

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 375 094 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
18.09.1996 Patentblatt 1996/38

(51) Int. Cl.⁶: **B21B 37/16**, B21B 37/58

(21) Anmeldenummer: **89250129.7**

(22) Anmeldetag: **22.12.1989**

(54) Verfahren und Vorrichtung zum Warmbandwalzen

Method and device for the hot-rolling of strip

Procédé et dispositif pour le laminage de bandes à chaud

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

(30) Priorität: **22.12.1988 DE 3843731**
22.12.1988 DE 3843730

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.06.1990 Patentblatt 1990/26

(73) Patentinhaber: **Preussag Stahl**
Aktiengesellschaft
D-31226 Peine (DE)

(72) Erfinder:
• **Dorna, Reinhold**
D-3320 Salzgitter 51 (DE)
• **Klauffehn, Ulrich**
D-3342 Dornburg (DE)
• **Köhler, Wolfgang**
D-3342 Wolfenbüttel (DE)
• **Kott, Bruno**
D-3344 Flöthe (DE)
• **Menzel, Günter**
D-3320 Salzgitter 51 (DE)
• **Speth, Winfried, Prof. Dr.**
D-7900 Ulm (DE)

(74) Vertreter: **Lüdtke, Frank**
Preussag AG
Patente und Lizenzen
Postfach 61 02 09
30602 Hannover (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 3 637 043 **DE-A- 3 828 495**
FR-A- 2 568 496 **US-A- 4 162 624**
• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 010, no.
187 (M-493)2. Juli 1986 & JP-A-61 030 211 (FUJI
ELECTRIC CO LTD) 12 Februar 1986
• **STAHL UND EISEN** Bd. 99, Nr. 24, Dezember
1979, DJSSELDORF DE Seiten 1361 - 1371
D.SCHOENERT 'Antriebs- und Regelprobleme
kontinuierlicher Walzanlagen'
• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 012, no.
039 (M-665)5. Februar 1988 & JP-A-62 192 206
(NIPPON STEEL CORP) 22 August 1987
• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 012, no.
292 (M-729)10. August 1988 & JP-A-63 068 207
(KOBE STEEL LTD) 28 März 1988
• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 007, no.
095 (M-209)21. April 1983 & JP-A-58 020 313
(SUMITOMO KINZOKU KOGYO) 5 Februar 1983
• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 008, no. 35
(M-276)(1472) 15. Februar 1984 & JP-A-58 192
606 (ISHIKAWAJIMA HARIMA JUGOGYO KK) 10
November 1983

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 0 375 094 B1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Regeln des Warmbandwalzens gemäß den Oberbegriffen der Ansprüche 1 und 13.

Durch Warmbandwalzen auf modernen kontinuierlichen Walzstraßen mit meist fünf oder mehr Walzgerüsten in der Fertigstaffel soll neben der Beeinflussung der technologischen Kennwerte des Bandes durch geregeltes thermomechanisches Walzen eine in engen Toleranzen vorbestimmte Fertiggeometrie des Bandes eingestellt werden.

Bei gegebenem Einlaufquerschnitt und bekannter Einlaufgeschwindigkeit eines Bandes sowie erwünschtem Auslaufquerschnitt des Bandes wird dessen zwangsläufige Streckung während des Walzens durch von Gerüst zu Gerüst kaskadenartig steigende Walzgeschwindigkeit und damit steigende Walzendrehzahl in Abhängigkeit von der in der Regel degressiv gestuften Stichabnahme kompensiert. Mit zunehmender Verweilzeit kühlt das Band vor und in der Fertigstaffel aus; daher wird die Basiswalzgeschwindigkeit und somit die Wärmeabgabe aufgrund erhöhter Formänderungsarbeit stetig gesteigert, um die metallurgisch wichtige Endwalztemperatur annähernd konstant zu halten (Temperatur-speed-up). Diese Vorgaben für die Geschwindigkeitsverhältnisse und die rechnerischen Leerwalzspalthöhen der Einzelgerüste gibt ein Solleitwertrechner vor.

Die Bandgeschwindigkeit und die Walzenumfangsgeschwindigkeit sind aber nur in der Fließscheide gleich. Das Material erfährt eine Vor- und Nacheilung im Walzspalt. Um dadurch entstehende Probleme zu vermeiden, können Walzstraßen mit einer Bandzugregelung durch Drehzahlanpassung und/oder Schlingenheber ausgerüstet sein, die zusätzlich zu einer Walzspaltkontrolle und Walzkraftmessung sowie Banddickenmessung eine Steuerung der Walzstraße ermöglichen (Iron and Steel Engineer, 9/84, Seite 45 - 51). In dieser Veröffentlichung ist außerdem detailliert die Funktionsweise einer belastungsabhängigen Regelung der Walzspalthöhe (Lagerspiel- und Gerüstdehnungskompensation) und die Möglichkeit des Verzichtes auf Schlingenheber zwischen den ersten Gerüsten der Fertigstaffel dargestellt, wobei die Schlingenheber durch eine Minimalzugregelung aufgrund bekannter Walzkraft und Motormomente und daraus resultierender Drehzahländerung der Arbeitswalzen ersetzt werden.

Aus DE-A-27 21 973 geht ein Verfahren hervor, bei dem der gesamte Materialstrom durch eine Walzstraße durch eine Minimalzugregelung allein mittels Drehzahlkorrektur der Arbeitswalzen sowie einer Dickenregelung am ersten Gerüst beeinflusst wird.

Das in dieser Offenlegungsschrift beschriebene Verfahren hat das klassische Wirkungsprinzip, das heißt, es werden Zugdifferenzen gemessen, die als Differenzen im Bandvorrat interpretiert werden. Das Wirkungsprinzip regelt jedoch Differenzen im Bandvorrat über die Drehzahlverstellung der Walzgerüste. Im

Gegensatz dazu werden bei der vorliegenden Lösung das Wirkungsprinzip, daß Bandvorratsdifferenzen über die Walzspalthöhen im Folgegerüst ausgeregelt. In der DE-A-27 21 973 (nächstkommender Stand der Technik) wird auf die Bandvorratsmessung mit beweglichen Umlenkrollen gänzlich verzichtet. In der vorliegenden Lösung ist dieses Verfahren lediglich als Möglichkeit für die vorderen Gerüste beschrieben, während bei den hinteren Gerüsten über eine direkte Bandvorratsmessung mit beweglichen Umlenkrollen gearbeitet wird.

Ein Drehzahlregelkreis ist aber wegen der großen Ansprechzeit aufgrund der Schwungmassen der Walzen sehr träge.

Von daher ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Regeln des Warmwalzens von Bändern in der Fertigstaffel einer Walzstraße vorzuschlagen, die ein sehr genaues Einstellen der Banddicke ermöglichen, bei relativ geringem Aufwand für eine praxisnahe Regeloptimierung.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Ansprüche 1 und 13 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen erfaßt.

Verfahrensbedingt sind die Massenströme am Einlauf und Auslauf der Fertigstaffel gleich groß. In der bekannten Kontinuitätsgleichung ändern sich jedoch während des Verfahrensablaufs die Parameter Breite, Dicke, Geschwindigkeit und Wichte des Bandes. Mit Ausnahme der Wichte lassen sich die Parameter an der Walzstraße direkt messen. Die Wichte als Funktion von Walztemperatur und Materialart wird nur als implizite statistische Größe während des Walzens erfaßbar. Die Wichteänderung von ca. 0,1 % während des Warmwalzens ist vernachlässigbar.

Die Erfindung berücksichtigt die Erkenntnis, daß der Bandvorrat zwischen den Gerüsten geregelt werden muß, um einen stabilen Betriebszustand beim Warmwalzen zu erreichen.

Außerdem wird berücksichtigt, daß zumindest in erster Näherung die während des Walzens auftretende Breitung oder Einschrumpfung des Bandes entweder konstant bleibt oder sich in bekannter Weise ändert, somit in eine Materialflußrechnung als Faktor rechnerisch einfließen kann.

Wenn man sich die Walzstraße als Regelstrecke, der die Regelkreise für die Soll-Leitwerte Drehzahlen und Leerwalzspalte beziehungsweise Lastwalzspalte zugeordnet sind, vorstellt, erhält man als wichtige Ausgangssignale die Walzkraft, die Walzmomente, die Schlingenheberwinkel, die auslaufende Banddicke und die Auslaufgeschwindigkeit. Als Stellgrößen stehen die Drehzahlen der Walzen und die Walzspaltzustellungen zur Verfügung. Die Drehzahlen beeinflussen die Schlingenheberwinkel und die Materialflußgeschwindigkeit; die Walzspaltzustellung beeinflusst ebenfalls die Schlingenheberwinkel, die Materialflußgeschwindigkeit sowie die resultierenden Banddicken. Als Störgröße wirkt in erster Linie in dieser Regelstrecke die Variation der Formänderungsfestigkeit des Bandes als Funktion von Materialart und Temperatur. Dazu gehören auch soge-

nannte Skidmarks (Schienenschatten) aus der Brammenerwärmung. Auch Unregelmäßigkeiten beim Längsteilen oder Vorwalzen von Brammen sowie fehlende seitliche Stauchaggregate in der Vorwalzstraße lassen Bandgeometrieschwankungen entstehen.

Da genügend Stellgrößen zur Beeinflussung des Regelsystems zur Verfügung stehen, kann primär auf eine Drehzahlverstellung der Walzen verzichtet werden. Eine Walzspalthöhenänderung kann wesentlich schneller geschehen als eine Änderung der Walzendrehzahl, so daß sich die Zustellung des Walzenspaltes als Stellgröße für eine Bandvorratsregelung und zur Korrektur der Banddicke an den Gerüsten am besten eignet.

Erfindungsgemäß wird dazu der übliche Leit-Sollwert für den Positionsregelkreis "Leer-Walzspalt" nach Einlauf des Bandes in das erste Gerüst gerüstweise durch Stellsignale der einzelnen Bandvorratsregler abgelöst. Die Bandvorratsregler steuern in der Folge den Massenfluß, rechnerisch den Volumenfluß, in der Fertigstaffel für die Warmbandstrecke mit Ausnahme des Bandendes. Kurz bevor das Bandende ein Gerüst erreicht, löst die bekannte automatische Lastwalzspaltkontrollvorrichtung die Bandvorratsregelung wieder ab. Bei diesem Umschaltverfahren werden die momentanen Istwerte der Banddicke beziehungsweise der Walzspalte stoßfrei als Sollwerte übernommen, um ein erneutes Einschwingen der Regelkreise zu vermeiden. Für die einzelnen primär unabhängig voneinander wirkenden Bandvorratsregler werden unterschiedliche Indikatoren als Regelgröße verwendet.

Eine Sollwertabweichung beziehungsweise den Istwert für einen bestimmten Bandvorrat eines Abschnittes der Fertigstaffel liefert entweder die Bandzugermittlung oder die Winkelmessung des Schlingenheberausschlages.

Davon unterscheidet sich die Regelung des ersten Gerüstes. Hier kann die Dicke und die Geschwindigkeit des einlaufenden Bandes - unter der zulässigen Annahme, daß momentan eine konstante Bandbreite vorliegt - also ein Massenstromäquivalent gemessen werden. Bei Änderung der Dicke oder Geschwindigkeit des Bandes kann der Walzspalt so am ersten Gerüst eingestellt werden, daß der Massenstrom, rechnerisch vereinfacht als Produkt aus Dicke und Geschwindigkeit, durch Rückstau des Materials konstant bleibt.

Da erfindungsgemäß die Schlingenregelung zwischen den vorderen Gerüsten durch eine Zugregelung des Bandes ersetzt werden kann, erreicht man eine relativ gute Planlage des Bandes. Dies ermöglicht den Einsatz einer Dickenmeßanlage hinter dem ersten Gerüst und damit die zusätzliche Möglichkeit der Dickenregelung des Warmbandes am ersten Gerüst.

Es hat sich in Versuchen überraschend die Annahme bestätigt, daß man auf teure schwenkbare Schlingenheber zwischen den ersten Gerüsten ganz verzichten kann und den Schlingenheber vor dem letzten oder mehreren der letzten Gerüste als einfache, vertikal verfahrbare Umlenkrolle gestalten kann, wenn man die erfindungsgemäße Verfahrenskonzeption anwen-

det. Die Wirksamkeit der vorderen Schlingenheber ist sowieso durch die Bandsteifigkeit relativ gering, und der gleiche Effekt kann durch ein aus gemessenen Wellenmomenten der Arbeitswalzen und Walzkräften errechneten Bandzug mittels Bandvorratsregelung des folgenden Gerüstes erreicht werden.

Bei der Ermittlung der Bandzugspannung zwischen den Gerüsten kann die Methode der Funkübertragung von DMS-Drehmomentmessungen angewendet werden. Gegenüber der Momentermittlung aus den Strom- und Spannungswerten der Walzantriebe erfaßt die DMS-Methode verlustfrei die Torsionsmomente direkt an der Arbeitswalzenwelle. Die Ergebnisse stehen dann durch die Funkübertragung verzögerungsfrei für die Zugberechnung zur Verfügung.

Die Auswahl der geeignetsten Indikatoren, die eine Variation des Massenflusses bzw. Bandvorrates vor dem Gerüst anzeigen, wird jeweils nach deren günstigsten Eigenschaften hinsichtlich der Bedingungen getroffen: geringster Aufwand an Investitionen, größte Regelgeschwindigkeit und beste Wirkung auf die Bandgeometrie. Als vorteilhaft hat es sich erwiesen, den Schlingenheberwinkel möglichst konstant zu halten, weil dadurch Schwierigkeiten, die aus der nicht winkelproportionalen Kraftwirkung der Schlingenheber auf das Band resultieren, bei der Ausregelung verhindert werden.

Sollte die Banddicke hinter der Fertigstaffel trotz Bandvorratsregelung noch außerhalb der gewünschten Toleranzen liegen, wird eine die Bandvorratsregelung ergänzende Dickenregelung eingesetzt. Angestrebt werden maximale Abweichungen von der Sollbanddicke von kleiner 0,05 mm. Dazu wird der beispielsweise mit einem Durchstrahlungsmeßgerät - Gammastrahler Caesium 137 - gemessene Dicken-Istwert einem Dickenregler zugeführt, der gegebenenfalls zwei Stellsignale korrelierend zu dem Maß der Abweichung von der Solldicke erzeugen kann.

Eine Dickenänderung läßt sich als Trend im Dickenmeßgerät hinter der Fertigstaffel erfassen und somit kann durch Änderung des Drehzahlrends (Temperatur-speed-up) der Arbeitswalzen zwischen zwei Gerüstgruppen der Fertigstaffel örtlich der Bandvorrat erhöht oder verringert werden mit dem Effekt, daß der Bandvorratsregler eingreift und die Banddicke ändert. Gleichzeitig kann ein Korrektursignal - zeitverzögert zur Anpassung an die höhere Regelgeschwindigkeit des Walzspaltregelkreises - an den Walzspaltregler des betroffenen Gerüstes geleitet werden, damit sich der Bandvorrat tatsächlich nicht ändert.

Eine noch genauere Steuerung der Banddicke kann erreicht werden, wenn die näherungsweise rechnerisch in die Volumenflußregelung bzw. Massenstromregelung einbezogene Bandbreitenänderung ebenfalls regelungstechnisch weitgehend kompensiert wird. Dazu kann bei der letzten Stichabnahme eine Regelung der Bandbreite vorgenommen, in dem die Bandbreite gemessen und die Meßwerte in einem Breitenregler mit Sollwerten für die Bandbreite verglichen werden.

Sobald Sollwertabweichungen entstehen, wird daraus nach vorgegebenem Rechenschema eine neue Bandzugspannung errechnet, die zur Breitenänderung des Bandes vor der letzten Stichabnahme führen muß. Dazu gibt der Breitenregler ein Signal an den Bandvorratsregler des letzten Gerüsts, der dann wiederum die Zugspannungsänderung durch Verstellung des Walzspaltes erzeugt. Mit dieser schnellen Regelung lassen sich örtliche Breitenchwankungen, die u. a. aus Skidmarks (Schienenschatten bei der Brammenerwärmung) herrühren können, korrigieren, ohne daß die langsamere Dickenregelung für Kompensation sorgt.

Ansonsten muß der Dickenregler ebenfalls eine Störgrößenaufschaltung erhalten.

Die letzte Stichabnahme muß für diese Regelung so gestaltet werden, daß sie prozentual größer ist als die auszuregelnde Bandbreitenschwankung.

Prinzipiell funktioniert die Breitenregelung, wenn die Bandbreite hinter der letzten Stichabnahme gemessen wird. Der Zeitverzug bei der Regelung läßt es jedoch günstiger erscheinen, die Bandbreite schon vor der vorletzten Stichabnahme zu messen oder zwei Meßgeräte einzusetzen, damit der Breitenregler schon vorgesteuert werden kann. Das gleiche Verfahren läßt sich auch für eine Breitenregelung durch Änderung der Zugspannung des Bandes zwischen den ersten Gerüsten durchführen, sofern dort entsprechende Breitenmeß- und Regelgeräte eingesetzt werden.

Anhand schematischer Zeichnungen soll die Erfindung näher erläutert werden. Es zeigen

- Fig. 1 die Kraftwirkung eines Schlingenhebers,
- Fig. 2 eine Regelung für eine Fertigstaffel als Blockschaltbild.
- Fig. 3 eine Regelung am ersten Gerüst einer Fertigstaffel als Blockschaltbild und
- Fig. 4 eine weitere Regelung an den letzten Gerüsten einer Fertigstaffel als Blockschaltbild.

Das Diagramm in Fig. 1 zeigt die Änderung der spezifischen Zugspannung im Warmband 10 über der Winkelstellung (Looperwinkel) eines Schlingenhebers (Looper) bei 4 bis 10 bar Fluidruck (Looperdruck) des Hubzylinders des Schlingenhebers. Jede Winkeländerung des Schlingenhebers verursacht also Zugschwankungen im Band. Bei der Bandvorratsregelung sind die Bandzugänderungen wesentlich geringer als bei der konventionellen Schlingenregelung.

Fig. 2 zeigt die Verhältnisse an der Fertigstaffel einer Walzstraße für Warmbreitband 10 mit sieben Walzgerüsten 1...7, vier schwenkbaren Schlingenhebern 12...15 und einer vertikal verstellbaren und arretierbaren Umlenkrolle 16 mit Kraftmeßeinrichtung 9. Die Antriebe, Meßgeräte und Stellorgane sind der besseren Übersicht wegen nicht alle dargestellt. Jedes Gerüst verfügt über einen Bandvorratsregler BVR und am letz-

ten Gerüst ist zusätzlich ein Dickenregler DR installiert. Gemäß dem Stand der Technik verfügt jedes Gerüst außerdem über einen Positionsregler PR und eine automatische Last-Walzspaltkontrolle AGC, der von einem Walzspaltrechner HR die aktuell aus Walzkraft f und der angezeigten Position s der Walzen errechneten Walzspalte h erhält.

Bei der folgenden Funktionsbeschreibung sollen große Buchstaben Sollwerte und kleine Buchstaben Istwerte kennzeichnen.

Alle Sollwerte für die Walzendrehzahlen NL werden von einem nicht dargestellten Leit-Sollwertrechner fest vorgegeben und während des Walzens entsprechend dem gewünschten Stichplan rampenförmig und dem gewünschten Temperature-speed-up tendenziell erhöht. Drehzahlregler DNR sorgen dafür, daß die Drehzahlen ihre momentanen Sollwerte $N_1 \dots N_7$ einhalten.

Die Sollwerte der Walzspalthöhen SL werden ebenfalls vor Walzbeginn vom Leit-Sollwertrechner vorgegeben. Sie müssen während des Walzens ständig nachgeregelt werden, um sich an den Materialstrom beziehungsweise Bandvorrat anzupassen. Die nötigen Stellsignale δS liefern die Bandvorratsregler BVR. Jeder Bandvorratsregler BVR bezieht seinen Istwert aus dem in das jeweilige Gerüst 1...7 einlaufenden Bandstück, während sein Sollwert SL konstant ist. Die als Istwert verwendete physikalische Größe ist in allen Fällen ein Maß für den Vorrat an Bandvolumen (Massenvorrat) vor dem Gerüst und nach dem Vorgängigerüst. Die Bandvorratsregler BVR regeln also auf konstanten Bandvorrat zwischen den Gerüsten 1...7.

Beim ersten Gerüst wird die nicht dargestellte nominelle Dicke H_Z als Sollwert und die aktuelle Dicke h_Z als Istwert verwendet. Streng genommen ist dieser Bandvorratsregler BVR also lediglich ein Dickenregler. Er kann durch die Dicke h_0 vorgesteuert werden.

Bei den Gerüsten 3 bis 6 dienen Schlingenheberwinkel $\alpha_{12} \dots \alpha_{15}$ als Istwert für die Bandvorratsregler BVR. Jeder Winkel ist ein Maß für die vorrätige Bandlänge.

Bei den Gerüsten 2 bzw. 7 wird die im einlaufenden Bandstück vorhandene Zugkraft z_1 beziehungsweise z_6 als Istwert für den jeweiligen Bandvorratsregler BVR verwendet. Die Zugkraft gibt den Bandvorrat an, der verfügbar ist, wenn sich das Material plastisch verformt. Bei kleiner Zugkraft ist der Vorrat größer als bei großer Zugkraft. Sehr unterschiedlich sind bei den Gerüsten 2 und 7 die Methoden zur Ermittlung der Zugkräfte z_1 und z_6 . Die Zugkraft z_1 vor dem Gerüst 2 wird aus den Meßwerten der Walzkraft f und des Drehmomentes m der Arbeitswalzenwelle im Gerüst 1 vor und nach dem Einlaufen des Bandes 10 im Gerüst 2 im Bandzugrechner ZB berechnet.

Das Drehmoment m wird durch nicht dargestellte Dehnungs-Meß-Streifen festgestellt und per Funk an den Bandzugrechner ZB übertragen.

Um die Zugkraft z_6 vor dem Gerüst 7 zu bestimmen, wird eine mit einem Kraftsensor 9 ausgerüstete

Umlenkrolle 16 benutzt. Sie wird dazu unmittelbar nach dem Anstich des Gerüsts 7 hydraulisch vertikal in ihre Sollposition eingefahren und dort blockiert.

Der Verfahrensablauf beim Fertigwalzen eines Warmbandes ist wie folgt geregelt:

Nach Einlauf des Bandes 10 in Gerüst 1 werden die Dicken h_0 und h_Z mit den Dickenmessern DO, DZ sowie das Drehmoment m und die Walzkraft f bzw. der Quotient m/f ermittelt. Die Dicke wird dem BVR zugeleitet, der die weitere Regelung an Gerüst 1 übernimmt. Nach Einlauf des Bandes 10 in Gerüst 2 ändern sich die Meßwerte m und f sowie deren Quotient. Aus der Änderung wird im Bandzugrechner ZB die Bandspannung beziehungsweise Zugkraft z_1 ermittelt und damit der Bandvorratsregler BVR an Gerüst 2 beaufschlagt, der im folgenden die Lastwalzspalthöhe s_2 steuert. Die Kontrolle erfolgt dabei über den Positionsregler PR. Nach Anstich des Gerüsts 3 wird der Schlingenheber 12 in Sollposition gefahren, eine Sollwertabweichung von a_{12} führt durch den Bandvorratsregler BVR an Gerüst 3 zu einer Änderung der Lastwalzspalthöhe s_3 . Das gleiche Verfahren gilt für die Gerüste 4, 5, 6. Nach Anstich des Gerüsts 7 wird die Umlenkrolle 16 in die Sollposition gefahren und dort arretiert. Kraftsensor 9 ermittelt die Zugkraft z_6 und beaufschlagt damit den Bandvorratsregler BVR an Gerüst 7. Alle Bandvorratsregler BVR sorgen durch gegebenenfalls notwendige Änderung der Walzspalte für einen konstanten Bandvorrat zwischen den Gerüsten, mit der Folge, daß die Schlingenheber 12...15 nur in engen Grenzen schwingen. Dadurch werden bei "richtiger" Voreinstellung der Banddicke H_Z sehr geringe auszuregelnde Abweichungen erzielt, die dann noch durch die sehr schnelle Walzspaltverstellung korrigiert werden.

Trotzdem können durch Störungen, beispielsweise resultierend aus Temperatur- oder Dickendifferenzen des Vorbandes, die gewünschten Dickentoleranzen hinter der Fertigstaffel überschritten werden. Dies wird durch eine abschließende Dickenmessung festgestellt. Zur Korrektur wird die Bandvorratsregelung ergänzt durch eine Regelung der Austrittsdicke h_E . Die Wirkungsweise der Dickenregelung mit Hilfe des Dickenreglers DR ist aus folgender Überlegung abgeleitet worden:

Bei jedem Walzvorgang erhält man die Dicke h des aus dem Walzspalt austretenden Bandes 10, in dem die Eintrittsdicke in das Gerüst durch den Verlängerungsfaktor dividiert wird, um den sich die Bandlänge vergrößert. Die Breitung des Bandes 10 ist dabei vernachlässigbar. Für die Gerüste 1 bis 7 gilt also die Beziehung:

$$h_0 \cdot v_0/v_7 = h_E.$$

Dabei sind h_0 die Eintrittsdicke und h_E die Austrittsdicken, v_0 die Eintrittsgeschwindigkeit in Gerüst 1 und v_7 die Austrittsgeschwindigkeit aus Gerüst 7. Der Quotient v_0/v_7 ist der reziproke Verlängerungsfaktor. Um die Austrittsdicke h_E zu beeinflussen eignen sich

nach der Gleichung die Größen h_0 , v_0 und v_7 . Diese drei Größen wirken in diesem Regelkreis jedoch verschieden schnell auf die Austrittsdicke h_E ein. Die Gleichung beschreibt nur den stationären Gleichgewichtsstand; das dynamische Verhalten ist anders. Am langsamsten wirkt sich die Eintrittsdicke h_0 auf die Austrittsdicke h_E aus. Verzögernd wirkt hier die Laufzeit des Bandes 10 durch alle Gerüste. Mindestens zehnmal schneller ist der Einfluß der Geschwindigkeit v_0 . Ihre Wirkung wird nur verzögert durch das Einschwingen der sechs nacheinander eingreifenden Bandvorratsregelkreise. Am schnellsten wird die Austrittsdicke h_E durch die Geschwindigkeit v_7 beeinflusst, weil hier nur der letzte Bandvorratsregelkreis einschwingen muß. Als Stellglied für einen Dickenregelkreis eignet sich daher am besten die Geschwindigkeit v_7 . Im Regelkonzept der Walzstraße gemäß Fig. 2 liefert der Dickenregler DR ein Korrektursignal δv_7 , das zu der vom Rechner über die Walzendrehzahl N_7 vorgegebenen Geschwindigkeit positiv oder negativ addiert wird. Stattdessen könnte man auch den Temperature-speed-up für die Gerüste 1 bis 6 um den Wert δv_7 verändern.

Große Regelhübe des Dickenreglers DR sind unerwünscht, denn sie bedeuten eine Lastumverteilung unter den Gerüsten. Um dem Dickenregler DR Arbeit abzunehmen, kann deshalb am Eingang der Walzstraße entweder das aus den Meßwerten h_0 und v_0 berechnete Produkt durch den Bandvorratsregler von Gerüst 1 auf einen konstanten Wert geregelt werden, oder es kann, wie in Fig. 2 dargestellt, das Produkt $h_Z \times v_1$ konstant gehalten werden, indem v_1 näherungsweise durch den Drehzahlregler und h_Z durch den Bandvorratsregler des ersten Gerüsts konstant gehalten wird.

Die Messung der Dickenwerte h_0 und h_Z könnte daher auch gemäß Fig. 3 durch die Messung der aktuellen Dicke h_0 mit Dickenmesser DO und der aktuellen Einlauf-Geschwindigkeit v_0 ersetzt werden, ohne das Regelprinzip zu ändern.

Die Bandvorratsregler BVR können natürlich ihre Stellsignale δs für den Positionsregler PR nur solange liefern, solange die Bandvorratsindikatoren von dem jeweiligen Meßgebern fließen. Wenn das Bandende einen Meßgeber erreicht, muß also der entsprechende Bandvorratsregler BVR außer Funktion gesetzt werden. Dann übernimmt erfindungsgemäß die durch Walzkraft f beaufschlagte Lastwalzspaltkontrolle AGC die weitere Regelung des Walzspaltes in an sich bekannter Weise. Beim Umschalten von dem Bandvorratsregler BVR zur Kontrolleinrichtung AGC wird der augenblickliche Walzspaltwert stoßfrei übernommen. Aus der Darstellung in Fig. 2 ergibt sich, daß die Umschaltung von Gerüst 2 auf AGC erfolgt, sobald das Band 10 das Gerüst 1 verläßt, weil dann der Bandvorratsregler BVR keine Zugspannungswerte z_1 mehr erhält. Für die Gerüste 3 bis 6 gilt dies analog, da die Schlingenheber außer Funktion gesetzt werden müssen; für das Gerüst 7 kann an Umlenkrolle 16 entspre-

chend keine wahre Kraftwirkung mehr gemessen werden.

Für ein neues Band 10 beginnt der Verfahrensablauf wieder wie beschrieben.

Fig. 4 zeigt die Möglichkeit, den Verfahrensablauf dadurch zu optimieren, indem die Fertigstaffel zusätzlich eine Breitenregelung erhält.

Der Breitenmesser 11 erfaßt die Bandbreite b_7 nach der letzten Stichabnahme in Gerüst 7. Im Breitenregler BR wird der Meßwert mit der Sollbreite BE verglichen. Bei einer Abweichung errechnet der Breitenregler BR ein Stellsignal δZ und beaufschlagt damit den Bandvorratsregler BVR des Gerüsts 7. Sollte die Bandbreite b_7 zu groß sein, wird das Signal δZ zur Aufschaltung eines Zugspannungswertes auf den mit der Zugspannung z_6 beaufschlagten Regler BVR führen, der dann einen zu großen Bandvorrat feststellt und den Walzspalt an Gerüst 7 um den Wert δS öffnet mit der Folge, daß die Zugspannung im Band vergrößert wird und die Bandbreite sich verringert. Die Regelwirkung ist schneller, wenn wie dargestellt, ein weiterer Breitenmesser 8 vor Gerüst 6 die aktuelle Bandbreite BR vorsteuert, so daß Breitendifferenzen ortsgetreu ohne Zeitverlust durch Einschwingen des Regelkreises ausgeregelt werden können.

Somit ist der Verfahrensablauf an der Walzstraße optimal regelbar und der Aufwand für Schlingenheber, Meßgeräte und Regelsysteme wird in Grenzen gehalten. Versuche mit diesem Regelsystem haben eine Verbesserung der Toleranzen für die Banddicke h_E auf Werte von plus/minus 0,02mm zur Solldicke von 1,5 mm ergeben.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Regeln des Walzens von Warmband auf einer mehrgerüstigen Fertigstaffel einer Walzstraße, bei der die Leerwalzspalthöhen (S) der einzelnen Walzgerüste nach den bekannten Methoden der Stichplanberechnung voreingestellt sind, dadurch gekennzeichnet, daß nach Anstich des Bandes in einem Folgergerüst der Bandvorrat zwischen dem vorhergehenden Gerüst und dem Folgergerüst durch einen Bandvorratsindikator gemessen und über eine Verstellung der Walzspalthöhe im Folgergerüst geregelt wird und daß nach dem Auslaufen des Bandes (10) aus dem vorhergehenden Gerüst (1 - 6) die Banddicke über einen Walzkraftindikator gemessen und bis zum Auslaufen des Bandes aus dem Folgergerüst ebenfalls durch Verstellen der Walzspalthöhe im Folgergerüst geregelt wird, wobei für das 1. Gerüst der Fertigstaffel das Ergebnis einer vorhergehenden Dicken- und Geschwindigkeitsmessung verwendet wird, wobei hinter der Fertigstaffel die Dicke (HE) des Bandes (10) gemessen wird und bei Abweichungen vom Sollwert die Dicke derart geregelt wird, daß zwischen zweien der Gerüste (1...7) der Bandvorrat durch Ändern der Drehzahlen

(N1...N7) aller folgenden oder vorhergehenden Arbeitswalzen geändert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die Walzspalthöhe (s) gerüstweise, in Abhängigkeit von
 - der gewünschten Solldicke vor dem Einlaufen des Warmbandes (10),
 - dem momentanen Bandvorrat vor einem Gerüst (1...7) während des Durchlaufes des Warmbandes (10) durch die Fertigstaffel und
 - der momentanen Walzkraft (f), sobald das Ende des Warmbandes (10) das vorhergehende Gerüst (1...6) verlassen hat, eingestellt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2 dadurch gekennzeichnet, daß der Bandvorrat vor einem Gerüst durch Verstellung der Walzspalthöhe (s) geregelt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3 dadurch gekennzeichnet, daß für die Bandvorratsregelung die Zugspannung (Z) im Warmband durch Messung der Walzkraft (f) und des Drehmomentes (m) an der Antriebswelle der Arbeitswalze ermittelt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4 dadurch gekennzeichnet, daß für die Bandvorratsregelung eines Gerüsts die Auslenkung (a) eines Schlingenhebers (12...15) vor dem Gerüst (3...6) gemessen wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Signale zum Regeln der Dicke des Warmbandes (10) als zeitverzögerte Signale zum Nachstellen der Walzspalthöhe (s) des hinteren der beiden Gerüste benutzt werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß am ersten Gerüst (1) die Indikatoren Dicke (h_0) und Geschwindigkeit (v_0) des Warmbandes (10) vor oder die Dicke des Warmbandes vor (h_0) und hinter (h_Z) dem Gerüst (1) bestimmt und danach die Walzspalthöhe (s) eingestellt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß vor dem letzten Gerüst (7) als Bandvorratsindikator die Reaktionskraft (z_6) des Warmbandes (10) auf eine feststellbare Umlenkrolle (16) verwendet wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich die Bandbreite (b7) geregelt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß

- die Bandbreite nach (b7) der letzten Stichabnahme und/oder vor (b5) der vorletzten Stichabnahme in der Fertigstaffel gemessen wird,
- die Meßergebnisse einem Breitenrechner (BR) zugeführt werden, der gegebenenfalls eine Sollwertabweichung feststellt und daraus einen Wert für eine Änderung der Bandzugspannung zwischen den beiden letzten Stichabnahmen errechnet und damit den Bandvorratsregler (BVR) des letzten Gerüsts (7) beaufschlagt.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, gekennzeichnet durch die Verwendung einer Kombination unterschiedlicher Indikatoren für die Bestimmung des momentanen Bandvorrates an den Gerüsten (1...7) einer Fertigstaffel eines Warmbandwalzwerkes, wobei

- für das erste Gerüst (1) die Geschwindigkeit (v_0) sowie die Banddicke (h_0) vor oder die Banddicke (h_0) vor und hinter (h_7) dem Gerüst (1),
- für ein oder mehrere folgende Gerüste (2) das Drehmoment (m) der Arbeitswalzenwelle und die Walzkraft (f) im vorhergehenden Gerüst (1) gemessen,
- für mindestens das letzte Gerüst (7), die Zugkraft im Band (z_6) vor dem Gerüst (7) durch Kraftmessung an einer feststellbaren Umlenkrolle (16) bestimmt,
- für die sonstigen Gerüste (3...6) die Auslenkung (a) eines vor dem Gerüst angeordneten Schlingenhebers (12...15) ermittelt wird;

zur gerüstweisen Regelung des Bandvorrates durch Ändern der Walzspalthöhe (s) und einer zusätzlichen Regelung der Enddicke des Warmbandes (10) durch Messen der Dicke (h_E) des Warmbandes hinter der Fertigstaffel und Ändern des Bandvorrates an einer Stelle der Fertigstaffel durch blockweise Korrektur der Drehzahlen ($N_1...N_7$) der vorhergehenden oder nachfolgenden Arbeitswalzen, sofern eine Abweichung zwischen Soll- und Istwert der Enddicke (h_E) des Warmbandes (10) festgestellt wurde.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, gekennzeichnet durch die Anwendung der Funk-

übertragung von Ergebnissen bei der direkten Drehmoment-Messung mittels Dehnungs-Meßstreifen an den Antriebswellen der Arbeitswalzen von Fertigstaffelgerüsten (1...7) einer Walzstraße zur verzögerungsfreien Ermittlung der Zugspannung (Z_1) im Warmband, vorzugsweise zum Regeln der Walzspalthöhe während des Warmbandwalzens.

13. Fertigstaffel einer Warmbandwalzstraße mit Meß-, Steuer- und Regeleinrichtung zum Erfassen und Beeinflussen der Verfahrensparameter zum Anwenden des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 12, gekennzeichnet durch die Kombination folgender Bauteile:

- einen die Walzspalthöhe (s) beeinflussenden Bandvorratsregler (BVR) je Gerüst (1...7) sowie
- ein Dickenmeßgerät (DO, DZ) für das Warmband (10) vor und/oder hinter dem ersten Gerüst (1) und einem Geschwindigkeitsmeßgerät vor dem ersten Gerüst und
- mindestens eine höhenverstellbare, in der Position verharrende Umlenkrolle (16) vor dem letzten Gerüst (7) zur Messung des Bandzuges als Bandvorratsindikator, die mit dem jeweiligen Bandvorratsregler (BVR) verbunden ist,
- ein von einem Meßgerät (DE) für die Enddicke (h_E) des Warmbandes (10) beaufschlagten und mit einem Drehzahlregler (DNR) einer oder mehrerer Arbeitswalzen verbundenen Dickenregler (DR), der bei Abweichungen von Sollwert die Dicke derart regelt, daß zwischen zweien der Gerüste (1 bis 7) der Bandvorrat durch Ändern der Drehzahlen (N_1 bis N_7) aller folgenden oder vorhergehenden Arbeitswalzen geändert wird und
- einer Regelung zur Beeinflussung der Walzspalthöhe, die mit Umschaltmitteln versehen ist, wobei nach Warmbandeinlauf in ein Gerüst von einer Sollbanddickenstellung zu einer Bandvorratsregelung umgeschaltet und auf eine Walzkraftregelung umgeschaltet wird, wenn das Band aus dem vorhergehenden Gerüst (1 bis 6) ausläuft.

Claims

1. Method of regulating the rolling of hot strip on a multiple-stand finishing group of a rolling train, wherein the empty roller nip heights (S) of the individual rolling stands are preset according to known methods for calculating the pass layout, characterised in that, after the initial pass of the strip in a sub-

sequent stand, the supply of strip between the preceding stand and the subsequent stand is measured by a strip supply indicator and regulated by an adjustment of the roller nip height in the subsequent stand, and in that, after the strip (10) has emerged from the preceding stand (1 - 6), the strip thickness is measured by a rolling force indicator and regulated until the end of the strip has emerged from the subsequent stand, likewise by adjusting the roller nip height in the subsequent stand, whereby the result of a preceding thickness and velocity measurement is used for the 1st stand of the finishing group, whereby the thickness (HE) of the strip (10) is measured behind the finishing group and, if there are any deviations from the desired value, the thickness is so regulated that the supply of strip between two of the stands (1...7) is changed by changing the rotational speeds (N1...N7) of all of the following or preceding working rollers.

2. Method according to claim 1, characterised in that the roller nip height (s) is set according to stands, in dependence on

- the desired thickness prior to the entry of the hot strip (10),
- the instantaneous supply of strip before a stand (1...7) while the hot strip (10) passes through the finishing group, and
- the instantaneous rolling force (f), as soon as the end of the hot strip (10) has left the preceding stand (1...6).

3. Method according to claim 1 or 2, characterised in that the supply of strip before a stand is regulated by adjusting the roller nip height (s).

4. Method according to one of claims 1 to 3, characterised in that, for regulating the supply of strip, the tensile force (Z) in the hot strip is determined by measuring the rolling force (f) and the torque (m) at the drive shaft of the working roller.

5. Method according to one of claims 1 to 4, characterised in that, for regulating the supply of strip to a stand, the deflection (a) of a loop lifter (12...15) is measured before the stand (3...6).

6. Method according to claim 1, characterised in that signals for regulating the thickness of the hot strip (10) are used as time-delayed signals for adjusting the roller nip height (s) of the rear stand of the two stands.

7. Method according to one of claims 1 to 6, characterised in that, at the first stand (1), the indicators

for the thickness (h0) and velocity (v0) of the hot strip (10) are determined before the stand (1), or the thickness of the hot strip is determined before (h0) or behind (hZ) the stand (1), and the roller nip height (s) is then set.

8. Method according to one of claims 1 to 7, characterised in that the reaction force (z6) of the hot strip (10) upon a securable guide roller (16) is used as the strip supply indicator before the final stand (7).

9. Method according to one of claims 1 to 8, characterised in that the strip width (b7) is additionally regulated.

10. Method according to claim 8, characterised in that

- the strip width after (b7) the final pass reduction and/or before (b5) the penultimate pass reduction is measured in the finishing group,
- the measurement results are fed to a width calculator (BR), which possibly ascertains a deviation from the desired value and calculates therefrom a value for a change in the tensile force of the strip between the last two pass reductions and, in consequence, acts upon the strip supply regulator (BVR) of the final stand (7).

11. Method according to one of claims 1 to 10, characterised by the use of a combination of various indicators for determining the instantaneous supply of strip to the stands (1...7) of a finishing group of a hot strip rolling mill, wherein

- for the first stand (1), the velocity (v0) as well as the strip thickness (h0) are measured before the stand (1) or the strip thickness (h0) is measured before and behind (h7) the stand (1),
- for one or more following stands (2), the torque (m) of the working roller shaft and the rolling force (f) are measured in the preceding stand (1),
- for at least the final stand (7), the tensile force in the strip (z6) before the stand (7) is determined by measuring the force on a securable guide roller (16),
- for the other stands (3...6), the deflection (a) of a loop lifter (12...15), which is disposed before the stand, is determined;

for regulating the supply of strip according to the stands by changing the roller nip height (s) and for an additional regulation of the final thickness of the hot strip (10) by measuring the thickness (hE) of the

hot strip behind the finishing group and changing the supply of strip at a location of the finishing group by blockwisely correcting the rotational speeds (N1...N7) of the preceding or subsequent working rollers if a deviation has been ascertained between the desired value and actual value for the final thickness (hE) of the hot strip (10).

12. Method according to one of claims 1 to 11, characterised by the use of the radio transmission of results when directly measuring torque by means of expansion measuring strips on the drive shafts of the working rollers of finishing group stands (1...7) of a rolling train for determining without any delay the tensile stress (Z1) in the hot strip, preferably for regulating the roller nip height during the hot strip rolling process.

13. Finishing group of a hot strip rolling train having measuring, controlling and regulating means for determining and influencing the operational parameters, for use with the method according to one of claims 1 to 12, characterised by the combination of the following component parts:

- a strip supply regulator (BVR) per stand (1...7), which regulator influences the roller nip height (s), as well as
- a thickness measuring device (DO, DZ) for the hot strip (10) before and/or behind the first stand (1) and a velocity measuring device before the first stand, and
- at least one vertically adjustable guide roller (16), which remains in the position, before the final stand (7) for measuring the strip tension as a strip supply indicator, which roller is connected to the respective strip supply regulator (BVR),
- a thickness regulator (DR), which is acted upon by a measuring device (DE) for the final thickness (hE) of the hot strip (10) and is connected to a rotational speed regulator (DNR) of one or more working rollers, said thickness regulator regulating the thickness, in the event of any deviations from the desired value, in such a manner that the supply of strip between two of the stands (1 to 7) is changed by changing the rotational speeds (N1 to N7) of all the following or preceding working rollers, and
- a regulating arrangement for influencing the roller nip height, which arrangement is provided with changeover means, whereby, after the hot strip has entered a stand, there is a changeover from a desired strip thickness position to a strip supply regulation, and there is a

changeover to a rolling force regulation when the strip emerges from the preceding stand (1 to 6).

5 Revendications

1. Procédé pour la régulation du laminage de feuillard à chaud sur une table de finition à plusieurs cages d'un train de laminaires, dans lequel la hauteur (S) de l'interstice à vide entre les cylindres des cages de laminaires individuelles est préalablement réglée suivant les procédés connus du calcul du programme de réduction d'épaisseur, caractérisé en ce que lorsque le feuillard a été pris dans une cage ultérieure, la quantité de feuillard entre la cage précédente et la cage suivante est mesurée par un indicateur de quantité de bande et est réglée par l'intermédiaire d'un ajustement de la hauteur de l'interstice entre les cylindres de la cage suivante, et en ce que, lorsque le feuillard (10) est sorti de la cage précédente (1-6), l'épaisseur du feuillard est mesurée par l'intermédiaire d'un indicateur de la force exercée sur les cylindres et est également réglée par ajustement de la hauteur de l'interstice entre les cylindres de la cage suivante, jusqu'à la sortie de la fin du feuillard hors de la cage suivante, tandis que pour la 1^o cage de la table de finition, on utilise le résultat d'une mesure précédente d'épaisseur et de vitesse, et qu'en arrière de la table de finition, l'épaisseur (HE) du feuillard (10) est mesurée, et en cas d'écart par rapport à la valeur de consigne, l'épaisseur est réglée de telle sorte qu'entre deux des cages (1-...7), la quantité de feuillard est modifiée par modification des vitesses de rotation (N1...N7) de tous les cylindres de travail suivants ou précédents.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la hauteur (s) de l'interstice entre les cylindres de chaque cage est ajustée en fonction de:
 - l'épaisseur de consigne souhaitée en avant de l'entrée du feuillard à chaud (10);
 - la quantité instantanée de feuillard en avant d'une cage (1...7) pendant la traversée du feuillard à chaud (10) à travers la table de finition, et
 - la force instantanée (f) exercée sur les cylindres, dès que la fin du feuillard à chaud (10) a quitté la cage précédente (1...6).
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la quantité de feuillard en avant d'une cage est réglée par ajustement de la hauteur (s) de l'interstice entre les cylindres.
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que, pour la régulation de la quantité de feuillard, on calcule la contrainte de

traction (Z) dans le feuillard à chaud, par mesure de la force (f) exercée sur les cylindres et du couple de rotation (m) exercé sur l'arbre d'entraînement des cylindres de travail.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que pour la régulation de la quantité de feuillard d'une cage, on mesure la déviation (a) d'un releveur de boucle (12...15) en avant de la cage (3...6).

6. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, pour la régulation de l'épaisseur du feuillard à chaud (10), on utilise des signaux présentant la forme de signaux retardés, en vue de l'ajustement ultérieur de la hauteur (s) de l'interstice entre les cylindres de celle des deux cages qui est située en arrière.

7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que sur la première cage (1), on détermine les indicateurs épaisseur (h0) et vitesse (v0) du feuillard à chaud (10) en avant de la cage (1), ou l'épaisseur du feuillard à chaud en avant (h0) et en arrière (hZ) de la cage (1), et que la hauteur (s) de l'interstice entre les cylindres est ajustée ensuite.

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'en avant de la dernière cage (7), on utilise comme indicateur de quantité de feuillard la force de réaction (z6) du feuillard à chaud (10) sur un rouleau de renvoi (16) qui peut être immobilisé.

9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que l'on régule en supplément la largeur (b7) du feuillard.

10. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que

- on mesure la largeur de bande (b7) après la dernière réduction d'épaisseur et/ou la largeur de bande (b5) en avant de l'avant-dernière réduction d'épaisseur dans la table de finition,
- les résultats de mesure sont transférés à un calculateur de largeur (BR) qui détermine un écart éventuel par rapport à la valeur de consigne et qui calcule à partir de là la valeur d'une modification de la tension de bande entre les deux dernières réductions d'épaisseur, pour la fournir au régulateur de quantité de feuillard (BVR) de la dernière cage (7).

11. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé par l'utilisation d'une combinaison de différents indicateurs pour la détermination de la quantité instantanée de feuillard sur les cages

(1...7) d'une table de finition d'un train de laminoirs pour feuillard à chaud, tandis que:

- pour la première cage (1), on mesure la vitesse (v0) ainsi que l'épaisseur de feuillard (h0) en avant de la cage (1), ou l'épaisseur de feuillard en avant (h0) et en arrière (h7) de la cage (1),
- pour une ou plusieurs cages suivantes (2), on mesure le couple de rotation (m) de l'arbre des cylindres de travail et la force de laminage (f) dans la cage précédente (1),
- pour au moins la dernière cage (7), on détermine la force de traction dans le feuillard (z6) en avant de la cage (7), par mesure de la force sur un rouleau de renvoi (16) qui peut être immobilisé,
- pour les autres cages (3...6), on calcule la déviation (a) d'un releveur de boucle (12...15) disposé en avant de la cage;

en vue d'une régulation cage par cage de la quantité de feuillard, par modification de la hauteur (s) de l'interstice entre les cylindres et d'une régulation supplémentaire de l'épaisseur finale du feuillard à chaud (10), par mesure de l'épaisseur (hE) du feuillard à chaud en arrière de la table de finition, et modification de la quantité de feuillard en un emplacement de la table de finition, par correction par blocs des vitesses de rotation (N1...N7) des cylindres de travail précédents ou suivants, pour autant qu'une déviation entre la valeur de consigne et la valeur effective de l'épaisseur finale (hE) du feuillard à chaud (10) a été établie.

12. Procédé selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé par l'utilisation d'une transmission par radio des résultats de la mesure directe du couple de rotation, au moyen de bande de mesure d'allongement sur les arbres d'entraînement des cylindres de travail de cages (1...7) de la table de finition d'un train de laminoirs, pour la détermination sans retard de la contrainte de traction (Z1) exercée dans le feuillard à chaud, de préférence en vue de la régulation de la hauteur de l'interstice entre les cylindres pendant le laminage du feuillard à chaud.

13. Table de finition d'un train de laminoirs pour feuillard à chaud, avec dispositif de mesure, de commande et de régulation en vue de la détection et l'action sur les paramètres du procédé, pour l'utilisation du procédé selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisée par la combinaison des composants suivants:

- un régulateur de quantité de feuillard (BVR) sur chaque cage (1...7), influençant la hauteur (s) de l'interstice entre les cylindres, ainsi que
- un appareil de mesure d'épaisseur (DO, DZ) du feuillard à chaud (10) en avant et/ou en arrière

de la première cage (1) et en arrière d'un appareil de mesure de vitesse disposé en avant de la première cage, et

- au moins un rouleau de renvoi (16) ajustable en hauteur, s'immobilisant en position, disposé en avant de la dernière cage (7), pour la mesure de la tension du feuillard qui sert d'indicateur de quantité de feuillard, et relié à chaque régulateur de quantité de feuillard (BVR),
- un régulateur d'épaisseur (DR) alimenté par un appareil de mesure (DE) de l'épaisseur finale (hE) du feuillard à chaud (10) et relié à un régulateur de vitesse de rotation (DNR) d'un ou de plusieurs cylindres de travail, et qui, en cas d'écarts par rapport à la valeur de consigne, régule l'épaisseur de telle sorte qu'entre deux des cages (1 à 7), la quantité de bande est modifiée par modification des vitesses de rotation (N1 à N7) de tous les cylindres de travail suivants ou précédents, et
- une régulation en vue de l'action sur la hauteur de l'interstice entre les cylindres, qui est dotée de moyens de commutation, tandis qu'une commutation est réalisée depuis une position d'épaisseur de consigne du feuillard à une régulation de la quantité de feuillard après entrée du feuillard à chaud dans une cage, et à une régulation de la force exercée sur les cylindres lorsque le feuillard quitte la cage précédente (1 à 6).

35

40

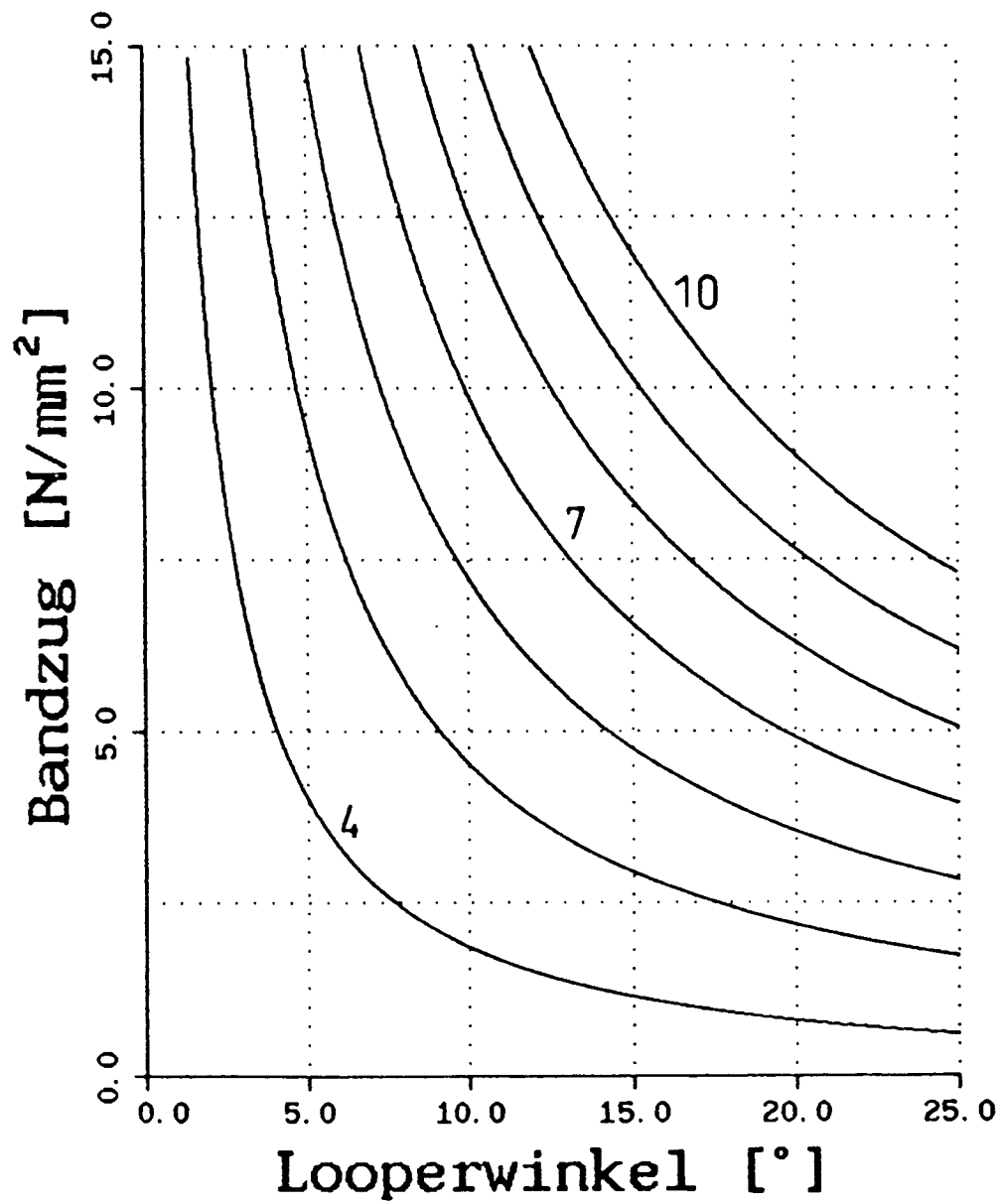
45

50

55

FIG. 1

Looperdruck: 4.00 bar bis 10.00 bar in 6 Stufen
Blechdicke: 10.00 mm
Blechbreite: 1200 mm



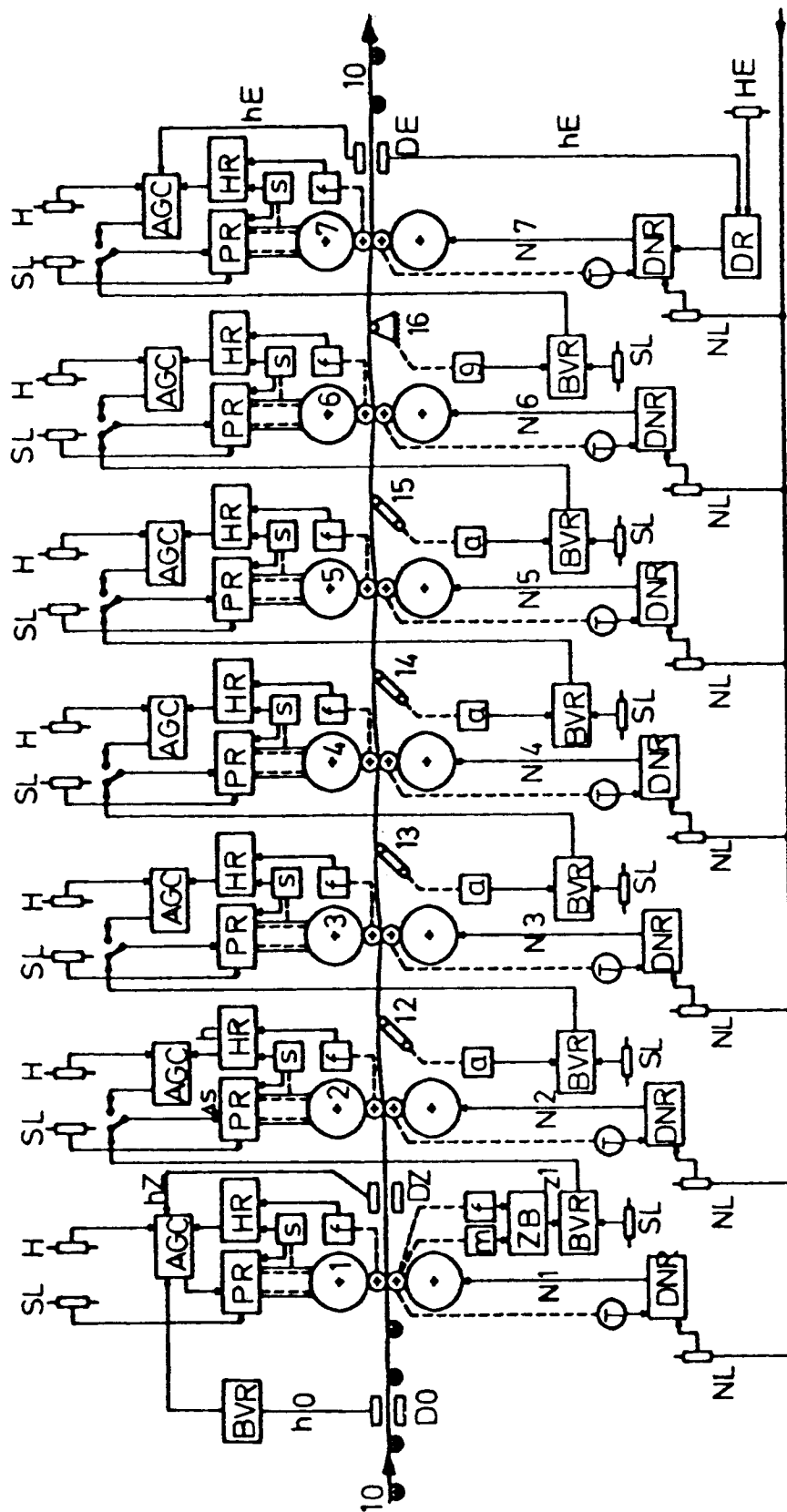


FIG. 2

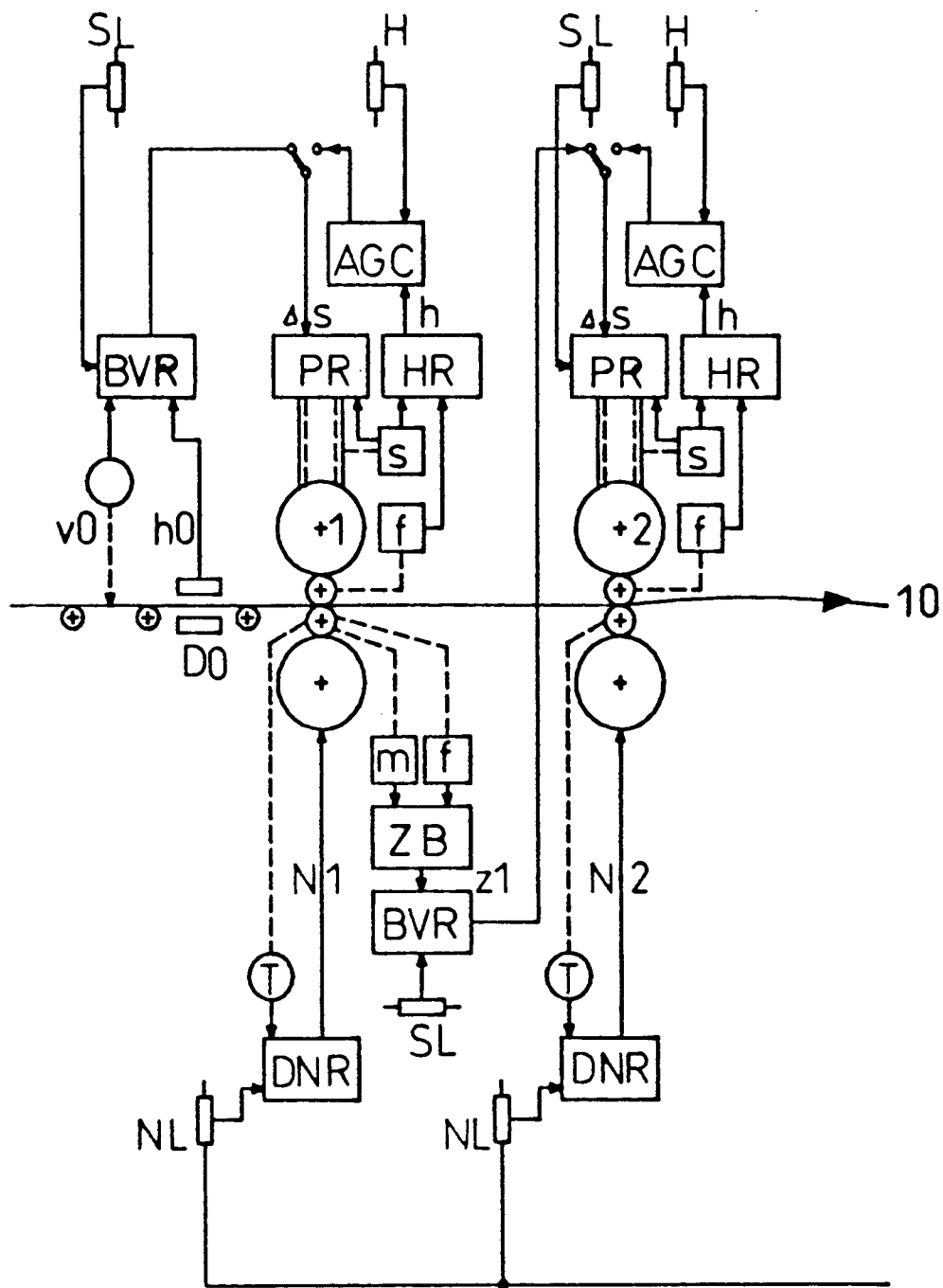


FIG.3

FIG. 4

