

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



11 Veröffentlichungsnummer: **0 618 020 A1**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: **94104542.9**

51 Int. Cl.⁵: **B21B 37/00**

22 Anmeldetag: **23.03.94**

30 Priorität: **29.03.93 DE 4309986**

72 Erfinder: **Seidel, Jürgen**
Feierdornweg 8
D-57223 Kreuztal (DE)

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
05.10.94 Patentblatt 94/40

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

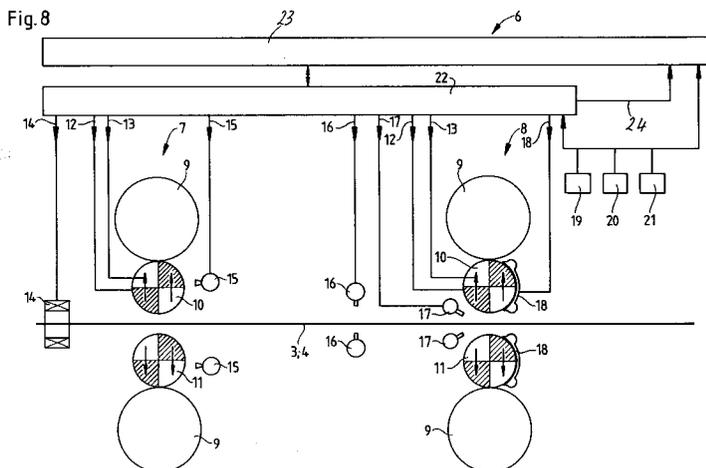
74 Vertreter: **Valentin, Ekkehard et al**
Patentanwälte
Hemmerich-Müller-Grosse-
Pollmeier-Valentin-Gihske
Hammerstrasse 2
D-57072 Siegen (DE)

71 Anmelder: **SMS SCHLOEMANN-SIEMAG**
AKTIENGESELLSCHAFT
Eduard-Schloemann-Strasse 4
D-40237 Düsseldorf (DE)

54 **Verfahren und Vorrichtung zum Walzen eines Walzbandes.**

57 Ein Verfahren zum Walzen des Walzbandes (3;4) in einer zumindest zwei Walzgerüste (6, 7) mit horizontal einstellbaren oberen und unteren Arbeitswalzen (10, 11) von denen sich jede unmittelbar oder über eine Zwischenwalze an einer Stützwalze (9) abstützt, aufweisenden Warmbandstraße (6), oder in einem Reversiergerüst, an dem mindestens zwei Stiche gewalzt werden, in der bzw. dem das Walzband einer Zustandsregelung unterworfen wird, wozu profil- und planheitsgebende Stellglieder auf das Walzband einwirken, erlaubt es trotz flexibler Walzprogramme den Anforderungen an die Profilgenauigkeit und die Planheit des Walzbandes zu entsprechen,

wenn eine Zielkontur des Profils des Walzbandes (3;4) vorgegeben wird, zu deren Erreichen sukzessive zwei Gruppen von Stellgliedern auf das Walzband einwirken, von denen die Stellglieder (12, 13) der ersten Gruppe bei oberhalb der kritischen Dicke liegenden Walzbanddicken zum Einsatz gebracht werden und vornehmlich die Kontur des Walzbandes in dessen bezogen auf die Bandmitte mittleren Bereich beeinflussen, während die Stellglieder (12, 13) der zweiten Gruppe bei unterhalb der kritischen Dicke liegenden Walzbanddicken im Bandkantenbereich zum Einsatz gebracht werden.



EP 0 618 020 A1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Walzen eines Walzbandes in einer zumindest zwei Walzgerüste mit jeweils horizontal einstellbaren oberen und unteren Arbeitswalzen, von denen sich jede unmittelbar oder über eine Zwischenwalze an einer Stützwalze abstützt, aufweisenden Warmbandstraße, oder einem Reversiergerüst, an dem mindestens zwei Stiche gewalzt werden, in der bzw. dem das Walzband einer Zustandsregelung unterworfen wird, wozu profil- und planheitsgebende Stellglieder auf das Walzband einwirken.

Beim Warmwalzen von Bandmaterialien unterliegen innerhalb eines Walzprogrammes die thermische Bombierung und der Verschleiß der Arbeitswalzen sowie die elastischen Verformungen relativ großen Veränderungen. Ohne die Korrektur durch Stellglieder nimmt die Balligkeit der Arbeitswalzen mit zunehmendem Walzmaterial-Durchsatz ständig zu, und durch die sich so ändernde thermische Bombierung weicht die Walzenkontur zunehmend von der Sollkontur, z.B. einer Parabel, ab.

Beim Walzen in einer Breite werden innerhalb eines Walzprogramms viele Bänder hintereinander mit gleicher Breite oder annähernd gleicher Breite gewalzt. Das Walzen in einer Breite beeinflusst neben dem für einen ganz bestimmten Punkt (z.B. C₄₀ oder C₂₅) vorgegebenen Wert des Bandprofils gleichzeitig die Bandprofilform insgesamt. Hierbei wird unter der Beschreibung des Bandprofils für einen ganz bestimmten Punkt die Differenz zwischen der Dicke des Bandes in dessen Mitte und dem Mittelwert der im Abstand - beim Punkt C₄₀ entspricht dieser 40mm - von der Bandkante gemessenen Dicken jeder Seite. Der zunehmende Abfall der thermischen Bombierung der Walzen führt im randnahen Bereich zu erheblichen Profilanomalien am Band. Hierunter sind alle Abweichungen des Bandes von dem idealen (z.B. parabolischen) Verlauf des Bandprofils zu verstehen. In der Walzpraxis sind vor allem folgende Typen von Profilanomalien zu vermeiden:

- Verdickungen im Kantenbereich (Wülste, edge built-up)
- Abfallen der Dicke im Kantenbereich.

Solche Profilanomalien schränken die walzbare Länge in einer Breite stark ein. Als Walzlänge in einer Breite wird die Summe aller Bandlängen definiert, die in einer Breite oder annähernd gleicher Breite gewalzt werden.

Es ist bekannt, die Änderung des thermischen Crowns und des Arbeitswalzenverschleißes durch geeignete Stellglieder wie Verschiebe- und/oder Biegeglieder, z.B. "CVC" (Continuously Variable Crown) Verschiebung (vgl. DE 30 38 865 C1) oder eine geeignete Kühlung, im Sinne einer Angleichung der Istkontur zu kompensieren.

Durch die EP 0 276 743 B1 ist es bekanntgeworden, zum Steuern der Balligkeit und/oder des Kantenabfalls des Bandes die horizontale Verschiebung der Arbeitswalzen und die auf diese Arbeitswalzen wirkenden Biegekräfte einer an der Aufstromseite befindlichen Gruppe der Walzgerüste eines Tandemwalzwerkes nach Maßgabe der Walzbedingungen einschließlich der Breite der Bänder einzustellen. Zum Steuern des Verschleißes und der thermischen Bombierung der Arbeitswalzen, mit dem Ziel, unerwünschte Profilformen beim Walzen in einer Breite zu vermeiden, werden in einer an der Abstromseite befindlichen Gruppe der Walzgerüste die Arbeitswalzen in vorbestimmten Intervallen, ungeachtet der Breite des Bandes, hin- und herverschoben. Hierbei werden die hinteren Gerüste nach jedem Band gegensinnig um einen bestimmten Betrag verschoben; hat der Verschiebetrage einen maximalen Wert erreicht, wird die Verschieberichtung umgekehrt. Durch dieses zyklische Verschieben wird der Verschleiß der Arbeitswalzen auf einen größeren Bereich vergleichmäßig.

Schließlich ist es aus der EP 0 219 844 B1 bekannt, das Profil jeder Arbeitswalze in axialer Richtung zu bestimmen, das sich während des Zeitintervalls zwischen einem Wechseln der Arbeitswalzen ändert. Sodann wird auf der Basis des bestimmten Walzenprofils die Konfiguration des Spalts zwischen der oberen und unteren Arbeitswalze in Axialrichtung als eine Funktion der Größe einer relativen Verstellung der Walzenlagen festgelegt, um diejenige Größe der Verstellung der Walzenlagen zu bestimmen, die eine möglichst glatte Konfiguration in axialer Richtung für den Spalt innerhalb des Kontaktbereichs zwischen dem Walzband und den Arbeitswalzen hervorruft. Es geht dort somit um das Glätten des Walzspaltes.

Die bekannten Maßnahmen reichen jedoch nicht aus, um die erhöhten Anforderungen hinsichtlich der Profilgenauigkeit und Planheit auch unter extremen Randbedingungen erfüllen zu können. Diese bestehen bei der Erzeugung von Warmband heutzutage darin, die Walzprogramme flexibel zusammenstellen zu können. Es werden neben größeren Dicken und Materialumstellungen vor allem Breiten sprünge in Richtung schmal und breit gewünscht (mixed rolling). Zudem soll die Anzahl der Bänder gleicher Breite innerhalb eines Walzprogrammes erhöht werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, mit denen sich trotz flexibler Walzprogramme die Anforderungen an die Profilgenauigkeit und die Planheit des Walzbandes erfüllen lassen.

Diese Aufgabe wird nach der Erfindung verfahrensmäßig durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Somit wird nicht mehr von einem Sollprofil

für einen ganz bestimmten Punkt, sondern vielmehr von einer ganz bestimmten, dem Verwendungszweck des Walzbandes angepaßten, vorgegebenen Bandprofilform ausgegangen. Für ein direkt weiterzuverarbeitendes Warmband wird z.B. eine eher parabolische Zielkontur des Walzbandprofils und für das Eingangsprofil einer Kaltstraße ein an die dortigen Verhältnisse (Durchmesser, Walzkraft, etc.) entsprechend angepaßtes Profil mit flachem Body crown und etwas stärkerem Abfall an den Bandkanten angestrebt. Der Erfindung liegt dabei die durch umfangreiche Untersuchungen gefundene und ausgenutzte Erkenntnis zugrunde, daß bei dickem Band ein Materialquerfluß auch im mittleren Walzbandbereich stattfindet, wohingegen bei dünnem Band nur im Kantenbereich ein Materialquerfließen möglich ist. Soll also die Bandprofilform im mittleren Walzbandbereich verändert werden, so kann dies nur bei dickem Band erreicht werden. Hingegen ist bei dünnerem Band zwar ebenfalls eine Bandformänderung zu erreichen, ohne daß unzulässig hohe Unplanheiten entstehen, jedoch läßt sich das nur im näheren Bandkantenbereich durchführen. Mit abnehmender Banddicke wandert sukzessive die relevante Bandprofilbeeinflussbarkeit nach außen, d.h. zur Bandkante hin.

Diese Erkenntnis hat nun erfindungsgemäß unmittlbarbaren Einfluß auf den zweckmäßigen Einsatz der Stellglieder genommen, demnach nämlich die erste Gruppe der Stellglieder vornehmlich die mittlere Bandkontur beeinflusst, während die Stellglieder der zweiten Gruppe im Bandkantenbereich wirkt. Mit Hilfe eines Rechenmodells (Rechenmethode) lassen sich die Stellglieder so einsetzen, daß unter Beachtung der technologischen Limits (z.B. Walzkraft, Temperatur, etc.), der Planheitslimits (diese ergeben sich durch den jeweiligen Materialquerfluß des Bandes und stellen somit physikalische Grenzen dar), ggf. auch höherer Ordnung, Stellgliederlimits und insbesondere unter Beachtung des Materialquerfließverhaltens eine optimale Bandform entsteht, die der vorgegebenen Zielkontur möglichst nahe kommt.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die vorgegebene Zielkontur des Bandprofils für eine bestimmte Materialgüte anhand eines Rechenmodells abhängig von der Bandbreitenkoordinate und der Banddicke durch eine Polynomfunktion

$$Y = A_2 X^2 + A_4 X^4 + A_6 X^6 + A_n X^n$$

beschrieben wird, wobei Y die Banddickenkoordinate und X die Bandbreitenkoordinate darstellt. Durch das Weglassen der ungeraden Glieder wird Symmetrie erzeugt. Da $A_0 = 0$ ist, geht die Funktion durch $X=0, Y=0$ (entspricht der Bandmitte). Das Verwenden von Gliedern höherer Ordnung ermöglicht es, einen steileren Übergang an der

Bandkante zu beschreiben.

Es empfiehlt sich, daß bei einer von der Zielkontur abweichenden Bandprofilform die mechanischen Stellglieder so zum Einsatz gebracht werden, daß sich eine minimale Abweichung zwischen der errechneten Bandform und der Sollbandform bzw. Zielkontur ergibt. Läßt sich die Bandprofilform in dem Gerüst nicht herstellen, so sind die mechanischen Stellglieder im Sinne einer Minimierung der Abweichung zu verstellen. Abweichungen der errechneten Bandform von der Soll-Bandform lassen sich hierbei über die Bandbreite unterschiedlich wichten.

Eine Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß die mechanischen Stellglieder durch nicht mechanische Stellglieder unterstützt werden, wozu - abhängig jeweils von der Kontur des Bandes, insbesondere im Kantenbereich - als mechanische Stellglieder vorteilhaft eingesetzte Arbeitswalzen gezielt örtlich erwärmt oder gekühlt werden können.

Nach einem Vorschlag der Erfindung können als mechanische Stellglieder eingesetzte Arbeitswalzen während des Walzbetriebes geschliffen werden. Das läßt sich beispielsweise mit oszillierenden Schleiftellern erreichen und erlaubt es, die Walzen zu glätten bzw. zu polieren oder ihre Kontur zum Zwecke einer gezielten Bandkonturenbeeinflussung zu verändern. Ein solches "on-line"-Schleifen empfiehlt sich, insbesondere bei einem Programmwechsel zu breiteren Walzbändern, denn das Schleifen der Arbeitswalzenenden noch während des Walzens der schmaleren Walzbänder hat keinen Einfluß auf die Qualität dieser schmaleren Bänder, da die vorbereitend geschliffenen Arbeitswalzenenden außerhalb der Walzbreite liegen.

Es wird vorgeschlagen, daß die mechanischen Stellglieder frühestmöglich zum Einsatz gebracht werden. Unter Berücksichtigung der einzuhaltenden Limits, bspw. der Planheit und des Stellbereichs, wird somit angestrebt, die Zielkontur des Profils des Walzbandes so frühzeitig wie möglich zu erzielen. Ist das in dem ersten Gerüst noch nicht möglich, so wird automatisch die Aufgabenstellung an die Folgegerüste weitergegeben. Sollte sich die Bandform von Walzgerüst zu Walzgerüst bzw. von Stich zu Stich nicht konstant halten lassen, so kann entsprechend der Gesetzmäßigkeit des Materialquerflusses bei dickerem Band im Kantenbereich eine Abweichung toleriert werden, d.h. die Erzielung der Bandform bzw. Zielkontur im mittleren Walzbandbereich hat den Vorrang. Gelingt es, die Bandprofilform an einem Walzgerüst, z.B. Gerüst k, zu erzeugen, so ist es nun das oberste Ziel, diese Bandform in den Folgegerüsten konstant zu halten.

Zum Durchführen des Verfahrens wird vorgeschlagen, daß die Stellglieder axial verschiebbare Arbeitswalzen und/oder Arbeitswalzenbiegeeinrich-

tungen umfassen. Um die gewünschte vorgegebene Bandform im mittleren Walzbandbereich mit den mechanischen Stellgliedern zu erzeugen, läßt sich vorzugsweise CVC, Arbeitswalzenbiegung, Walzenverschränken, etc. durchführen bzw. einsetzen. Werden bspw. breite Bänder gewalzt, ist die nichtparabolische Wirkung der Arbeitswalzenbiegung, d.h. der größere Effekt im Bandkantenbereich (200mm) zu beachten und vorteilhaft eine Kombination von z.B. CVC und Arbeitwalzenbiegung zu verwirklichen, die der Soll- bzw. Zielbandkontur am nächsten kommt. Zur Erzeugung bzw. Konstanthaltung der Bandform im Bandkantenbereich ist hinsichtlich des Einsatzes der mechanischen Stellglieder zu beachten, daß die durch unterschiedliche Bandbreiten und Schiebepositionen erzeugte Arbeitswalzenverschleißkontur so zu positionieren ist, daß der Soll- Bandkontur möglichst nahe gekommen wird. Gleiches gilt beim Einsatz von bekannten Spezial-CVC Walzen, mit denen sich ein Tapered Effekt erreichen läßt.

Schließlich empfiehlt es sich, die Arbeitswalzen, vorzugsweise in den hinteren Gerüsten der Warmbandstraße, zyklisch zu verschieben, wodurch sich eine möglichst kontinuierliche Arbeitswalzenverschleißkontur - ohne Sprünge erzeugen läßt.

Die mechanischen Stellglieder lassen sich durch andere Stellglieder unterstützen. Es wird daher vorgeschlagen, daß die Arbeitswalzen mit einer Zonenkühlung und/oder einer thermischen Abdeckung versehen sind, um auf diese Weise die mechanischen Stellglieder zu unterstützen. Um die Form des thermischen crowns der Arbeitswalzen und damit die Walzbandform vornehmlich im Bandkantenbereich zu beeinflussen, lassen sich bspw. Arbeitswalzen-Abdeckschalen an geeigneter Stelle an den Enden der Arbeitswalzen positionieren. Eine unterstützende Beeinflussung der Walzbandform läßt sich weiterhin durch im Rahmen der technologischen Limits vorzunehmende Bandkantentemperaturänderungen erreichen. Zu diesem Zweck lassen sich mit einer Induktionsheizung vor und/oder hinter den ersten Gerüsten der Fertigstraße Veränderungen der Kantenerwärmung, oder durch z.B. in den Seitenführungen angebrachte Spritzdüsen eine Kühlung der Bandkanten erreichen, was bei zu walzenden austenitischen Edelstählen von Vorteil sein kann.

Des weiteren kann durch Schmierung der Arbeitswalzen im Bandkantenbereich die Bandkontur dort beeinflußt werden. Um vornehmlich das Bandprofil an der Bandkante zu beeinflussen, können die Arbeitswalzen mit einem Spezialschliff versehen werden. Dieser kann beispielsweise in Form einer parabolischen Konturänderung oder durch einen örtlichen konischen Verlauf vorgesehen werden, um im Bandkantenbereich entsprechende Kontur-

änderungen hervorzurufen. Beim Verändern der Bandprofilform sind in allen Fällen die Planheitslimits - auch höherer Ordnung - sowie die technologischen Limits zu beachten.

Weiterhin kann es sich empfehlen, zumindest in den letzten bzw. hinteren Walzgerüsten eine geänderte Walzkraft einzustellen. Dies vor allem dann, wenn trotz des gezielten Einsatzes der mechanischen Stellglieder und der diese unterstützenden Maßnahmen Abweichungen zur Band-Sollkontur vorhanden sein sollten. In diesen Fällen läßt sich durch eine Walzkraftänderung in den hinteren Walzgerüsten im Kantenbereich die walzbare Form beeinflussen, ggf. eine Walzkraftumverteilung innerhalb der zulässigen Limits durchführen. Die damit einhergehenden Veränderungen der body crowns an den entsprechenden und anderen Walzgerüsten lassen sich durch nicht an der Kante wirkende Stellglieder - z.B. mit CVC - kompensieren, um dort den Massenfluß nicht zu stören und damit Welligkeiten des Walzbandes zu vermeiden. Der Algorithmus findet im on line Betrieb Anwendung. Er kann aber auch in Kombination mit einem Optimierungsalgorithmus zur optimalen Zusammenstellung von Walzprogrammen und optimalen Einsatz von Stellgliedern im Vorfeld herangezogen werden. Es wird nicht nur ein Band, sondern das gesamte Walzprogramm betrachtet und hinsichtlich Bandkontur optimiert.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen und der nachfolgenden Beschreibung, in der einige Ausführungsbeispiele des Gegenstandes der Erfindung näher erläutert sind. Es zeigen:

- Figur 1 eine erste vorgegebene Zielkontur des Profils eines Walzbandes;
- Figur 2 eine zweite vorgegebene Zielkontur des Profils eines Walzbandes;
- Figur 3 ein den Materialquerfluß in Abhängigkeit von der Dicke des Walzbandes darstellendes Diagramm;
- Figur 4 ein den Materialquerfluß über die Bandbreite darstellendes Diagramm;
- Figur 5 ein den Materialquerfluß in Abhängigkeit der Bandbreitenkoordinate und der Materialdicke für eine Materialqualität Q darstellendes Diagramm;
- Figur 6 ein die Wirkung des thermischen crowns mit zunehmender Anzahl von Walzbändern bei bekannten Walzverfahren darstellendes Schaubild;
- Figur 7 ein bei gleicher Anzahl von Bändern wie in Figur 6 mit den erfindungsgemäßen Maßnahmen zu erreichendes Bandprofil;
- Figur 8 in schematischer Darstellung den erfindungsgemäßen Aufbau einer Kon-

tur- und Planheitsregelung für Warmbandwalzwerke.

Als Voraussetzung zur Erzielung gewünscht planer und profilgenauer Walzbänder werden entsprechend dem Einsatzzweck in den Figuren 1 und 2 gezeigte Zielkonturen 1 bzw. 2 des Profils eines weiter nicht dargestellten Walzbandes 3 bzw. 4 vorgegeben. Entsprechend den Anforderungen wird für ein direkt weiterzuverarbeitendes Walzband 3 z.B. die Zielkontur 1 entsprechend Figur 1 und für das Eingangsprofil einer Kaltstraße z.B. Zielkontur 2 entsprechend Figur 2 gewünscht. Bei Figur 1 handelt es sich um eine nahezu parabolische Zielkontur, während die Zielkontur 2 nach Figur 2 einen flachen body crown und etwas stärkeren Abfall an den Bandkanten aufweist. Der in diesem Fall für beide Zielkonturen 1, 2 eingetragene C_{40} -Punkt ergibt sich aus der Differenz zwischen der Dicke des Walzbandes 3 bzw. 4 in dessen Mitte H_M und dem Mittelwert der im Abstand von 40mm von der Bandkante 5 gemessenen Dicken an jeder Seite bzw. Bandkante 5 des Walzbandes 3 bzw. 4.

Das Erzeugen der Zielkonturen 1 bzw. 2 setzt die sich aus den Figuren 3 bis 5 ergebende Erkenntnis voraus, daß nämlich eine Bandkonturbereinigung nur dort erreicht werden kann, wo ein Materialquerfluß möglich ist. Wie durch intensive Untersuchungen herausgefunden worden ist, findet bei Walzbändern mit einer oberhalb der kritischen Dicke H_{krit} (vgl. Figur 3) liegenden Banddicken ein Materialquerfluß auch im mittleren, d.h. dem an die Bandmitte angrenzenden Bereich (vgl. Figur 5) statt, während hingegen bei Walzbändern mit einer geringeren, unterhalb H_{krit} liegenden Dicke ein Materialquerfluß nur im Bandkantenbereich stattfindet. Der Grenzwert der Dicke, d.h. die kritische Dicke H_{krit} läßt sich für jede Warmbandtandemstraße in Abhängigkeit von Walzmaterial, Temperatur, Walzendurchmesser sowie Abnahme bzw. Stichverteilung experimentell ermitteln, wobei es allgemein bekannt ist, daß eine Profilbeeinflussung des Walzbandes unter gleichzeitiger Vermeidung von Planheitsfehlern nur erreicht werden kann, solange der Fließwiderstand des Materials quer zur Walzrichtung noch so gering ist, daß sich im Walzspalt neben der Bandlänge noch ein Mindestmaß an Bandbreite einstellt. Wie sich aus Figur 4 ergibt, ist ein Materialquerfluß unterhalb der kritischen Dicke (z.B. 10 oder 12 mm) über die Bandbreite nur in sehr geringem Umfang möglich. Dieser Zusammenhang wird auch aus Figur 5 deutlich, in der neben den Koordinaten für den Materialquerfluß und die Bandbreite außerdem die Materialdicke eingetragen ist.

In den Figuren 6 und 7 sind die mit den bekannten Walzverfahren (vgl. Figur 6) und die unter Einsatz der erfindungsgemäßen Kontur- und Planheitsregelung (vgl. Figur 7) zu erzielenden

Bandprofile innerhalb eines fünfzig Bänder bzw. Coils umfassenden Walzprogramms gezeigt; die jeweils links unten eingekreisten Ziffern geben die Anzahl der Coils an. Während in beiden Fällen für das erste zu walzende Band bzw. Coil die Form des Profils noch nahezu unverändert ist, nimmt bei den bekannten Walzverfahren mit zunehmender Anzahl von Bändern die Wirkung des thermischen crowns auf die Arbeitswalzen mit den nachteiligen Anomalien für das Profil zu, d.h. es entstehen flache Bandprofile und Kantenwulste (vgl. in Figur 6 die Bandprofile nach dem Walzen von 10, 20 bzw. 50 Bändern). Hingegen läßt sich gemäß Figur 7 das Bandprofil weitestgehend konstant halten, und Kantenwulste werden vermieden. Ebenfalls wird die Zielbandkontur nahezu erreicht.

Eine das Erreichen der gewünschten Bandprofile (vgl. Figur 7) ermöglichende Warmbandtandemstraße 6 ist - teils sehr schematisch und mit lediglich symbolhaften Kennzeichnungen für die mechanischen Stellglieder einschließlich der diese unterstützenden Elemente sowie in Form von black-boxes für Rechner und Meßgeräte - in Figur 8 dargestellt. Sie besteht aus mehreren Walzgerüsten, von denen das erste und das letzte Walzgerüst 7 bzw. 8 gezeigt sind. Es kann sich jedoch auch um eine Walzstraße mit einem Reversiergerüst handeln, an dem mehrere Stiche gewalzt werden. Jedes der Walzgerüste 7, 8 weist horizontal einstellbare, von Stützwalzen 9 abgestützte obere und untere Arbeitswalzen 10, 11 auf. Die letzteren lassen sich axial verschiebbar, vorzugsweise mit einer CVC-Verschiebung 12, sowie mit Arbeitswalzenbiegeeinrichtungen 13 ausrüsten; die axial zu verschiebenden Arbeitswalzen (versehen mit geschliffenen-, thermischen- und Verschleißkontur) bzw. die CVC-Verschiebung 12 und die Arbeitswalzenbiegung 13 werden als mechanische, gezielt entweder im Bandmittenbereich oder im Bandkantenbereich einwirkende Stellglieder eingesetzt.

Zur Unterstützung dieser mechanischen Stellglieder 12, 13 ist vor und hinter den ersten Gerüsten der Fertigstraße zur Veränderung der Kanten erwärmung des Walzbandes 3 bzw. 4 eine Bandkantenheizung 14 angeordnet. Zur thermischen Beeinflussung der Bandform, nämlich über die davon bewirkten Veränderungen des thermischen crowns der Arbeitswalzen 10, 11, besitzt die Warmbandtandemstraße 6 im Bereich der vorderen bzw. hinteren Walzgerüste eine Arbeitswalzenzonenkühlung 15, z.B. in Form von in den entsprechenden Zonen auf die Arbeitswalzen 10, 11 gerichteten Spritzdüsen, wie hinter dem ersten Walzgerüst 7 angegeben. Zur thermischen Beeinflussung tragen weiterhin eine Bandkantenkühlung 16 mit z.B. in den Seitenführungen angeordneten Spritzdüsen und Arbeitswalzen-Abdeckschalen 18 bei, wie für das letzte Walzgerüst 8 gezeigt. Die Schmierung der Ar-

beitswalzen 17 im Bandkantenbereich beeinflusst die Lastverteilung im Walzspalt und damit die Bandkontur. Hinter dem letzten Walzgerüst 8 sind zudem Dicken-,Planheits- und Temperaturmeßgeräte 19,20,21 angeordnet.

Sowohl die Meßgeräte 19 bis 21 als auch die mechanischen Stellglieder 12,13 und die thermischen und anderen Beeinflussungselemente 14 bis 18 sind an einen Bandkontur- und Planheitsrechner 22 angeschlossen. Die ermittelten Meßdaten, insbesondere für das Profil und die Planheit des auslaufenden fertiggewalzten Bandes 3, 4, können daher unmittelbar zur Korrektur der vorgeschalteten Regelsysteme bzw. Stellglieder herangezogen werden, mit dem Ziel, die vorgegebene Zielkontur des Profils des Walzbandes für alle Bänder zu erreichen. Ein Stichplanrechner 23 versorgt den Bandkontur- und Planheitsrechner 22 mit Eingangsdaten. Eine Datenrückführung 24 ist zum Zwecke der Walzkraftumverteilung gedacht.

Die beschriebene Verfahrensweise zum Erreichen einer vorgegebenen Zielkontur des Profils des Walzbandes wird im Online-Betrieb angewendet. Gleichwohl lassen sich bei der Walzprogrammerstellung (Planung der Walzprogramme) vorab Offline die Vorgänge simulieren und insbesondere die Bandform auf diese Weise bestimmen. Stellt sich heraus, daß der somit im Vorfeld bezüglich einer Bandform für bestimmte Bänder durchgeführte Optimierungsprozeß nicht erfolgreich ist, so können die Walzprogramme umgestellt oder die Bänder in einem anderen Walzprogramm eingesetzt werden. Ebenfalls einbeziehen läßt sich eine an das Walzprogramm angepaßte zyklische Verschiebung der hinteren Arbeitswalzen bzw. Walzgerüste und/oder eine optimierte Positionierung bspw. der Abdeckschalen 18 zur thermischen crown Beeinflussung der Arbeitswalzen 10, 11. Nach erfolgter Band- Auslese bzw. Walzprogrammumstellung beginnt der die Zielkontur optimierende Prozeß von Neuem, bis sich auch Offline, d.h. schon im Vorfeld eine akzeptable Bandform erzielen läßt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Walzen eines Walzbandes in einer zumindest zwei Walzgerüste mit horizontal einstellbaren oberen und unteren Arbeitswalzen, von denen sich jede mittelbar oder über eine Zwischenwalze an einer Stützwalze abstützt, aufweisenden Warmbandstraße, oder in einem Reversiergerüst, an dem mindestens zwei Stiche gewalzt werden in der bzw. dem das Walzband einer Zustandsregelung unterworfen wird,
dadurch gekennzeichnet,
daß eine Zielkontur des Profils des Walzbandes vorgegeben wird, zu deren Erreichen suk-

zessive zwei Gruppen von Stellgliedern auf das Walzband einwirken, von denen die Stellglieder der ersten Gruppe bei oberhalb der kritischen Dicke liegenden Walzbanddicken zum Einsatz gebracht werden und vornehmlich die Kontur des Walzbandes in dessen bezogen auf die Bandmitte mittleren Bereich beeinflussen, während die Stellglieder der zweiten Gruppe bei unterhalb der kritischen Dicke liegenden Walzbanddicken im Bandkantenbereich zum Einsatz gebracht werden.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß die vorgegebene Zielkontur des Bandprofils durch eine Polynomfunktion

$$Y = A_2 X^2 + A_4 X^4 + A_6 X^6 + A_n X^n$$

beschrieben wird, wobei Y die Banddickenkoordinate und X die Bandbreitenkoordinate darstellt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß bei einer von der Zielkontur abweichenden Bandprofilform die mechanischen Stellglieder so zum Einsatz gebracht werden, daß sich eine minimale Abweichung zwischen der errechneten Bandform und der Soll-Bandform bzw. Zielkontur ergibt.

4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
daß die mechanischen Stellglieder frühestmöglich zum Einsatz gebracht werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß die mechanischen Stellglieder durch nicht mechanische Stellglieder unterstützt werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß als mechanische Stellglieder eingesetzte Arbeitswalzen gezielt örtlich erwärmt werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß als mechanische Stellglieder eingesetzte Arbeitswalzen während des Walzbetriebes geschliffen werden.

8. Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Stellglieder axial verschiebbare Ar-

beitswalzen (10, 11) und/oder Arbeitswalzenbiegeeinrichtungen (13) umfassen.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, 5
daß die Arbeitswalzen (10, 11) verschränkbar ausgebildet sind.
10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9,
dadurch gekennzeichnet, 10
daß die Arbeitswalzen (10, 11) mit einer Zonenkühlung (15) versehen sind.
11. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 8 bis 10,
15
dadurch gekennzeichnet,
daß Längenbereiche der Arbeitswalzen (10, 11) mit einer thermischen Abdeckung (18) versehen sind.
20
12. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 8 bis 11,
gekennzeichnet durch
zyklisch zu verschiebende Arbeitswalzen (10, 11). 25
13. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 8 bis 12,
dadurch gekennzeichnet,
daß vor und/oder innerhalb der Fertigstraße 30
eine Bandkantenheizung (14) angeordnet ist.
14. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 8 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, 35
daß eine Bandkantenkühleinrichtung (16) vorgesehen ist.
15. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 8 bis 14,
40
dadurch gekennzeichnet,
daß eine Bandkantenschmiereinrichtung (17) vorgesehen ist.
16. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 8 bis 15,
45
gekennzeichnet durch
eine zumindest in dem letzten Walzgerüst (8) geänderte Walzkraft.
50

55

Fig.1

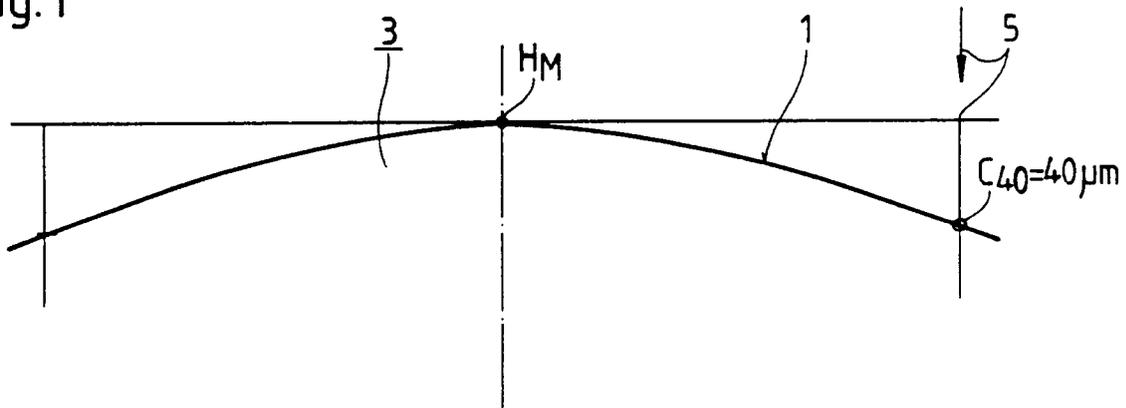


Fig.2

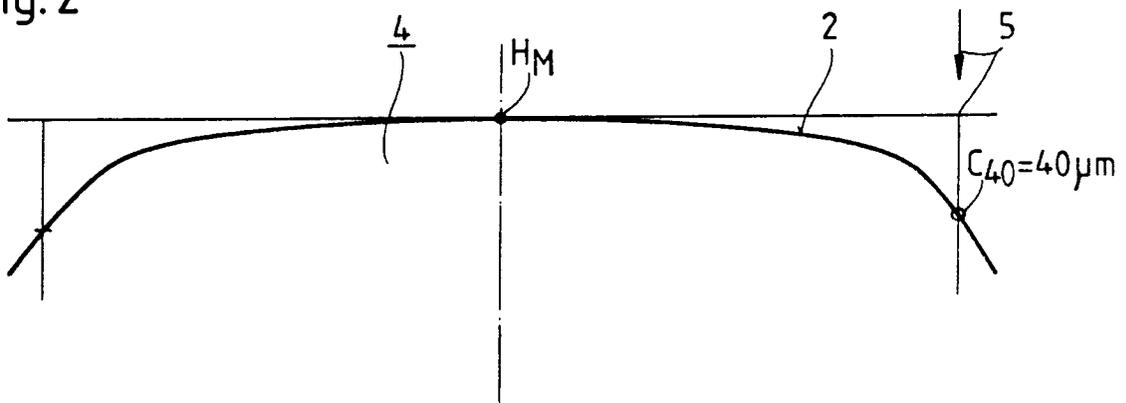


Fig.3
Material-
querfluß

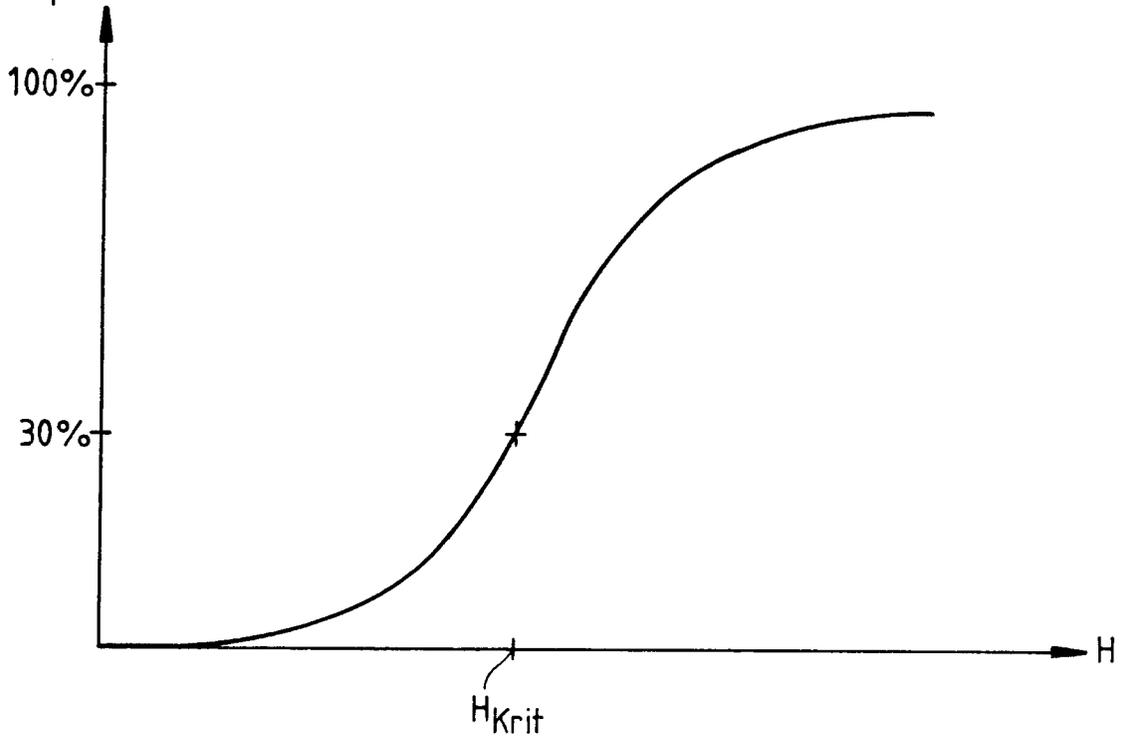
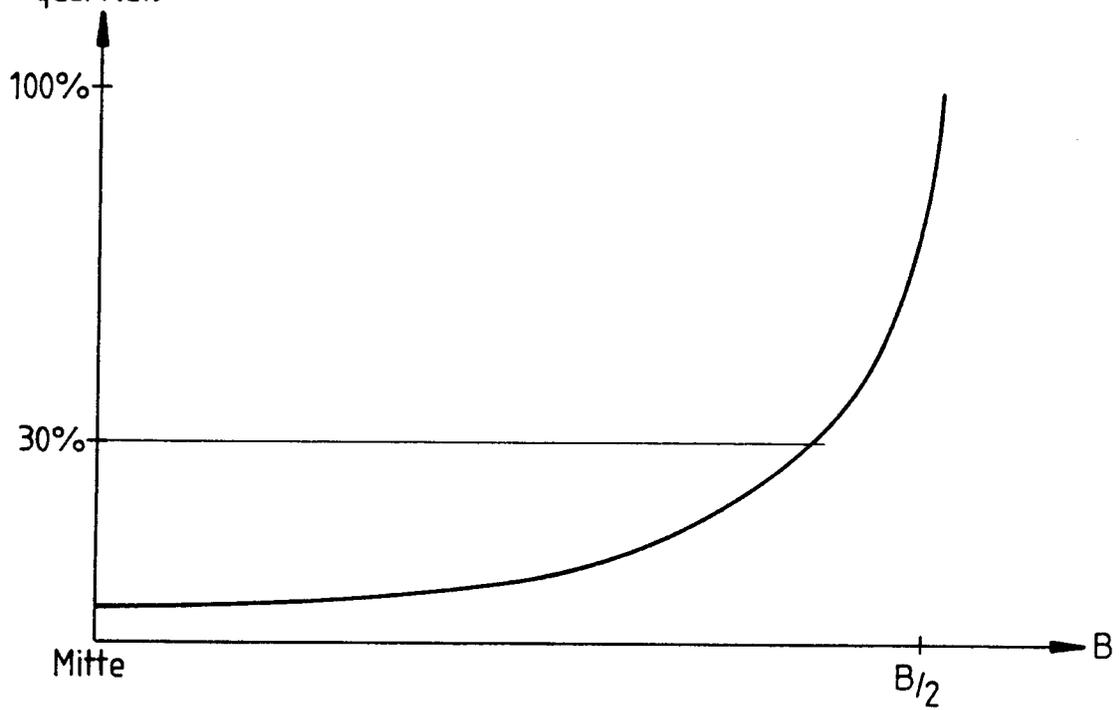


Fig.4
Material-
querfluß



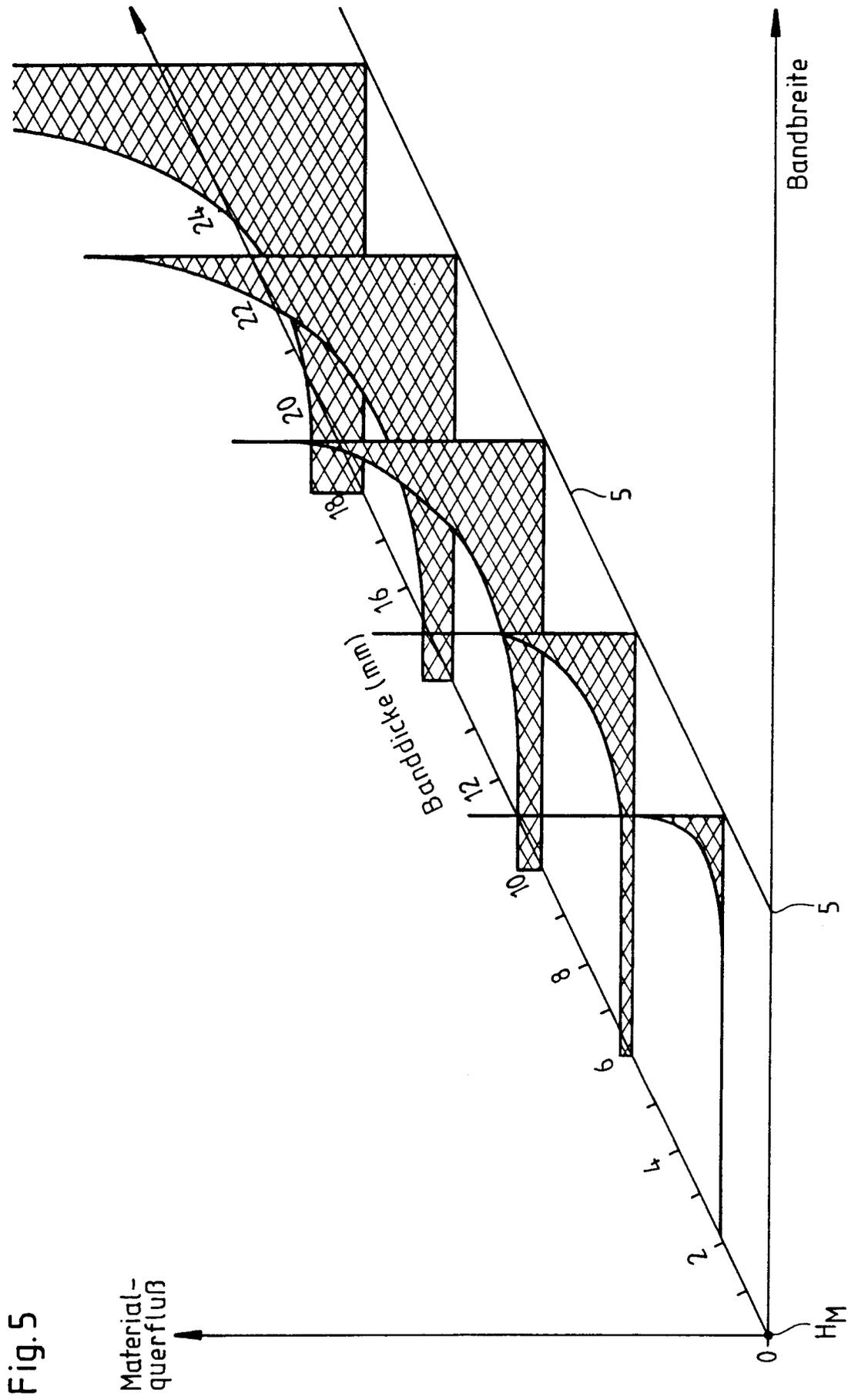


Fig. 7

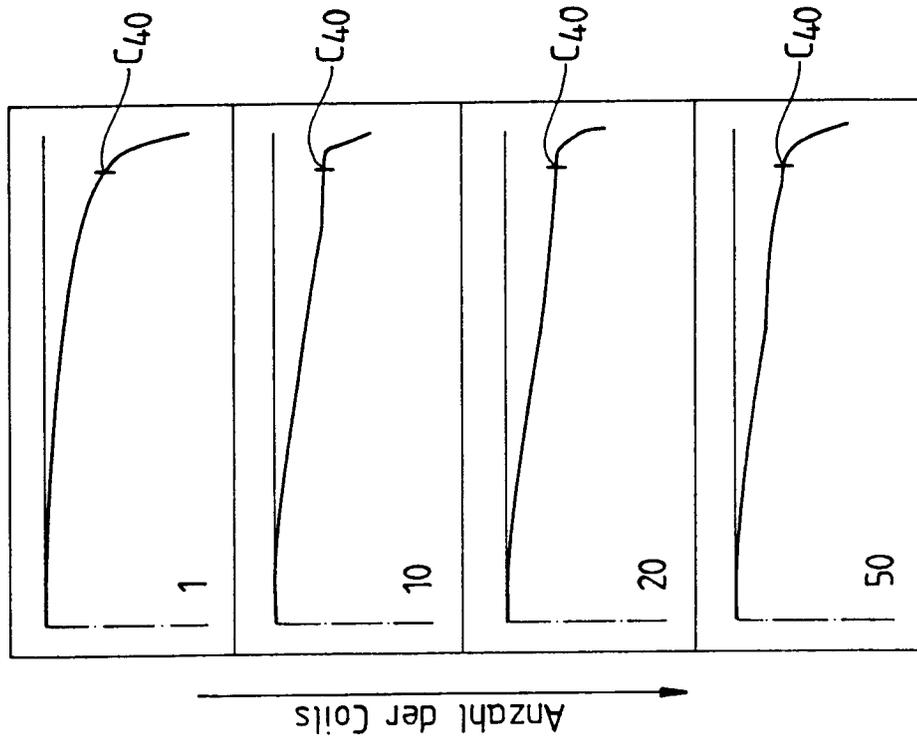
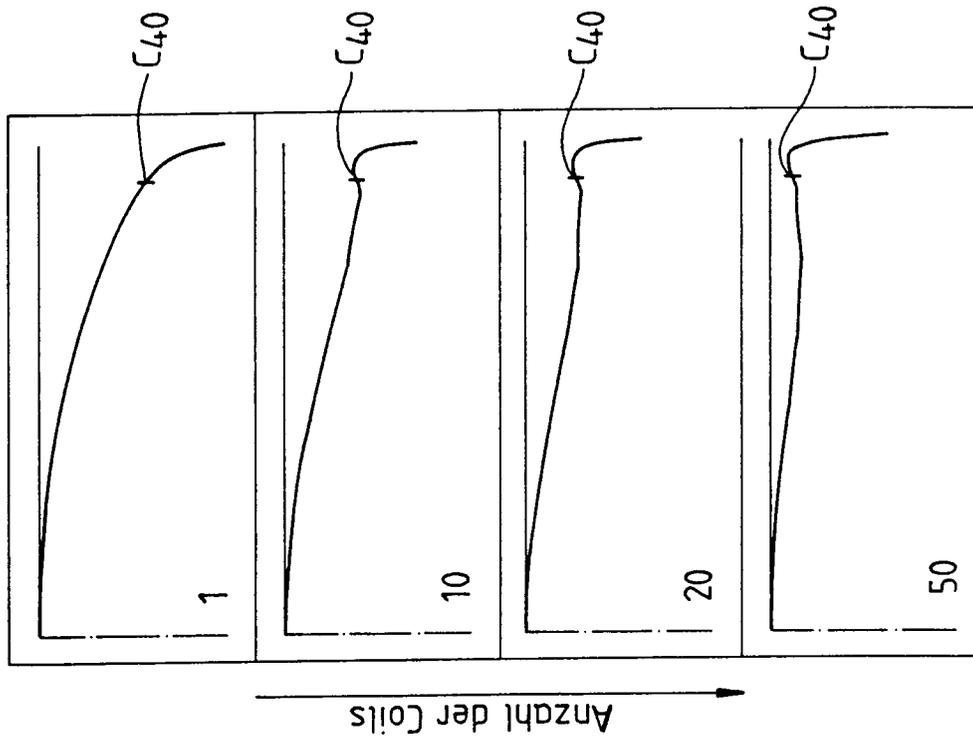
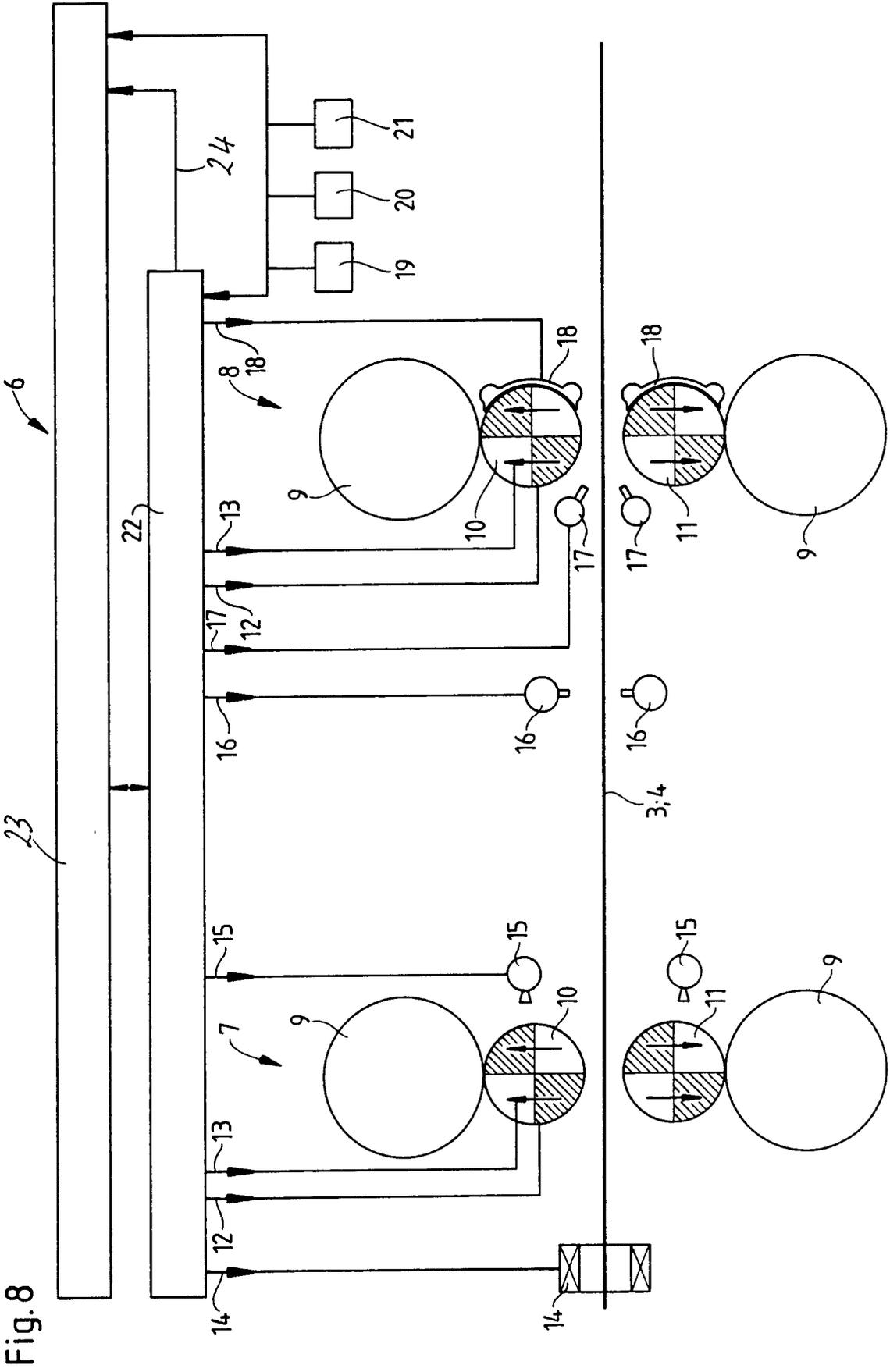


Fig. 6







EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.5)
D,X	EP-B-0 276 743 (HITACHI) * Ansprüche 1-8; Abbildungen 1,3,9 * ---	1,3,4	B21B37/00
D,A	EP-B-0 219 844 (NIPPON STEEL) * Anspruch 1; Abbildungen 1-5 * ---	1	
D,A	DE-C-30 38 865 (SCHLOEMANN-SIEMAG) * Anspruch 1; Abbildung 1 * ---	1,8	
X	DE-A-40 08 510 (HITACHI) * Ansprüche 1-3,5,21,24; Abbildung 2 * ---	1,3-5	
A	EP-A-0 067 040 (HITACHI) * Ansprüche 1,5; Abbildungen 1,2,4 * ---	1,3,4,8, 10	
A	EP-A-0 153 849 (KAWASAKI STEEL) * Seite 9, Spalte 3; Ansprüche 1,2,4; Abbildungen 8,9,12-14 * ---	1,3,4,8	
A	DE-C-23 66 413 (HITACHI) * Anspruch 1; Abbildung 4 * -----	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.5)
			B21B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort BERLIN		Abschlußdatum der Recherche 22. Juni 1994	Prüfer Schlaitz, J
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			