

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 734 795 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
26.01.2000 Patentblatt 2000/04

(51) Int Cl.7: **B21B 37/16**, B21B 37/48

(21) Anmeldenummer: **96104291.8**

(22) Anmeldetag: **19.03.1996**

(54) Verfahren zur Dickenvorsteuerung beim Folienwalzen

Method for feedforward thickness control in rolling of foils

Procédé pour la régulation à action directe d'épaisseur dans le laminage de feuillards

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT DE GB IT NL

(30) Priorität: **30.03.1995 DE 19511801**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.10.1996 Patentblatt 1996/40

(73) Patentinhaber: **SMS SCHLOEMANN-SIEMAG
AKTIENGESELLSCHAFT
40237 Düsseldorf (DE)**

(72) Erfinder: **Hartung, Hans-Georg
50259 Pulheim (DE)**

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

(56) Entgegenhaltungen:

FR-A- 2 628 987 US-A- 4 548 063

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 15, no. 25 (M-1071), 21.Januar 1991 & JP-A-02 268913 (KOBEL STEEL LTD), 2.November 1990,
- **REVUE G N RALE DE L ELECTRICIT**, Nr. 11, Dezember 1986, PARIS FR, Seiten 26-31, XP002007835 P. BOUCHER ET AL: "Laminage à froid de toles minces: la régulation diminue le nombre de passes"
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 6, no. 196 (M-161), 5.Oktober 1982 & JP-A-57 103724 (HITACHI), 28.Juni 1982,
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 14, no. 209 (M-968), 27.April 1990 & JP-A-02 046918 (SHOWA ALUM CORP), 16.Februar 1990,
- **STAHL UND EISEN**, Bd. 112, Nr. 4, 15.April 1992, DÜSSELDORF DE, Seiten 73-81, XP000274132 H. EYRING ET AL: "Neubau eines zweigerüstigen Nachwalzwerkes für das Dressieren und Reduzieren von Feinstblech"
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 12, no. 321 (M-736), 31.August 1988 & JP-A-63 090305 (KOBEL STEEL LTD), 21.April 1988,
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 7, no. 44 (M-195), 22.Februar 1983 & JP-A-57 193216 (TOSHIBA K.K.), 27.November 1982,
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 11, no. 321 (M-633), 20.Oktober 1987 & JP-A-62 104614 (NIPPON STEEL CORP), 15.Mai 1987,

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 0 734 795 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Dickenvorsteuerung beim Folienwalzen mit Hilfe von in einem Prozeßrechner abgespeicherten Wirkungskennlinien der einzelnen Stellgrößen (z.B. Bandzüge, Walzgeschwindigkeiten) für verschiedene Arbeitspunkte (Betriebszustände) bzw. mit Hilfe eines on-line arbeitenden physikalischen Rechenmodells, auch in Kombination mit einer Monitorregelung.

[0002] Im Gegensatz zum Bandwalzen läßt sich die Dicke beim Folienwalzen nicht mehr mit Hilfe einer Positionsregelung regeln, da diese wegen des außerordentlich hohen Bandmoduls der Folie versagt, was auch den Einsatz einer beim Bandwalzen üblichen Dickenvorsteuerung ausschließt, mit der sich rechtzeitig mit dem Erreichen eines einlaufenden Dickenfehlers die Walzkraft bzw. die Position der Anstellung so verändern läßt, daß die Auslaufdicke möglichst unverändert bleibt. Beim Folienwalzen wird wegen des hohen Bandmoduls nur noch mittels einer kombinierten Rückzugsspannung-/Walzgeschwindigkeitsregelung geregelt. Die Wirkungsweise der Zug-/Geschwindigkeitsregelung basiert auf einer Veränderung des Umformwiderstandes der Folie, so daß sich bei konstanter Walzkraft unterschiedliche Abnahmen einstellen lassen.

[0003] Durch die JP-A 2-268 913 ist es für das Walzen von metallischen Bändern bekanntgeworden, Veränderungen der Zugspannung basierend auf Dickenmessungen des Bandes zu ermitteln und die Dicke des Walzbandes durch entsprechendes Positionieren von in das Band eintauchenden Biegerollen zu kontrollieren. Aus der US-A 4 548 063 ist für das Walzen eines Metallbandes eine Regelung bekannt, die davon ausgeht, daß die zu erwartende Einlaufgeschwindigkeitsänderung im Falle eines einlaufenden Dickenfehlers kompensiert wird, während der Ablaufhaspel sich ungestört davon weiterhin auf die Konstanz des Rückzuges konzentriert, was bedeutet, daß letztendlich nur die Konstanz des Rückzuges geregelt wird. Ebenfalls beim Walzen metallischer Bänder ist es aus der JP-A 57-193 216 bzw. der JP-A 62-104 614 bekannt, zur Dickengenauigkeit des Fertigbandes ausgehend von Dickenmessungen Regelungsmaßnahmen vorzunehmen, wie insbesondere die Beeinflussung der Walzgeschwindigkeit.

[0004] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, mit dem sich die Folgen einer einlaufseitigen Dickenabweichung schneller und besser kompensieren lassen.

[0005] Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß Dickenabweichungen der Folie einlaufseitig ermittelt und durch eine Dickensteuerung kompensiert werden, wobei unter Beibehaltung der anderen Walzparameter die Stellgröße, vorzugsweise die Bandzugspannung, durch ein hochdynamisches Stellmittel in Abhängigkeit vom Arbeitspunkt geändert wird. Der Erfindung liegt hierbei die sowohl durch praktische Erfahrungen als auch durch

theoretische Untersuchungen gewonnene Erkenntnis zugrunde, daß in guter Näherung eine einlaufseitige Dickenabweichung der Folie direkt proportional zur Reduktion auch auslaufseitig feststellbar ist. Daher machen empirisch gewonnene oder mit Hilfe eines physikalisch-mathematischen Berechnungsmodells ermittelte Kenntnisse über die Auswirkungen einer Änderung von Walzparametern die erfindungsgemäße Dickenvorsteuerung für das Folienwalzen möglich, d.h. einen zeitgerechten Eingriff in den Walzprozeß, um nicht erst mit der Monitorregelung auf einen gemessenen Dickenfehler zu reagieren, sondern ihn bereits im voraus weitgehend zu vermeiden. Analog zur Monitorregelung stellt nämlich die Rückzugsspannung die wirksamste Stellgröße zur Beeinflussung der Foliendicke dar. Während die Kenntnis der Wirkungskennlinien für die klassische Foliendickenregelung zwar vorteilhaft, aber nicht zwingend notwendig ist, wird hier vorausgesetzt, daß die Auswirkung einer Stellgrößenänderung zur richtigen Bemessung des Vorsteuerungsschrittes genau bekannt sein muß. Zur richtigen Bemessung des Vorsteuerungsschrittes werden daher die Abhängigkeiten der Auswirkungen einer Einlaufdickenänderung von der Stellgröße, vorzugsweise der Rückzugsspannung, an verschiedenen Arbeitspunkten ermittelt und in den Prozeßrechner für die Dickenregelung abgespeichert. Ein Arbeitspunkt ist definiert durch eine bestimmte Kombination von Prozeßparametern, z.B. Auslaufdicke, Walzgeschwindigkeit, Vorzugsspannung, Walzendurchmesser oder Schmierung.

[0006] Es läßt sich damit sowohl die notwendige Zahl als auch die Größe der Eingriffe der nachgeschalteten Dickenregelung so klein wie möglich halten, so daß sich entsprechend die durch die Regelung selbst induzierten Störungen des Walzprozesses entscheidend verringern lassen. Die mit Hilfe eines Berechnungsmodells oder empirisch ermittelten Wirkungskennlinien der einzelnen Stellgrößen für verschiedene Arbeitspunkte sind im Prozeßrechner abgelegt und diejenige Kennlinie, die für den tatsächlich vorherrschenden Betriebszustand gültig ist, wird interpolativ aus der Schar der im Prozeßrechner für verschiedene Arbeitspunkte (Betriebszustände) hinterlegten Kennlinien gewonnen. Aus der Kennlinie selbst läßt sich dann der Differenzquotient der entsprechenden Stellgröße ermitteln. Alternativ lassen sich die Differenzquotienten auch direkt mit Hilfe eines on-line arbeitenden physikalischen Modells ermitteln. Diese Differenzquotienten geben an, welche Rückzugsspannungs- bzw. Stellgrößenänderung vorgenommen werden muß, um eine bestimmte Auslaufdickenänderung zu erreichen, z.B. 1 µm Auslaufdickenfehler ausgleichen zu können. Multiplikativ verknüpft mit dem aufgrund einer Einlaufdickenänderung zu erwartenden Auslaufdickenfehler erhält man dann die zur Fehlerkompensation notwendige Änderung der Stellgröße.

[0007] Die erfindungsgemäße Regelung mittels Dickenvorsteuerung ist darüber hinaus in der Lage bewerten zu können, ob ein Vorsteuerungseingriff oder ein un-

ter Umständen notwendiger Eingriff einer nachgeschalteten Dickenregelung mit einer bestimmten Stellgröße noch möglich oder sinnvoll ist. Falls zum Beispiel der Differenzenquotient gegen unendlich strebt, bedeutet dies, daß die Stellgröße keine Wirkung mehr hat und eine andere Stellgröße herangezogen werden muß, beim Folienwalzen beispielsweise die Auslaufzugspannung oder auch die Walzkraft, deren Wirkung aber eher mittelbar durch eine Verlagerung des Arbeitspunktes zu sehen ist.

[0008] Es empfiehlt sich, den Sollwert der Stellgröße und das Stellgrößenregel Fenster zur Rückführung des Stellmittels in eine neutrale Position oder auf einen neutralen Wert zu verschieben.

[0009] Anstatt sich zur Rückzugsänderung mittels einer Steuerrolle die Trägheit der Haspel zu Nutzen zu machen, kann das Verfahren auch direkt mit Hilfe einer hochdynamischen Haspel durchgeführt werden.

[0010] Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen und der nachfolgenden Beschreibung, in der ein in den Zeichnungen dargestelltes Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert ist. Es zeigen:

Fig. 1 eine Schemazeichnung einer Anlage zum Durchführen einer Dickenvorsteuerung beim Folienwalzen mittels einer Steuerrolle;

Fig. 2 eine Schemazeichnung einer Anlage zum Durchführen einer Dickenvorsteuerung beim Folienwalzen mittels einem hochdynamischen Haspel; und

Fig. 3 ein Diagramm (Kennlinie) zur Kompensation eines Einlaufdickensprunges durch zeitgerechtes Verändern der Rückzugspannung (am Beispiel einer theoretisch ermittelten Kennlinie).

[0011] Die Fig. 1 zeigt ein Schema einer Anlage 1 zum Walzen einer Folie bzw. eines Folienbandes 2. Das Folienband 2 wird von einem Bund 3 einer Ablaufhaspel 4 abgezogen und dem Walzspalt 5 eines Walzgerüsts 6 eines nachgeschalteten, im einzelnen weiter nicht dargestellten Walzwerkes zugeführt. Das Walzgerüst 6 besteht aus einer oberen und einer unteren Stützwalze 7 sowie den dazugehörigen Arbeitswalzen 8.

[0012] Zwischen der Ablaufhaspel 4 und dem Walzwerk bzw. -gerüst 6 ist ein handelsübliches Dickenmeßgerät 9 angeordnet und elektrisch mit einem übergeordneten Prozeßrechner 10 verbunden. Dem Dickenmeßgerät 9 ist ein vor dem Walzgerüst 6 angeordnetes Zugmittel 11 in Form eines sich aus drei Rollen 12 bzw. 13 zusammensetzenden 3-Rollen-Bridles nachgeschaltet. Die mittlere Rolle 13 ist als kraft- oder positionsgeregelte, hydraulisch anstellbare und elektrisch ebenfalls mit dem Prozeßrechner 10 verbundene Steuerrolle ausgebildet, die - wie dargestellt - bedarf-

weise in das Folienband eintaucht und mittels einer Veränderung der Bandschleife 14 die Rückzugspannung beeinflusst.

[0013] Zur Dickenvorsteuerung des Folienbandes 2, bevor dieses in das Walzgerüst 6 einläuft, sind in dem Prozeßrechner 10 mit Hilfe eines Berechnungsmodells oder empirisch ermittelte Wirkungskennlinien der einzelnen Stellgrößen für verschiedene Arbeitspunkte abgespeichert worden oder die Wirkung der Stellgrößen wird on-line berechnet.

[0014] Die Fig. 2 zeigt eine andere Ausführung einer Anlage 100 zum Walzen einer Folie bzw. eines Folienbandes 2. Der Ablauf entspricht weitgehend dem der Anlage 1 nach Fig. 1 mit der Ausnahme, daß die für die Dickenvorsteuerung notwendigen schnellen Rückzugänderungen nicht mittels eines zwischengeschalteten Zugmittels, sondern direkt mit einer hochdynamischen Haspel 16 vorgenommen werden.

[0015] Ein Beispiel für eine Dickenvorsteuerung bei der Anlage 1 bzw. 100 nach Fig. 1 bzw. Fig. 2, um durch geeignete Veränderung der Rückzugspannung eine einlaufende Foliendickenänderung bei konstanter Auslaufdicke (33 mym), konstanter Walzkraft (6000 kN) und konstanter Walzgeschwindigkeit auszugleichen, ist in dem Diagramm nach Fig. 3 gezeigt. Um die nachfolgend beschriebene Kompensation der Dickenabweichung des einlaufenden Folienbandes 2 zu verdeutlichen, wird ein Einlaufdickensprung des Folienbandes 2 von 72 µm auf 74 µm angenommen.

[0016] Dieser Einlaufdickensprung und die gültige Kennlinie des definierten Arbeitspunktes, die interpolativ aus der Vielzahl der im Prozeßrechner 10 abgespeicherten Wirkungskennlinien oder unmittelbar mittels eines physikalischen Prozeßmodells gewonnen wird, erlauben es, den Dickensprung durch zeitgerechtes Erhöhen der Rückzugspannung von 50 N/mm² auf 55 N/mm² zu kompensieren; der beispielhaft gewählte Regelbereich wird durch die in Fig. 3 unterbrochene Regelungskennlinie 17 hervorgehoben.

[0017] Zur Erhöhung der Rückzugspannung auf 55 N/mm² wird - am Beispiel der Fig. 1 - die Steuerrolle 13 des Zugmittels 11 wie in Fig. 1 gezeigt in den Bandlauf der Folie 2 abgesenkt, so daß eine elastische Längenänderung des Folienbandes 2 bewirkt wird. Dies geschieht zeitgerecht, d.h. mit einer hohen Dynamik der Zugänderung, die die anstellbare, d.h. absenk- und anhebbare Steuerrolle 13 ermöglicht. Durch die Einlaufdickenmessung des Folienbandes mittels des zwischen der Ablaufhaspel 4 und dem Walzspalt 5 bzw. Walzgerüst 6 angeordneten Dickenmeßgerätes 9 läßt sich somit eine additive und anhand der Kennlinie und des Einlaufdickenfehlers bemessene Zugänderung erreichen, so daß mit der beschriebenen Regelung ein Dickenfehler bereits im voraus vermieden bzw. weitgehend verringert wird.

Patentansprüche

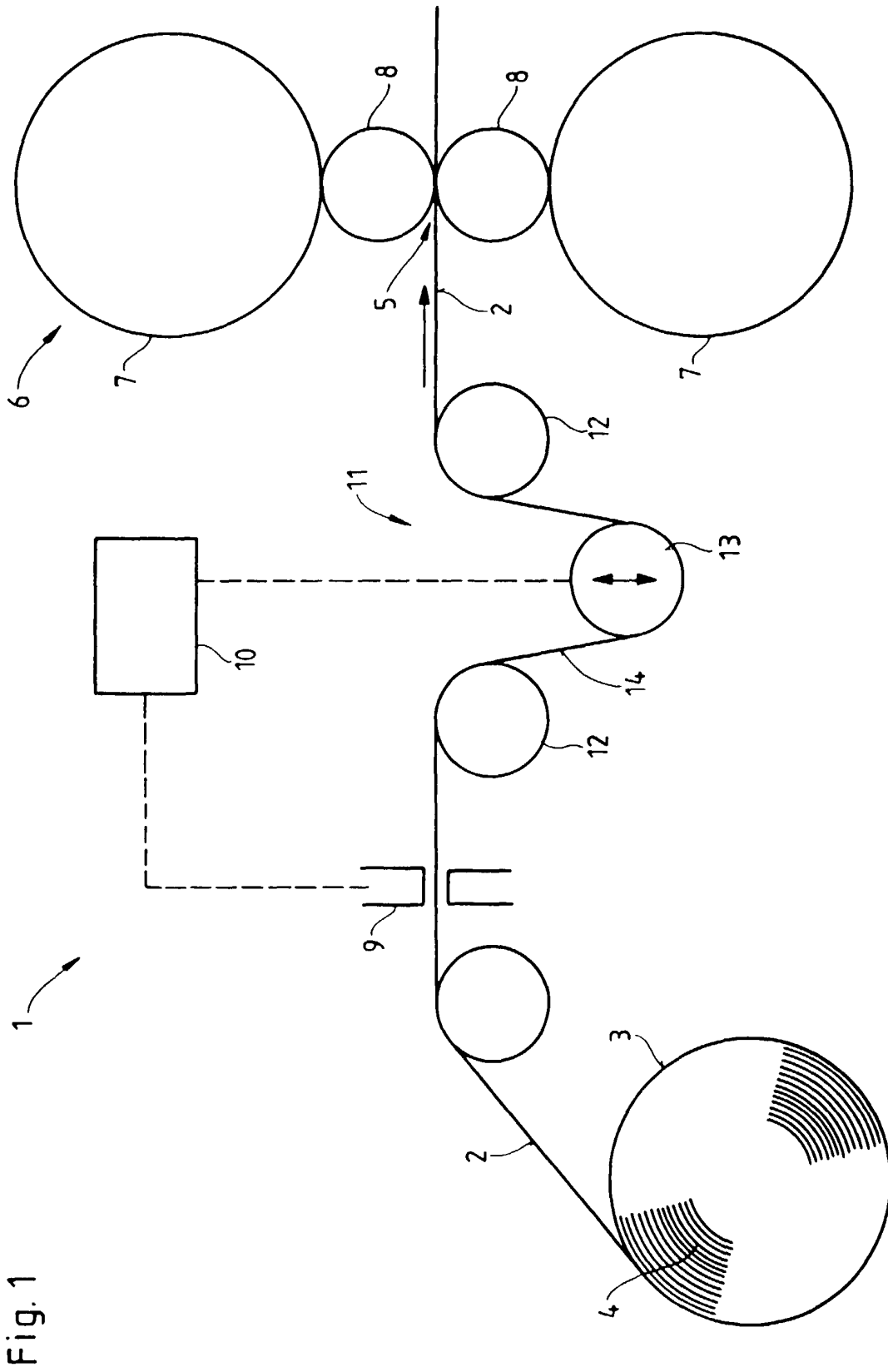
1. Verfahren zur Dickenregelung beim Folienwalzen mit Hilfe von in einem Prozeßrechner (10) abgespeicherten Wirkungskennlinien der einzelnen Stellgrößen, z.B. Bandzüge, Walzgeschwindigkeiten, für verschiedene Arbeitspunkte, auch in Kombination mit einer Monitorregelung, **dadurch gekennzeichnet**, daß Dickenabweichungen der Folie (2) einlaufseitig ermittelt und durch eine Dickenvorsteuerung kompensiert werden, wobei unter Beibehaltung der anderen Walzparameter die Stellgröße, vorzugsweise die Bandzugspannung, durch ein hochdynamisches Stellmittel (13) in Abhängigkeit vom Arbeitspunkt geändert wird. 5 10 15
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Sollwert der Stellgröße und das Stellgrößenregelfenster zur Rückführung des Stellmittels in eine neutrale Position oder auf einen neutralen Wert verschoben wird. 20
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Bandrückzugspannung durch einen hochdynamischen Ablaufhaspel in Abhängigkeit vom Arbeitspunkt geändert wird. 25 30

Claims

1. Method of thickness regulation in foil rolling, with the aid of characteristic lines of action, which are stored in a processing computer (10), of the individual setting magnitudes, for example strip tensions, rolling speeds, for various working points, also in combination with a monitoring regulation, characterised in that thickness deviations of the foil (2) are detected at the inlet side and compensated for by a thickness preliminary control, wherein the setting magnitude, preferably the strip tensile stress, are changed in dependence on the working point by a high-dynamic setting means (13) while maintaining the other rolling parameters. 35 40 45
2. Method according to claim 1, characterised in that the target value of the setting magnitude and the setting magnitude regulating window for restoration of the setting means into a neutral position or to a neutral value are displaced. 50
3. Method according to claim 1, characterised in that the strip restoring tensile stress is changed in dependence on the working point by a high-dynamic supply reel. 55

Revendications

1. Procédé pour la régulation à action directe d'épaisseur dans le laminage de feuillets à l'aide de lignes caractéristiques d'action des variables réglantes, mémorisées dans un ordinateur industriel (10), par ex. tractions de bande, vitesses de laminage, pour différents points de fonctionnement, aussi en combinaison avec un réglage de moniteur, **caractérisé en ce** que les différences d'épaisseurs du feuillet (2) sont calculées du côté de l'entrée et compensées par une régulation d'épaisseur, la variable réglante, de préférence la tension de traction de bande, étant modifiée par un système de réglage (13) à réponse très rapide en fonction du point de fonctionnement et en conservant les autres paramètres de laminage. 5 10 15
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce** que la valeur de consigne de la variable réglante et la fenêtre de réglage des variables réglantes pour le retour du système de réglage est décalée à une position neutre ou à une valeur neutre. 20 25
3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce** que la tension de traction de retour de bande est modifiée par un dévidoir à réponse très rapide en fonction du point de fonctionnement. 30



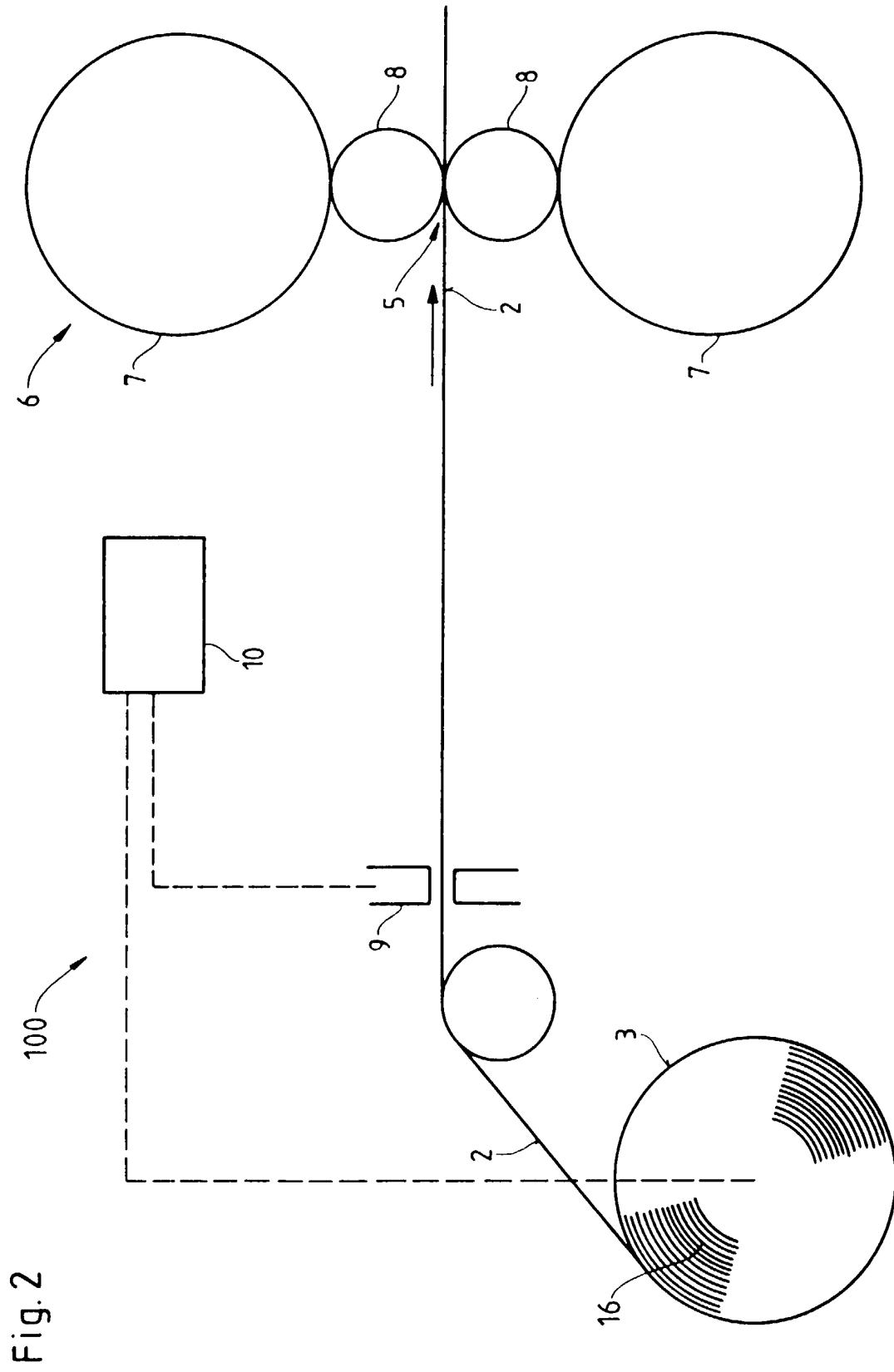


Fig. 2

