

 12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

 21 Anmeldenummer: 83110911.1

 51 Int. Cl.³: B 21 B 37/06

 22 Anmeldetag: 02.11.83

 30 Priorität: 03.11.82 DE 3240602

 43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
16.05.84 Patentblatt 84/20

 84 Benannte Vertragsstaaten:
FR GB IT SE

 71 Anmelder: Betriebsforschungsinstitut VDEh Institut für
angewandte Forschung GmbH
Sohnstrasse 65
D-4000 Düsseldorf(DE)

 72 Erfinder: Neuschütz, Eberhard, Dr.-Ing.
Heinrich-Hertz-Strasse 28
D-4030 Ratingen(DE)

 72 Erfinder: Berger, Bernd, Dr.-Ing.
Am grünen Weg 17
D-4044 Kaarst(DE)

 72 Erfinder: Mücke, Gert, Dipl.-Ing.
Herder Strasse 114
D-4010 Hilden(DE)

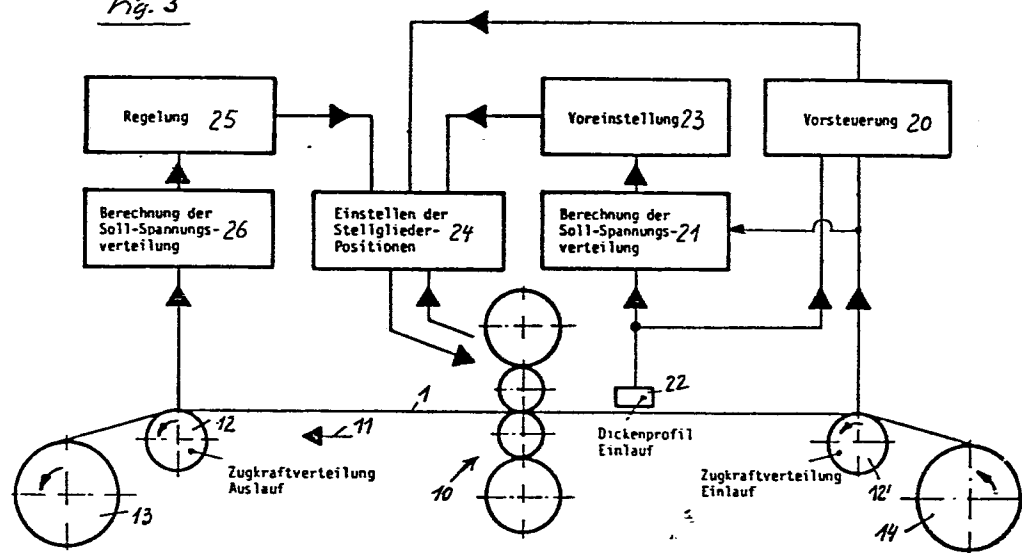
 74 Vertreter: Plöger, Ulrich, Dipl.-Ing.
Benrather Schlossallee 89
D-4000 Düsseldorf-Benrath(DE)

 54 Verfahren und Regelkreis zum Regeln der Zugspannungsverteilung beim Kaltwalzen von Bändern.

 57 Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und einen Regelkreis zum Regeln der Zugspannungsverteilung beim Kaltwalzen von Bändern sowie auf eine hierfür zweckmäßige Ausgestaltung eines Walzwerkes. Dabei wird auf wenigstens einer Seite eines Walzgerüsts (10) eine Zugkraftmessung mittels axial beabstandeter Meßgeber (12, 12') vorausgesetzt, ferner ein Regler (25, 26) sowie Stellglieder, die axial differenziert auf den Walzspalt einwirken. Bekannte Verfahren dieser Art führen noch häufig zu Betriebsstörungen und Materialfehlern, weil die Positionsvorgaben der Stellglieder für den Walzspalt den betrieblichen Gegebenheiten nur unvollkommen Rechnung tragen. Erfindungsgemäß werden diese Schwierigkeiten dadurch behoben, daß eine Positionsvorgabe (20, 21, 23) gewählt wird, bei der im Falle eines Faltungsstaues beim Walzen der Unterschied zwischen der Zugspannung beim Einlauf und beim Auslauf über die Bandbreite möglichst konstant und unterhalb eines Höchstwertes gehalten wird, oberhalb dessen ein Faltungsstau beim Walzen auftritt. Beim Auftreten von Unplanheiten des entspannten Bandes wird weiterhin die Zugspannung über die gesamte Bandbreite möglichst gleich gewählt. Größtmögliche Umformgrade bei größtmöglicher Zugspannung wer-

den dadurch erreicht, daß in der Bandmitte ein Höchstwert der Zugspannung zugelassen wird, wohingegen die Zugspannung an den Bandrändern nach Maßgabe der Kerbrißwirkung herabgesetzt ist. Schließlich lassen sich die ermittelten Werte verzögerungsfrei in die Regelung einbeziehen, wenn die sich beim Walzen mit einem bestimmten Walzspalt während des Materialdurchgangs ergebenden elastischen Verformungen infolge Durchbiegung und Abplattung der Walzen mittels gleichzeitiger Anstellung (24) aller Stellglieder auskompensiert werden.

Fig. 3



1

- / -

5

10

15

Verfahren und Regelkreis zum Regeln der
Zugspannungsverteilung beim Kaltwalzen von Bändern

20 Beschreibung:

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Regeln der Zugspannungsverteilung beim Kaltwalzen von Bändern, wobei für die
25 Messung der Zugspannungsverteilung auf wenigstens einer Seite eines Walzgerüsts in axialer Richtung beabstandete Spannungsmeßgeber und für die Einstellung der Zugspannungsverteilung ein Regler sowie davon abhängige, in axialer Richtung der Arbeitswalzen differenziert wirkende Stellglieder für den Walzspalt vorgesehen
30 sind.

Weiterhin bezieht sich die Erfindung auf einen Regelkreis zur Durchführung dieses Verfahrens sowie auf eine zweckmäßige Ausgestaltung eines Walzwerkes für das Regeln der genannten Zugspannungs-
35 verteilung.



1 Die Zugspannungsverteilung läßt sich in bekannter Weise durch über
die Bandbreite unterschiedliche Beeinflussung des Walzspaltes mittels
geeigneter Stellglieder verändern. Beispielsweise kann man bei
5 Quarto-Gerüsten eine unterschiedliche Durchbiegung der Arbeitswalzen
erreichen, indem die Walzenzapfen jeweils sich gegenüberliegender Wal-
zen positiv oder negativ gegeneinander verspannt werden. Dies ermög-
licht im wesentlichen die Einstellung gekrümmter Walzspalte und einen
demgemäßen Verlauf der Zugspannungsverteilung. Durch bloßes Verschwen-
ken der Walzachsen läßt sich demgegenüber eine geradlinige Verän-
10 derung des Walzspaltes über die Breite bewirken. Örtlich differen-
zierte Veränderungen erlangt man mittels einer thermischen Regelung,
bei welcher Stütz- und/oder Arbeitswalzen gekühlt oder beheizt werden.
Hohlwalzen lassen sich durch "Aufpumpen", wobei ihre Hohlräume unter
unterschiedliche Spannungen gesetzt werden, in ihrer Bombage verändern.
15 Falls nur im Bereich der Bandkanten eine Veränderung angestrebt wird,
ist dies häufig durch die Verschiebung von Konuswalzen in axialer
Richtung derselben möglich. Schließlich können die Stützwalzen in
axialer Richtung differenziert sein, so daß man Konturänderungen des
Walzspaltes sehr genau einstellen kann. Allerdings ist in der Praxis
20 der Anwendbarkeit derartiger Konturänderungen eine Grenze durch die
bestehenden Schwierigkeiten gesetzt, Positionsvorgaben zu verwenden,
die dem Umstand Rechnung tragen, daß die Betätigung eines oder
einiger Stellglieder sich jeweils auf die gesamte Walzspaltkontur
auswirkt, und daß daher rückwirkungsfreie Vorgabeänderungen seitens
25 des Bedienungspersonals nicht angegeben werden können.

Ein Verfahren zur Ermittlung der Zugspannungsverteilung beim Kalt-
walzen ist in "Stahl und Eisen", 1977, Seiten 1029/1031 beschrieben.
Dabei findet eine umlenkende Meßrolle mit in axialer Richtung beab-
30 standeten Spannungsmeßgeräten Verwendung, um bei einer dreigerüstigen
Kaltwalzstraße zwischen dem letzten Walzgerüst und den Zugrollen
die Zugspannungsverteilung als Maß für Längenabweichungen und
damit die Planheit zu erfassen.

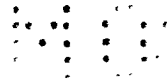
- 1 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der einlei-
tend bezeichneten Art sowie einen Regelkreis und ein Walzwerk dahin-
gehend auszugestalten, daß Betriebsstörungen beim Walzen vermieden
werden. Dabei sollen ebenfalls die Bedingungen der Planheit des
5 Walzgutes eingehalten werden. Weiterhin soll das störungsfreie Walzen
mit hohen Umformungsgraden durch hohe Zugspannungen verwirklicht
werden können.

- Zur Lösung dieser Aufgabenstellung besteht der Vorschlag gemäß dem
10 erfindungsgemäßen Verfahren darin, daß mittels des Reglers die Stell-
glieder nach einer Positionsvorgabe eingestellt werden, bei welcher
der Unterschied zwischen der Zugspannung beim Einlauf und beim Aus-
lauf über die Walzbreite möglichst konstant und unterhalb eines
Höchstwertes gehalten wird, oberhalb dessen ein Faltungsstau beim
15 Walzen auftritt.

- Die vorgeschlagene Positionsvorgabe der Stellglieder derat, daß
die Unterschiede der Zugspannungen beim Einlauf und beim Auslauf
über die Walzbreite möglichst konstant und unterhalb eines Höchst-
20 wertes gehalten werden, oberhalb dessen ein Faltungsstau beim
Walzen auftritt, ermöglicht ein weitgehend störungsfreies Walzen.
Unter der Voraussetzung des vorerwähnten Vorschlages läßt sich
über die Walzbreite ein gleichmäßiger und stabiler Werkstoff-
fluß erzielen. Sowie sich ein Materialrückstau und Materialfaltungen
25

30

35



- 1 am Gerüsteinlauf ergeben, wird die Zugspannungsverteilung mit der Maßgabe geändert, daß die erwähnte Differenz zwischen Gerüsteinlauf und Gerüstauslauf über die Bandbreite vergleichmäßig wird, wobei dies so weit geschieht, daß die erwähnten Faltungsstauerscheinungen ver-
- 5 mieden werden. Dabei ergibt sich, daß nur begrenzte Abweichungen des Zugspannungsunterschiedes bestehen dürfen. Es wird also zunächst am Auslauf eine Verteilung der Zugspannung mittels der in axialer Richtung der Walzen beabstandeten Spannungsmeßgeber gemessen. Die Differenz zur Einlaufspannungsverteilung wird entweder von
- 10 auch an der Einlaufseite des Walzgerüstes befindlichen, in axialer Richtung beabstandeten Spannungsmeßgebern ermittelt oder bei reversierenden Walzgerüsten auf Grund abgespeicherter Meßwerte festgestellt, die in der vorausgegangenen Walzphase gemessen und gespeichert wurden. Diese Unterschiede der Zugspannungen unter-
- 15 liegen sodann der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Einstellung.

Das erwähnte Verfahren läßt sich noch dadurch verbessern, daß bei Planheitsfehlern des gewalzten Bandes im entspannten Zustand die Zugspannungen über die Bandbreite einander angenähert und im

20 Grenzfall konstant gemacht werden. Damit wird eine äußerste Grenze des im Kennzeichnungsteil des Patentanspruchs 1 gemachten Vorschlages verwirklicht.

In anderer Richtung ergibt sich für den Vorschlag gemäß dem Kenn-

25 zeichnungsteil des Patentanspruchs 1 dann eine Grenze, wenn möglichst hohe Umformungsgrade durch große Zugspannungen erreicht werden müssen. Dies setzt zunächst Planheit des gespannten Bandes voraus. In diesem Falle wird man das Band mit der höchst zulässigen Zugspannung walzen. Dies ist aber nur dann möglich, wenn nach einem

30 weiteren Vorschlag der Erfindung in der Bandmitte eine gegenüber den Bandrändern vergrößerte Zugspannung zugelassen wird, wohingegen die Zugspannung an den Bandrändern einen vom Bandmaterial für die Kerbreißwirkung abhängigen Spannungshöchstwert nicht überschreiten darf, der kleiner als ein vorgegebener, über die Bandbreite mittlerer

35 Zugspannungswert ist. Da Risse zunächst grundsätzlich von den Bandkanten ausgehen, wird einer Rißgefährdung durch die vorgeschlagene

- 1 Bedingung, bei der die Zugspannung an den Rändern gegenüber der Mitte
stets geringer ist, Rechnung getragen, wobei der vorgegebene mittlere
Zugspannungswert größer als derjenige an den Rändern ist. In der Praxis
kann man bei dünnen Bändern damit rechnen, daß in der Mitte ein
5 dreifach größerer Zugspannungswert zulässig als an den Rändern ist.
Selbstverständlich entfällt die vorerwähnte Verfahrensbedingung dann,
wenn Bänder in Dickenbereichen gewalzt werden müssen, bei denen
an den Rändern keine erhöhte Reißempfindlichkeit besteht.
- 10 Somit läßt sich das durch den Kennzeichnungsteil gemäß Patentanspruch
1 vorgeschlagene Verfahren den Betriebsbedingungen in weiten Grenzen
zweckmäßig anpassen.

Da das erfindungsgemäße Verfahren während des Betriebes zur Anwendung
15 gelangen muß, ist es für seine Verwirklichung von erheblicher Bedeu-
tung, daß die meßtechnisch und rechnerisch ermittelte Positions-
vorgabe auch hinreichend schnell an den Stellgliedern für den
Walzspalt zur Auswirkung kommt. Es besteht sonst die Möglichkeit,
durch zu ausgedehnte Totzeiten bestimmte betriebliche Störungen
20 zu "überfahren", d.h. hierauf erst dann anzusprechen, wenn sie
bereits nicht mehr zu beeinflussen sind. Materialfehler sowie
Betriebsstörungen sind dann die Folge. Um die erwähnte Zielsetzung
im Interesse eines störungsfreien Walzbetriebes zu verwirklichen,
werden die sich beim Walzen mit einem bestimmten Walzspalt während
25 des Materialdurchganges ergebenden elastischen Verformungen infolge
Durchbiegung und Abplattung der Walzen mittels gleichzeitiger
Anstellung aller Stellglieder auskompensiert. Damit wird zugleich
erreicht, daß die Rückwirkung der Verstellung einzelner Stellglieder
auf den gesamten Walzspalt berücksichtigt wird.

30

Man kann dies in der Praxis unterschiedlich erreichen. Da sich die
Durchbiegung und Abplattung der Walzen unmittelbar auf Grund einer
elastischen Deformation derselben ergeben, kann man mittels geeigneter
Meßgeber, beispielsweise optischer Geräte, den Walzspalt laufend
35 erfassen und die Meßwerte in einen Regelkreis einführen, bei dem
die Stellglieder um entsprechende Beträge verändert werden, so daß

- 1 die elastischen Deformationen eine Kompensierung erfahren.
Dies setzt indes zusätzliche Meß- und Rechengeräte voraus.

Im Sinne der Erfindung ist es nun von besonderer Bedeutung, daß
5 für die Beaufschlagung der Stellglieder nicht nur die Beaufschlagungs-
richtungen vorgegeben werden, wie dies in einem einfachen Regelkreis
ausreichend sein würde, sondern daß die echten Stellwerte ermittelt
und auf die Stellglieder übertragen werden. Derartige Stellwerte
lassen sich auf der Grundlage der vorerwähnten Messungen nicht nur am
10 Walzspalt, sondern auch auf Grund einer Messung der Zugspannungsver-
teilung der bereits beschriebenen Art vornehmen. Man kommt, von der
erwähnten Spannungsverteilung ausgehend, zu einer Positionsvorgabe-
verteilung auf der Grundlage der nachstehenden Beziehung:

15
$$U_i = \sum_{j=1}^n A_{ij} \cdot \sigma_j;$$

In dieser Beziehung sind:

20 U_i = die elastische Verformung, die durch die Stellglieder auszu-
kompensieren ist, in mm.

A_{ij} = Matrix für das elastische Verhalten des Gerüsts und das als
gegeben vorausgesetzte plastische Verhalten des Bandes. Man
rechnet jeweils den Wert in mm^3/N für eine diskrete Stelle
 i aus, wobei j = Koeffizient der Spannung des Bandes und
 i = Koeffizient der Verformung des Gerüsts ist. Somit ergibt
25 diese Matrix den Zusammenhang zwischen der Zugspannung an den
Stellen j des Bandes und der Verformung des Gerüsts an den
Stellen i ;

σ_j = Zugspannungsverteilung in N/mm^2 , wie sie gemessen wird.

30 Auf Grund einer derartigen Ermittlung der Positionsvorgabe-Werte
ist es möglich, sämtliche Stellglieder gleichzeitig zu beaufschlagen
und praktisch trägheitsfrei auf das Walzgerüst einzuwirken. Man
kann, wie dies nach einem späteren Vorschlag der Erfindung vorgesehen
ist, für den Regelkreis somit noch einen Hilfsregelkreis vorsehen,
35 auf den die Stellglieder-Positionen selbst zurückgeführt sind.

- 1 Die im Zusammenhang mit der Erfindung vorzunehmenden Zugspannungs-
messungen lassen sich zweckmäßig an einer sich in axialer Richtung
beabstandeten Spannungsmeßgeber aufweisenden, umlenkenden Meßrolle
erhalten. Diese erlaubt, gegebenenfalls in Verbindung mit einer
5 auf der anderen Seite des Walzgerüsts befindlichen Meßrolle oder
mit einem Speicher, sowohl die Messungen für die Ermittlung des
Faltungsstaues, der Unplanheiten des Bandes und schließlich auch
der elastischen Walzenverformung.
- 10 In weiterer Ausgestaltung der Erfindung werden für die Positionsvorgabe
neben den kennzeichnenden Materialeigenschaften und der Walzkraft
zusätzlich die Materialdicke, die Zugkräfte und die Zukraftverteilung
jeweils am Einlauf und Auslauf des Walzgerüsts und die Bandbreite
und die Bandlage nur am Auslauf des Walzgerüsts berücksichtigt.
- 15 Für die Durchführung des vorgeschlagenen Verfahrens eignet sich
ein Regelkreis, bei welchem die am Auslauf bestehende Zugkraft-
verteilung als Regelgrößen auf den Regler zurückgeführt sind,
und bei dem weiterhin ein Hilfsregelkreis für die Einstellung der
20 axial beabstandeten Stellglieder vorgesehen ist, auf den die Stell-
gliederpositionen zurückgeführt sind. Bei einem derartigen Regel-
kreis kann praktisch totzeitfrei auf die Stellglieder eingewirkt
werden.
- 25 Beim Beginn des Walzens stehen mehrere der für die Regelung erforderlichen
Werte noch nicht zur Verfügung. Deshalb wird der vorgesehene Hilfs-
regelkreis weiterhin der Einwirkung eines Voreinstellungsteils aus-
gesetzt. Im Rahmen dieser Voreinstellung wird eine gemessene Zug-
spannungsverteilung am Einlauf zur Vorgabe einer Sollfunktion der
30 Zugspannungsverteilung am Auslauf verwendet. Letztere dient in
Verbindung mit einem gemessenen Dickenprofil des einlaufenden Bandes
zur Ermittlung der Positionsvorgabe der Stellglieder.
Zweckmäßig wird das Voreinstellungsteil während des Walzens nach Ein-
setzen der Regelung zum Vorsteuerungsteil mit dem Hilfsregelkreis
verbunden, wobei lediglich jeweils die einlaufseitigen Änderungen des
Dickenprofils, der Zugkraftverteilung, der Bandlage und der Band-
breite berücksichtigt werden.
Das erfindungsgemäße Verfahren ist grundsätzlich bei jedem Walzwerk
möglich, bei dem in axialer Richtung differenziert auf den Walzspalt
eingewirkt werden kann. Besonders vorteilhaft gelingt die Anwendung

- 1 dieses Verfahrens bei einem zwischen bei Reservierung umschaltbaren
Bremshaspel und Antriebshaspel angeordneten, reversierbaren Walz-
gerüst mit abgestützten Arbeitswalzen. Hierbei ist lediglich auf
einer Seite des Walzgerüsts eine die axial beabstandeten Meßwert-
5 geber aufweisende, umlenkende Meßrolle erforderlich, wenn

in der Walzphase, in welcher sich die Meßrolle am Auslauf des
Walzgerüsts befindet, die Meßwerte dem Regler übertragen werden
und in der folgenden Phase, in der sich die Meßrolle nach Re-
versierung am Einlauf des Walzgerüsts befindet, dem Vorsteuer-
teil für die auslaufseitige Zugspannungsverteilung übertragen
werden. Man spart dann sowohl den Platz als auch den Aufwand für
eine zweite umlenkende Meßrolle oder dergleichen.

- Die Einwirkung auf die Kontur des Walzspaltes ist besonders wir-
15 kungsvoll bei einem Vielwalzengerüst, dessen Stützwalzen axial
beabstandet und getrennt anstellbar sind.

- Die Erfindung sei weiterhin anhand der sich auf Ausführungsbeispiele
20 beziehenden Zeichnungen veranschaulicht. Darin zeigen:

- Figur 1 ein 20-Walzen-Kaltwalzgerüst in schematischem
Querschnitt,
- 25 Figur 2 einen Längsschnitt entsprechend Figur 1,
- Figur 3 eine Gesamtübersicht über das erfindungsgemäße
Verfahren,
- 30 Figur 4 ein Schaubild der Zugspannungsverteilung über
die Bandbreite,
- Figur 5 ein Schaubild der Zugspannungsdifferenzen über
die Bandbreite,
- 35 Figur 6 eine Übersicht des erfindungsgemäßen Regelkreises,
- Figur 7 eine ausführlichere Darstellung des Voreinstellungs-
teils des Regelkreises u n d
- Figur 8 das Vorsteuerungsteil in ausführlicherer Darstellung.

- 1 Gemäß Figur 1 wird das im Querschnitt erkennbare Band 1 von den
Arbeitswalzen 2 verformt. Die Arbeitswalzen 2 sind von Konuswalzen
3 in ihrer Position festgelegt. Letztere sind wiederum mittels der
Zwischenwalzen 4 abgestützt, welche mit Hilfe der Stützrollen 5
5 anstellbar sind. Zu diesem Zwecke sind die Stützrollen 5 mit
je einem Stützsattel 6 versehen, wie ergänzend auch aus Figur 2
hervorgeht. Mittels nicht näher dargestellter Stellmittel sind die
Exzenter 7 für das Lager jeder Stützrolle 5 verstellbar, so daß
sich die Lagerachsen 8 einstellen lassen. Dadurch ist es möglich,
10 die Stützrollen 5 in Richtung der Doppelpfeile 9 zu verstellen.
Sie wirken somit in axial differenzierter Weise auf die Zwischenwalzen
4 ein, die wiederum über die Konuswalzen 3 den Walzspalt zwischen den
Arbeitswalzen 2 verändern.
- 15 Anstatt des in den Figuren 1 und 2 dargestellten 20-Walzen-Kaltwalz-
gerüstes kann selbstverständlich auch ein anderes Kaltwalzgerüst
vorgesehen sein.

Den grundsätzlichen Verlauf des erfindungsgemäßen Verfahrens veran-
20 schaulicht Figur 3. Man erkennt das Walzgerüst 10, welches schema-
tisch als ein reversierbares Quarto-Gerüst dargestellt ist. In der
dargestellten Walzphase wird das Band in Richtung des Pfeiles 11
gewalzt. Die in axialer Richtung beabstandeten Spannungsmeßgeber sind
bei der umlenkenden Meßrolle 12 im Auslauf verwirklicht, welcher die
25 umlenkende Meßrolle 12' im Einlauf entspricht. Das Band 1 unterliegt
der vom Antriebshaspel 13, dem Bremshaspel 14 und der Vorgabe des
Walzspaltes definierten Zugkraftverteilung. Daraus berechnet sich die
Zugspannungsverteilung, für welche eine Sollvorgabe ermittelt wird,
auf Grund welcher der Regler die Stellglieder des Walzwerkes beein-
30 flußt, wie sich aus dem linken Teil der Figur 3 ergibt. Der rechte
Teil veranschaulicht die Ergänzung des Verfahrens durch Vorein-
stellung und Vorsteuerung.

Für das anzuwendende Verfahren ergeben sich die Bedingungen aus den
35 Figuren 4 und 5. Figur 4 zeigt über die Bandbreite x dem Verlauf
 σ_A der Zugspannungsverteilung, die in diesem Falle in der Mitte
niedriger als an den Rändern ist. Sofern allerdings in der erwähnten

- 1 Vorsteuerung 20 und bei der Berechnung der Soll-Spannungsverteilung
21 berücksichtigt wird. Der Ausgang der Berechnung der Soll-Spannungs-
verteilung führt zur Voreinstellung 22, um von dort aus zusammen mit
der Vorsteuerung 20 zur Einstellung der Stellgliederpositionen 24
5 zu führen. Die Einstellung der Stellgliederpositionen 24 erfolgt
weiterhin auf Grund einer Regelung 25, zu deren Eingang die Berech-
nung der Soll-Spannungsverteilung 26 auf Grund der auslaufseitigen
Messung der Zugkraftverteilung mittels der Meßrolle 12 führt.
- 10 Nach Figur 6 wird die Voreinstellung der Zugspannungsverteilung in
analoger Weise wie die Regelung der Zugspannungsverteilung gebildet,
wobei Figur 6 noch ergänzend die Möglichkeit der Speicherung der Ist-
werte aufzeigt, von der dann Gebrauch gemacht werden kann, wenn man
die Bandlagen- und Bandbreitenänderung erfassen will. Insbesondere
15 zeigt Figur 6 auch aus Gründen der Übersicht in Figur 3 nicht wieder-
gegebene Blöcke. So zeigt Figur 6, daß der Berechnung der Soll-Spannungs-
verteilung 26 die Berechnung der Ist-Spannungsverteilung 27 am Einlauf
vorgeschaltet ist, der nicht nur die Zugkraftverteilung des Einlaufes,
sondern auch die Messung des Dickenprofils 22 des Einlaufs zugeführt
20 ist. Die Berechnung der Soll-Spannungsverteilung 21 nimmt weiterhin die
Messung der Walzkraft 28 auf, ferner die vom Block 29 abgeleitete Berech-
nung der Ist-Spannungsverteilung, der Ist-Bandbreite und der Ist-Band-
lage. Diesem Block 29 sind als Meßwerte die Dicke im Auslauf 30 und
die Zugkraftverteilung im Auslauf 31 zugeführt. Die im Block 29 gebil-
deten Ist-Werte lassen sich im Speicher 32 speichern, von wo aus unmittel-
25 bar die Berechnung der Änderung von Bandbreite und Bandlage 33 beauf-
schlagbar ist, wenn man, wie erwähnt, die Bandlagen- und Bandbreiten-
änderung erfassen will. Im übrigen dient der Ausgang der Berechnung der
Ist-Werte im Block 29 zur Berechnung der Soll-Ist-Differenz der Spannungs-
30 verteilung 34, auf welche ebenfalls die Berechnung der Soll-Spannungs-
verteilung 21 geschaltet ist, und die ihrerseits die Berechnung der
Änderung von Bandbreite und Bandlage 33 beaufschlagt. Im Anschluß daran
kommt es zur Berechnung der Dicken-Profil-Änderung am Auslauf durch
Materialbreitung 35, an welche sich die Berechnung der Stellglieder-
35 Verstellbeträge 36 anschließt. Danach erfolgt noch die Berechnung und
schließlich die Einstellung der Stellglieder-Positionen 37, womit
der Regelkreis geschlossen ist.

- 1 Das Voreinstellungsteil des Regelkreises zeigt Figur 7 ausführlicher. Der Soll-Spannungsverteilung am Auslauf 21 sind als Sollwerte die Zugkraft des Auslaufs 38 und die Dicke des Auslaufs 39 sowie die mit der Meßrolle 12' erfaßte Zugkraftverteilung, Bandbreite und Bandlage des
- 5 Einlaufs und die Walzkraft 28 zugeführt. Der Ausgang der Berechnung der Soll-Spannungsverteilung im Auslauf führt zur Berechnung der Dickenprofiländerung am Auslauf durch Materialbreitung 40, für welche die Berechnung des Dickenprofils am Auslauf bei konstantem Volumen 41 auf Grund der Dickenprofilmessung 22 im Einlauf berücksichtigt wird.
- 10 Die im Block 40 erfolgende Berechnung der Dickenprofiländerungen am Auslauf durch Materialbreitung führt zur Berechnung der Stellglieder-Sollpositionen 42 und schließlich zur Einstellung der Stellgliederpositionen 43, womit sich der Regelkreis schließt. Somit sind zum Zwecke der Voreinstellung lediglich die Dicke beim Auslauf und die
- 15 Zugkraft beim Auslauf vorgegeben, wohingegen die übrigen Werte einlaufseitig gebildet sind, indem die Zugkraftverteilung, das Dickenprofil und die Walzkraft gemessen werden. Mit diesen, insgesamt nur fünf Parametern läßt sich die Sollverteilung der Zugspannung am Auslauf ermitteln, die unter Berücksichtigung des Dickenprofils bei
- 20 konstantem Volumen sowie der Dickenprofiländerung infolge Materialbreitung die Berechnung der Positions Vorgabe der Stellglieder ermöglicht. Der Berücksichtigung dieser Werte dient in Figur 7 im linken Zeichnungsteil der dargestellte Hilfsregelkreis für das Einstellen der Stellgliederpositionen, bei welchen die Rückführung der eingestellten Positionen stattfindet. Die Totzeit läßt sich auf diese
- 25 Weise praktisch ausschalten, so daß der Regelkreis auch auf sehr kurzfristige, betriebliche Änderungen hinreichend genau durch maßgenaue Einstellung der Stellglieder anspricht.
- 30 Die vorerwähnten Änderungen erlaubt das Vorsteuerungsteil gemäß Figur 8 zu berücksichtigen. Dafür finden grundsätzlich die gleichen Organe wie für das Vorsteuerungsteil der Figur 7 und des Regelkreises der Figur 6 Verwendung, so daß es für diese vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung nur eines unwesentlichen Mehraufwandes bedarf. Der
- 35 Berechnung der Ist-Spannungsverteilung, der Ist-Bandbreite und der Ist-Bandlage am Einlauf 44 werden die Zugkraftverteilung des Einlaufs auf Grund der Messung mit der Meßrolle 12', ferner die Dicke im Einlauf 50

1 und die Banddicke im Auslauf 46 zugeführt. Die im Block 44 berechneten
Ist-Werte lassen sich im Speicher 45 speichern und von dort oder auch
unmittelbar für die Berechnung der Änderung von Spannungsverteilung,
Bandbreite und Bandlage 46 verwenden. Der Ausgang des Blockes 46 führt
5 zusammen mit der Dickenprofilmessung 22 im Einlauf sowohl zur Speicherung
des Ist-Dickenprofils 47 als auch zur Berechnung der Dickenprofiländerung
für Einlauf und Auslauf 48. Die letztgenannte Berechnung 48 führt
zusammen mit der Walzkraft 28 zur Berechnung der Dickenprofiländerung
am Auslauf durch Materialbreitung 40 und von dort zur Berechnung der
10 Stellglieder-Verstellbeträge 36, und auf Grund dieser Berechnung 36 kommt
es zur Berechnung und zur Einstellung der Stellglieder-Positionen 37,
womit auch dieser Regelkreis geschlossen ist.

Für das anzuwendende Verfahren ergeben sich die Bedingungen aus den
15 Figuren 4 und 5. Figur 4 zeigt über die Bandbreite x den Verlauf
 σ_A der Zugspannungsverteilung, die in diesem Falle in der Mitte
niedriger als an den Rändern ist. Sofern allerdings in der erwähnten
Weise Randrisse des Bandes zu besorgen sind, und sofern weiterhin mit
größtmöglicher Umformung und Zugspannung gewalzt werden soll, müßte
20 der Verlauf σ_A umgekehrt sein.

Die untere gestrichelte Linie zeigt demgegenüber den Zugspannungsver-
lauf σ_E Einlauf. Es sei angenommen, daß ein Faltungsstau behoben
werden muß. Während der dargestellte Zustand nun unterschiedliche
25 Verläufe von $\delta\sigma$ als Unterschied zwischen der Zugspannungsverteilung
Einlauf gegenüber Zugspannungsverteilung Auslauf erkennen läßt,
wäre es zur Behebung des Faltungsstaus erforderlich, die Zugspannungs-
verteilung im Auslauf derart zu verändern, daß sie im Grenzfalle der
strichpunktierten Kurve entspricht. Dieser Grenzfall zeigt, in welcher
30 Richtung die regelungstechnische Maßnahme verlaufen muß. In der
Praxis wird man nicht stets bis zur völligen Konstanz des Unterschiedes
einstellen müssen, da ein gewisser Höchstwert des Unterschiedes der
Zugspannungsverteilungen zugelassen werden kann.

35 Die lediglich auf die Unterschiede der Zugspannungsverläufe bezogene
Darstellung der Zugspannungsverteilung über die Bandbreite zeigt

- 1 Figur 5. Hierdurch wird besonders deutlich, daß sich die Regelung in Richtung der Konstanz des Unterschiedes ΔC bewegen muß, wenn man den Faltungsstau vermeiden will.

5

10

15

20

25

30

35

1 Patentansprüche:

1. Verfahren zum Regeln der Zugspannungsverteilung beim Kaltwalzen von Bändern, wobei für die Messung der Zugspannungsverteilung auf
5 wenigstens einer Seite eines Walzgerüsts in axialer Richtung beab-
standete Spannungsmeßgeber und für die Einstellung der Zugspan-
nungsverteilung ein Regler sowie davon abhängige, in axialer Rich-
tung der Arbeitswalzen differenziert wirkende Stellglieder für
den Walzspalt vorgesehen sind, dadurch gekennzeichnet, daß mittels
10 des Reglers die Stellglieder nach einer Positionsvorgabe eingestellt
werden, bei welcher der Unterschied zwischen der Zugspannung beim
Einlauf und beim Auslauf über die Walzbreite möglichst konstant
und unterhalb eines Höchstwertes gehalten wird, oberhalb dessen
ein Faltungsstau beim Walzen auftritt.
15
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Posi-
tionsvorgabe mit der weiteren Maßgabe erfolgt, daß die über die
Bandbreite verteilten Zugspannungen aneinander angenähert werden,
wenn Unplanheiten des Bandes auftreten.
20
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Posi-
tionsvorgabe mit der weiteren Maßgabe erfolgt, daß bei Planheit
des gespannten Bandes für die Bandmitte eine gegenüber den Band-
rändern vergrößerte Zugspannung derart zugelassen wird, daß die
25 Zugspannungen an den Rändern einen vom Bandmaterial für die Kerb-
reißwirkung abhängigen Zugspannungshöchstwert nicht überschreitet,
der kleiner als ein vorgegebener, über die Bandbreite mittlerer
Zugspannungswert ist.
- 30 4. Verfahren zum Regeln der Zugspannungsverteilung beim Kaltwalzen von
Bändern, wobei für die Messung der Zugspannungsverteilung auf wenig-
stens einer Seite eines Walzgerüsts in axialer Richtung der Ar-
beitswalzen differenziert wirkende Stellglieder für den Walzspalt
vorgesehen sind, insbesondere nach den Ansprüchen 1 bis 3,
35 dadurch gekennzeichnet, daß die sich beim Walzen mit einem bestimm-
ten Walzspalt während des Materialdurchganges ergebenden elastischen

- 1 Verformungen infolge Durchbiegung und Abplattung der Walzen mittels
gleichzeitiger Anstellung der Stellglieder auskompensiert werden.
- 5 5. Verfahren nach den Ansprüchen 1, 2 und 4, dadurch gekennzeichnet,
daß die Ermittlung des Faltungsstaues und/oder der Unplanheit des
Band und/oder der elastischen Verformung der Walzen mittels Zug-
spannungsmessungen an einer die in axialer Richtung beabstandeten
Spannungsmeßgebern aufweisenden, umlenkenden Meßrolle vorge-
nommen werden.
- 10 6. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet,
daß für die Positionsvorgabe neben den kennzeichnenden Material-
eigenschaften und der Walzkraft weiterhin die Materialdicke, die
Zugkräfte und die Zugkraftverteilung jeweils am Einlauf und Auslauf
15 des Walzgerüsts und die Bandbreite und die Bandlage nur am
Auslauf des Walzgerüsts berücksichtigt werden.
- 20 7. Regelkreis für die Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen
1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die am Auslauf bestehende
Zugkraftverteilungen als Regelgrößen auf den Regler (25, 26)
zurückgeführt sind, und daß ihnen ein Hilfsregelkreis (24) für die
Einstellung der axial beabstandeten Stellglieder nachgeordnet ist,
bei welchem die Stellgliederpositionen zurückgeführt sind.
- 25 8. Regelkreis nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der
Hilfsregelkreis (24 bzw. 43) weiterhin der Einwirkung eines Vor-
einstellungsteils (20, 21, 23 bzw. 21, 40, 41, 42) unterliegt,
bei dem eine gemessene Zugspannungsverteilung am Einlauf zur Vor-
gabe einer Sollfunktion der Zugspannungsverteilung am Auslauf
30 sowie ein gemessenes Dickenprofil des einlaufenden Bandes zur
Bildung der Positionsvorgabe der Stellglieder verwendet werden.
- 35 9. Regelkreis nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das
Voreinstellungsteil (20, 21, 23 bzw. 21, 40, 41, 42) während des
Walzbetriebes nach Einsetzen der Regelfunktion des Regelkreises
weiterhin als Vorsteuerungsteil mit dem Hilfsregelkreis (24 bzw. 43)

1 verbunden ist, wobei lediglich noch die jeweiligen Änderungen des
einlaufseitigen Banddickenprofils, der einlaufseitigen Zugkraft-
verteilung, der einlaufseitigen Bandlage und der einlaufseitigen
Bandbreite berücksichtigt werden.

5

10. Reversierwalzwerk zur Durchführung des Verfahrens nach den An-
sprüchen 1 bis 6, mit einem zwischen funktional bei der Rever-
sierung umschaltbaren Bremshaspel (14) und Antriebshaspel (13)
angeordnetem, reversierbaren Walzgerüst (10) mit abgestützten
10 Arbeitswalzen (2) und hierauf einwirkenden Stellgliedern sowie
einer umlenkenden Meßrolle (12, 12') mit axial beabstandeten
Meßwertgebern für die Ermittlung der Zugspannungsverteilung,
dadurch gekennzeichnet, daß in der Walzphase, in welcher sich
die Meßrolle (12) am Auslauf des Walzgerüsts (10) befindet, die
15 Meßwerte dem Regler übertragen werden, und daß in der folgenden
Walzphase, in der sich die Meßrolle (12') nach Reversierung am
Einlauf des Walzgerüsts befindet, die Meßwerte dem Vorsteuerungs-
teil für die auslaufseitige Zugspannungsverteilung übertragen werden.

20 11. Walzwerk zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis
6, dadurch gekennzeichnet, daß die Stellglieder als axial
beabstandete Stützrollen (5) eines Walzgerüsts ausgeführt sind.

25

30

35

Fig. 1

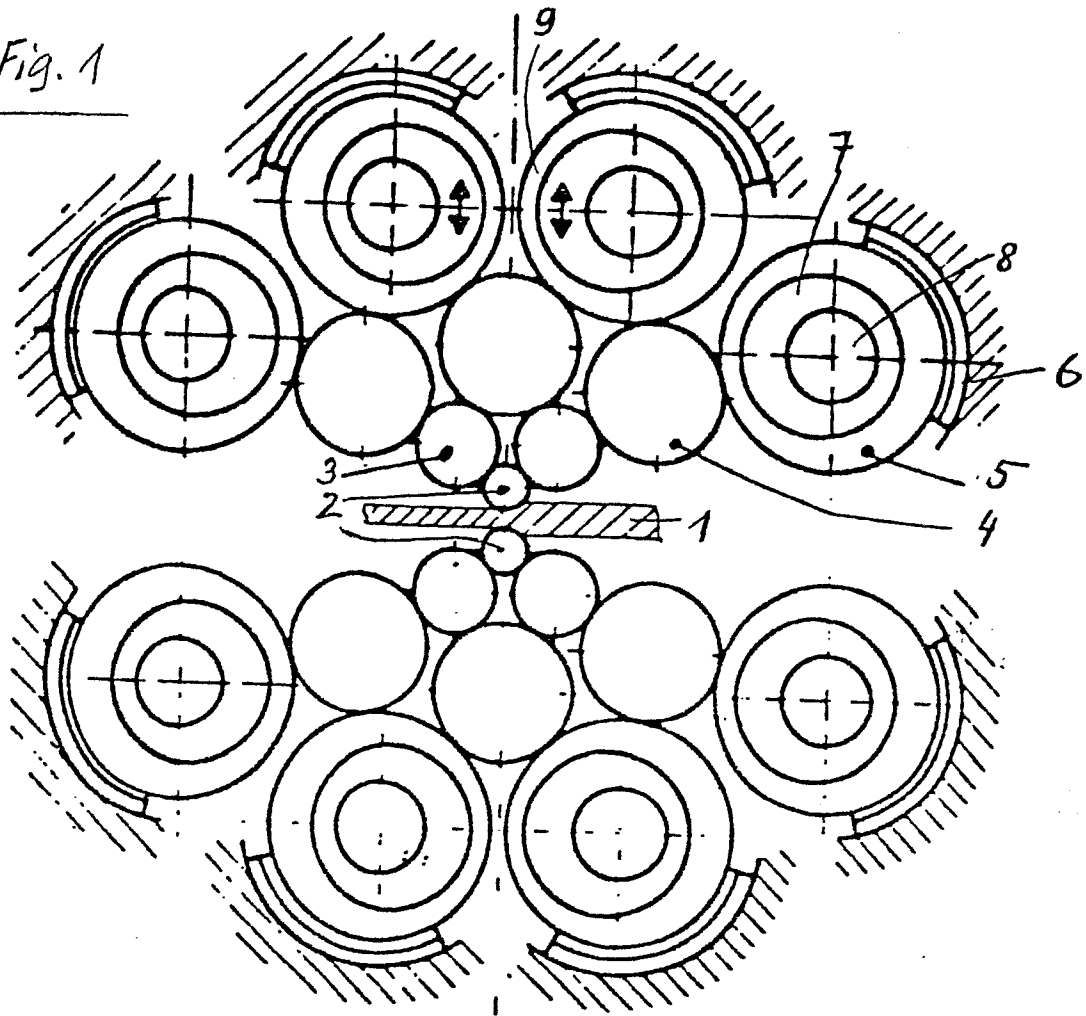


Fig. 2

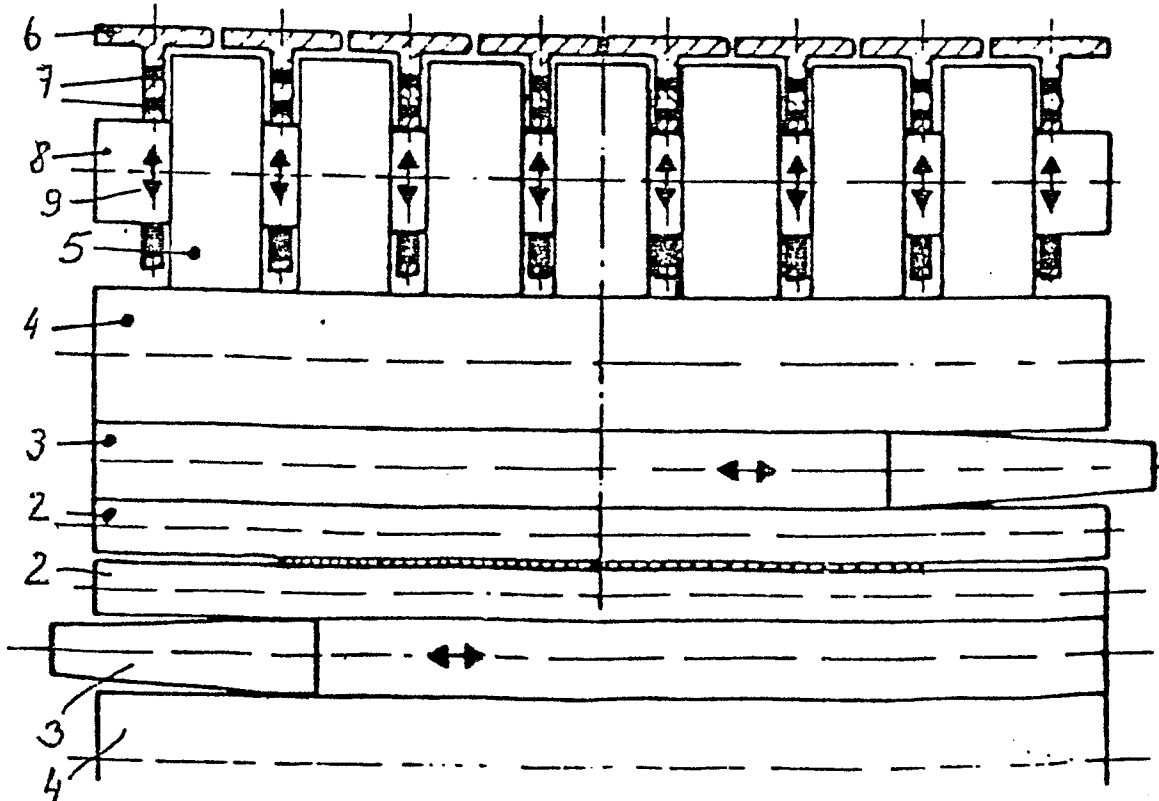


Fig. 3

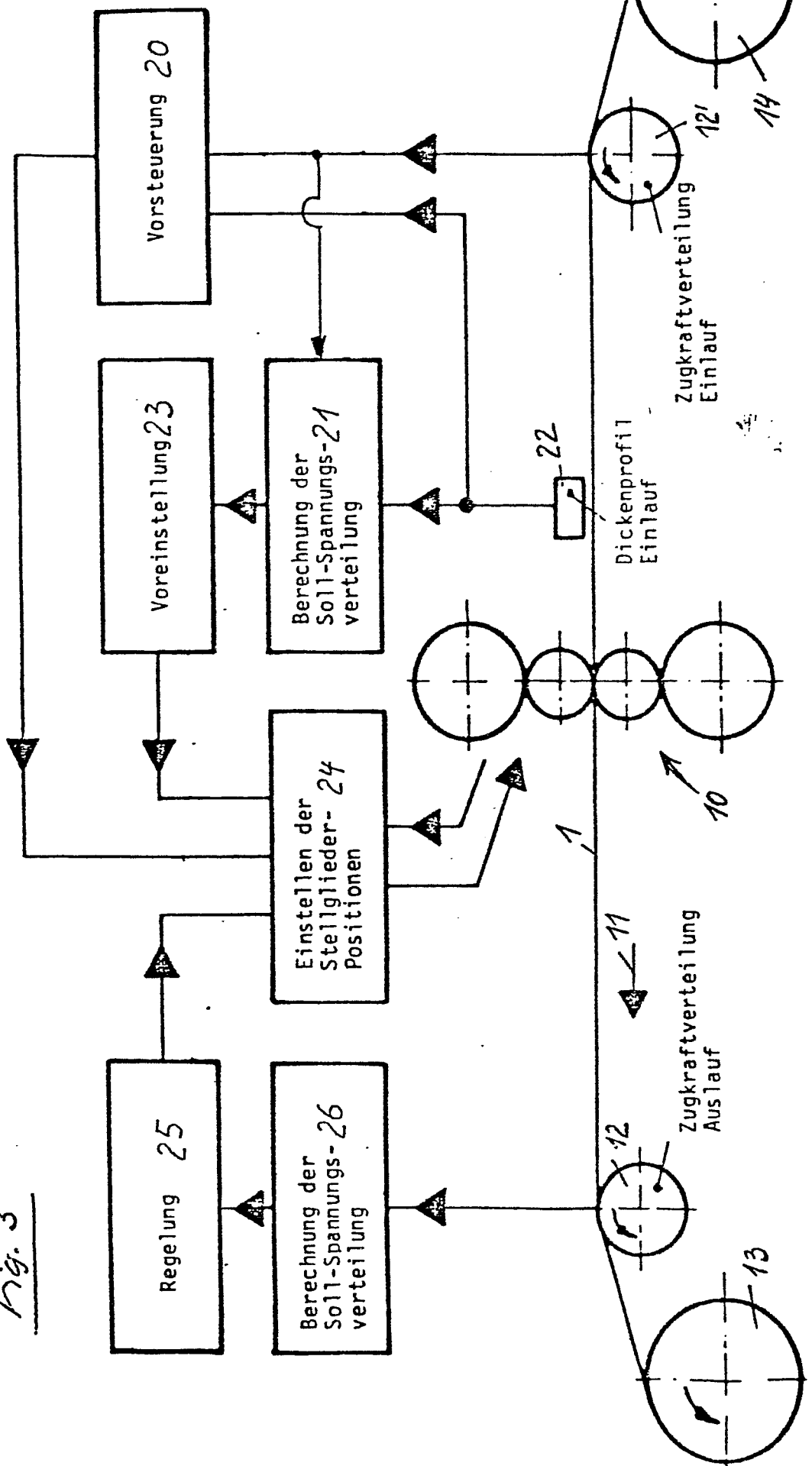


Fig. 4

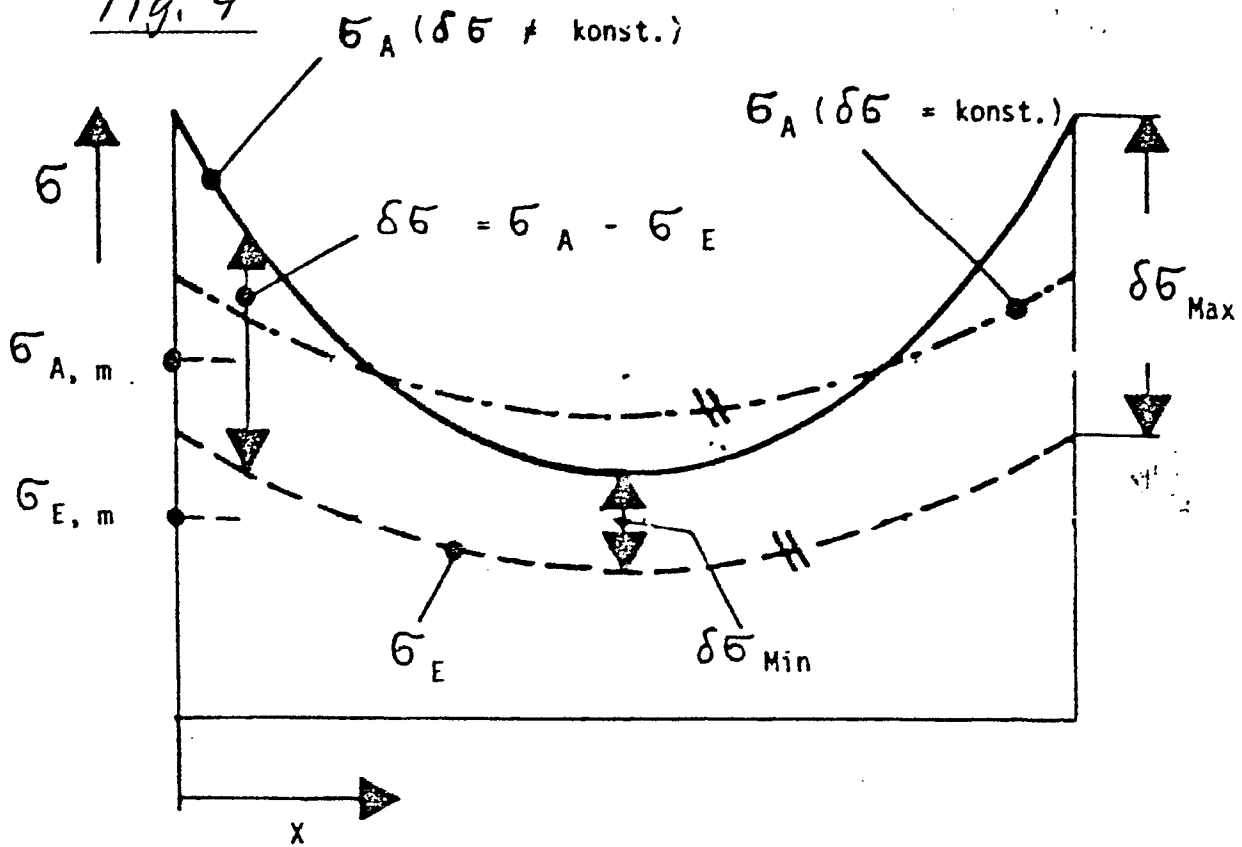


Fig. 5

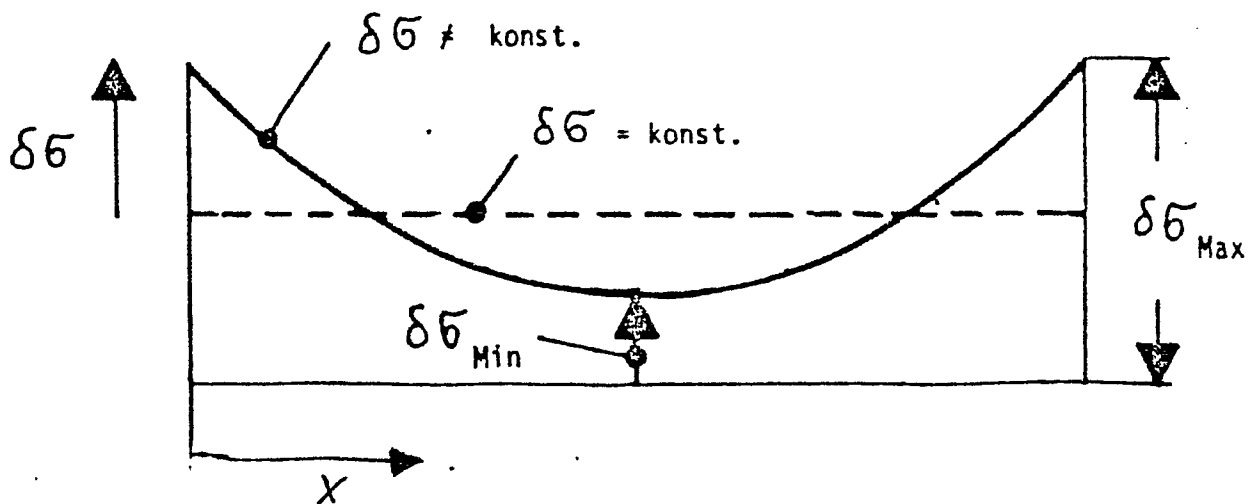


FIG. 6

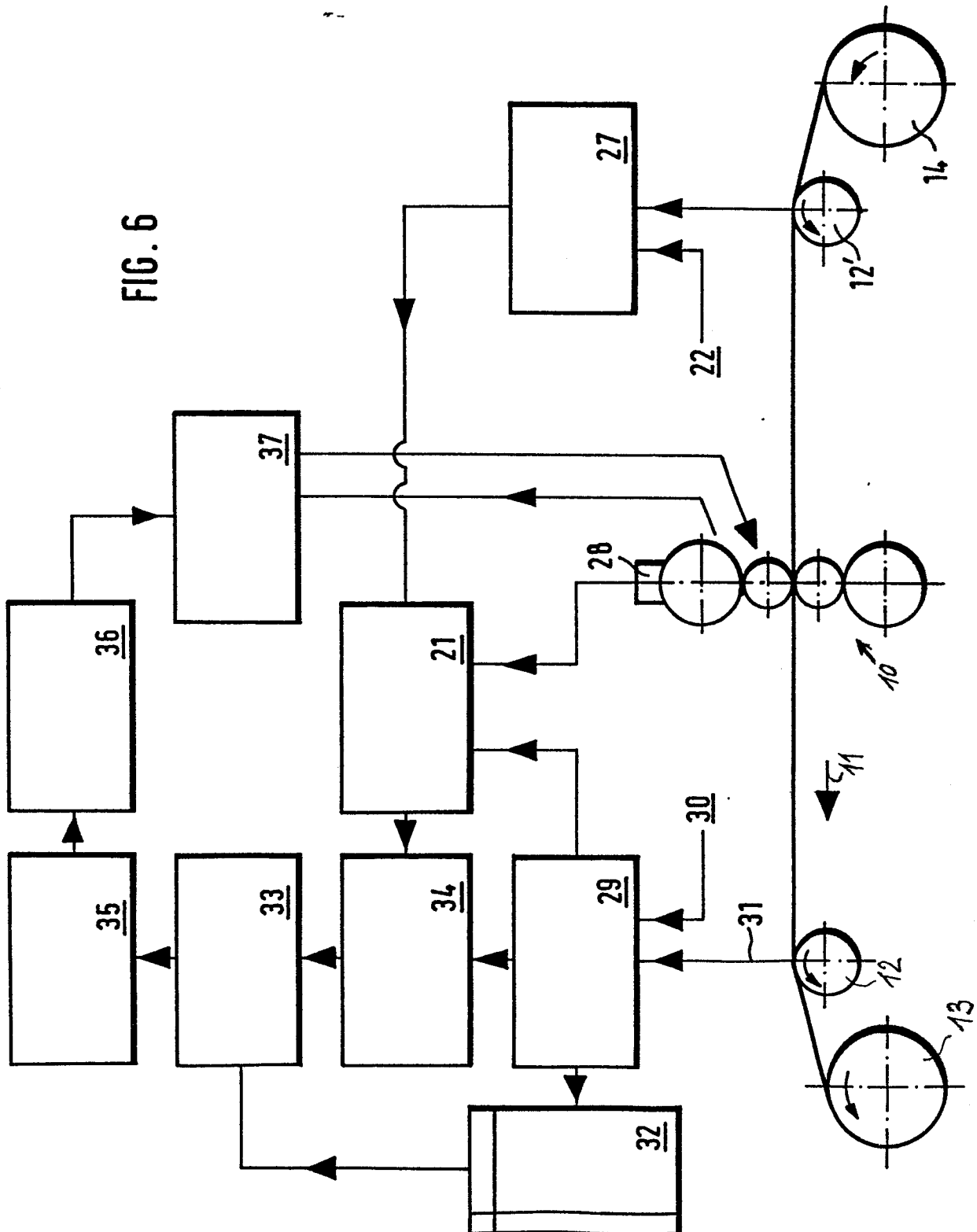


Fig. 7

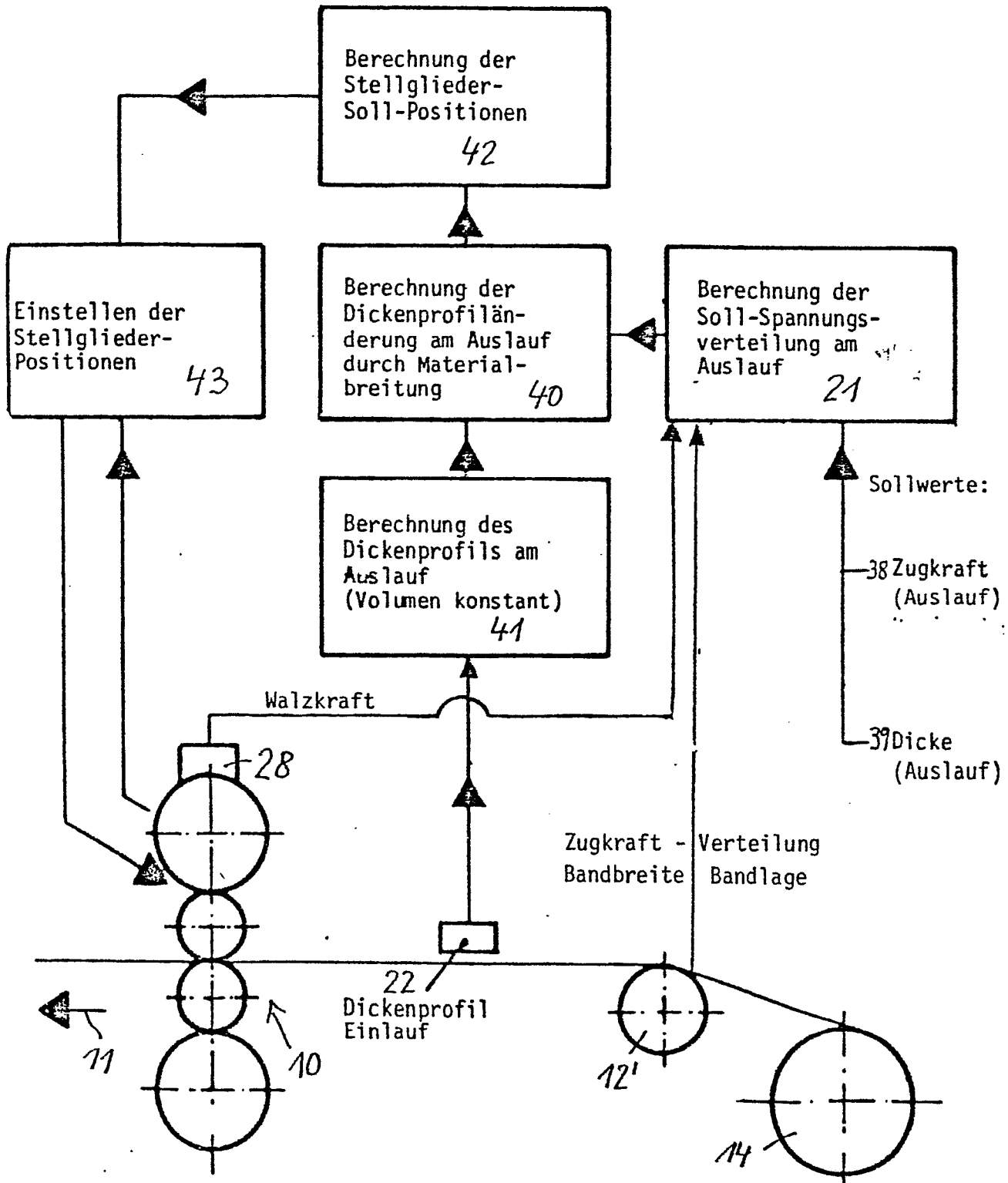


FIG. 8

