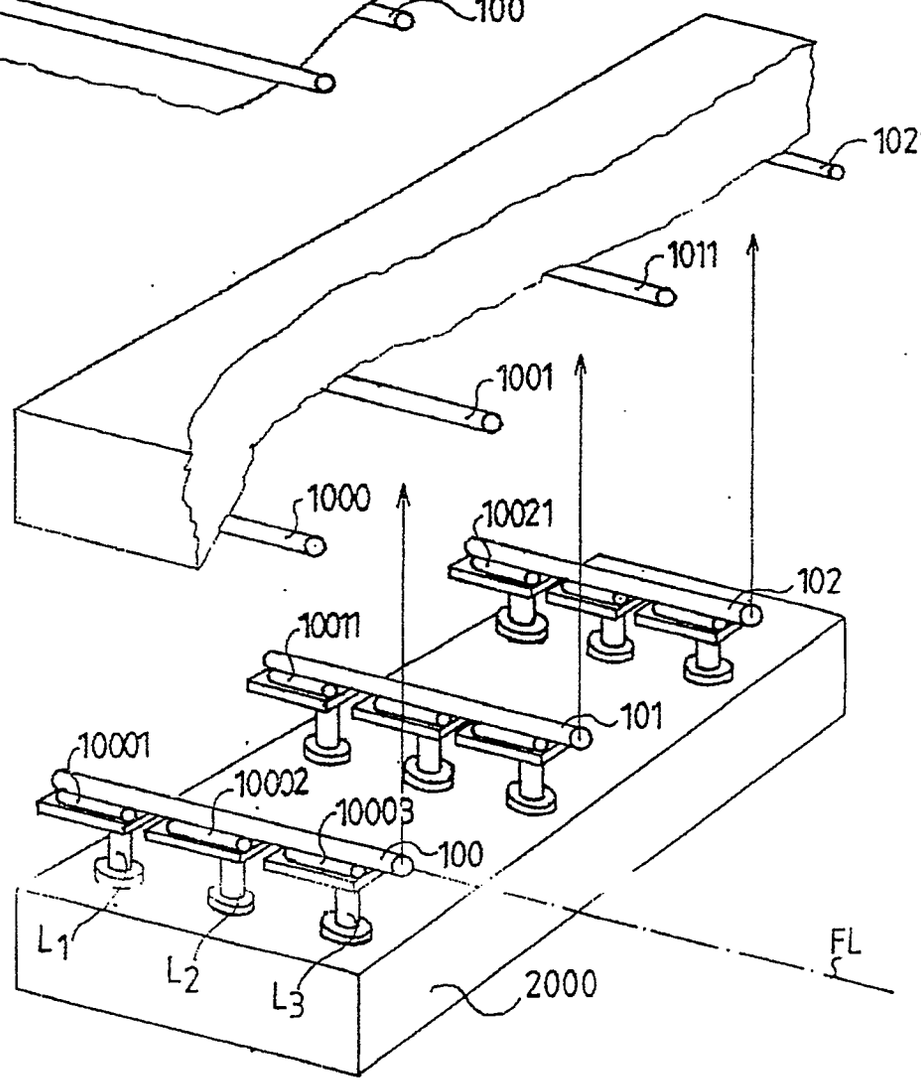


Fig. 1

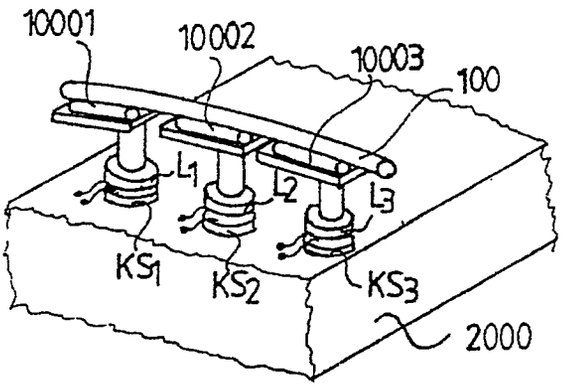


Fig. 1b

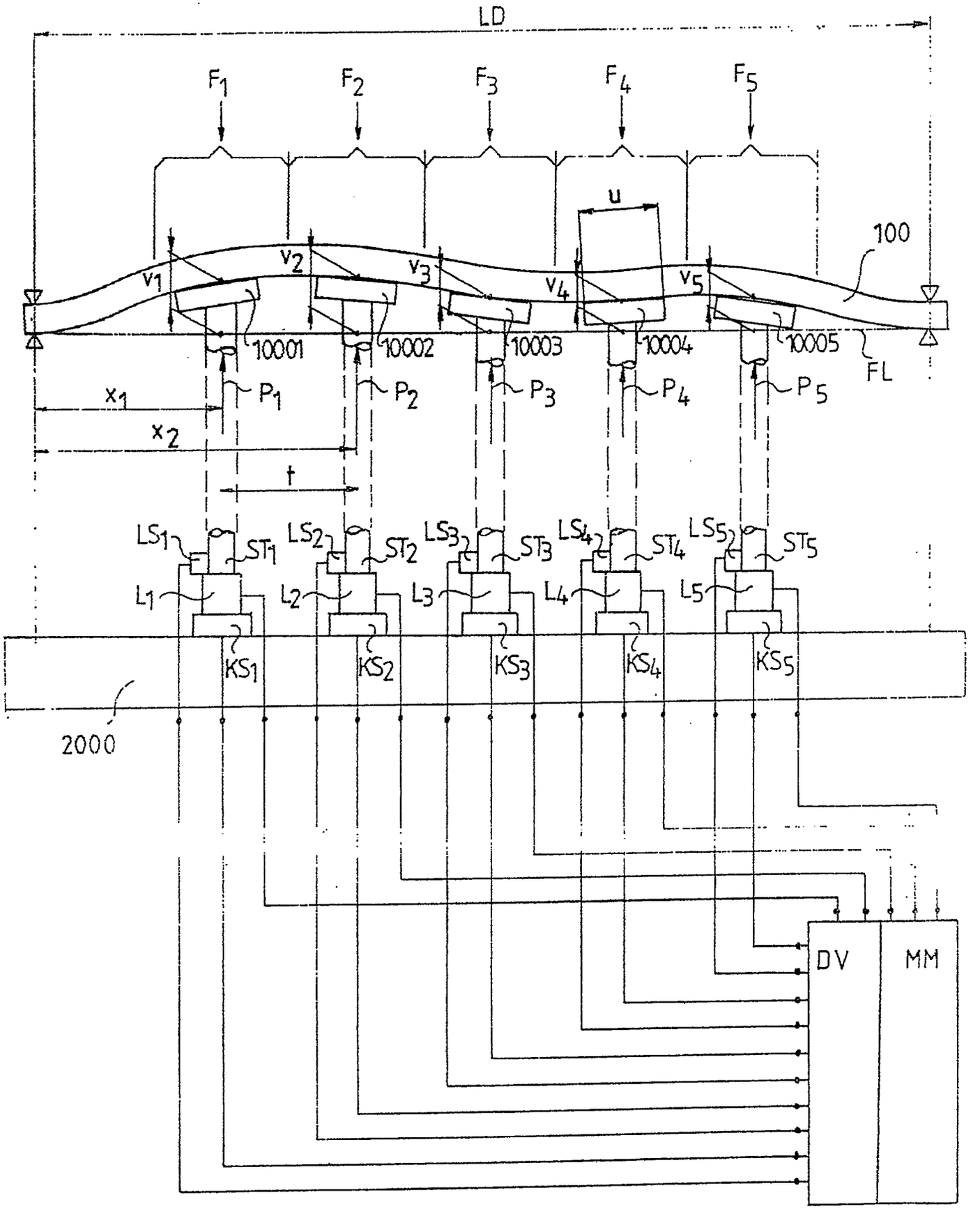

LD
F1
F2
F3
F4
F5
u
100
v1
v2
v3
v4
v5
10001
10002
10003
10004
10005
FL
P1
P2
P3
P4
P5
x1
x2
t
LS1
LS2
LS3
LS4
LS5
ST1
ST2
ST3
ST4
ST5
L1
L2
L3
L4
L5
KS1
KS2
KS3
KS4
KS5
2000
DV
MM

Fig. 2