



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) EP 0 850 704 A1

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
01.07.1998 Patentblatt 1998/27

(51) Int. Cl.⁶: **B21B 37/28**

(21) Anmeldenummer: 97122110.6

(22) Anmeldetag: 16.12.1997

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 23.12.1996 DE 19654068

(71) Anmelder:
**SMS SCHLOEMANN-SIEMAG
AKTIENGESELLSCHAFT
40237 Düsseldorf (DE)**

(72) Erfinder: **Seidel, Jürgen**
57223 Kreuztal (DE)

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

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Walzen eines Walzbandes**

(57) Bei einem Verfahren zum Walzen eines Walzbandes (3, 4) in einer Walzstraße (6) mit zumindest zwei Walzgerüsten (7, 8) mit horizontal einstellbaren oberen und unteren Arbeitswalzen (10, 11), die allein wirken (Duo-Gerüst) oder von welchen sich jede unmittelbar oder über eine Zwischenwalze an einer Stützwalze (9) abstützt, oder in einem Reversiergerüst, an dem mindestens zwei Stiche gewalzt werden, in der bzw. dem das Walzband einer Zustandsänderung unterworfen wird, kann eine optimale Planheit beim warmen und bevorzugt beim kalten Band (3, 4) dadurch erreicht werden, dass zumindest an einem Bandbereich einerseits eine Ziel-Unplanheitsform über die Breite des Bandes vorgegeben, und andererseits eine dort faktisch erreichte Unplanheitsform ermittelt und mit der vorgegebenen Unplanheitsform verglichen, daraus eine Differenz errechnet und zur Verfügung stehende

mechanisch oder physikalisch wirksame Stellglieder in der Art eingesetzt werden, dass die Differenz möglichst weitgehend minimiert wird. Eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens umfasst wenigstens zwei oder mehrere der folgenden Stellglieder: Verschiebbare Arbeitswalzen (10, 11) oder Arbeitswalzenbiegeeinrichtungen (13); Mittel zum paarweisen Verschränken der Arbeitswalzen (10, 11) und Stützwalzen (9); Zonenkühlungen (15) für die Arbeitswalzen (10, 11); Thermische Abdeckungen (18) an Längsbereichen der Arbeitswalzen (10, 11); Bandkantenheizungen (14) vor, innerhalb oder nach der Fertigstraße, z. B. im Bereich des Ablaufrollganges; Bandkanten- Kühlvorrichtung(en) (16) vor, innerhalb oder nach der Fertigstraße; Bandkanten-schmiervorrichtung(en) (17); Online-Arbeitswalzen-Schleifvorrichtung innerhalb der Fertigstraße.

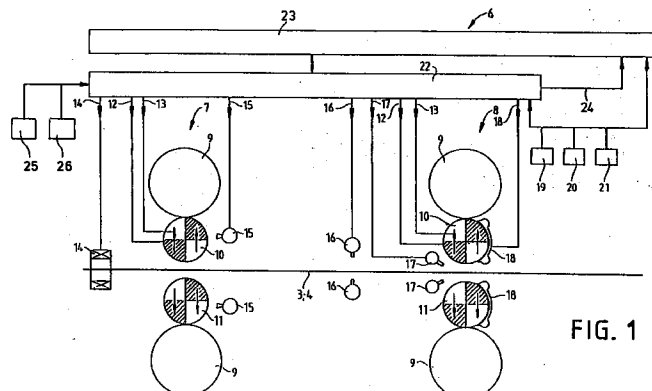


FIG. 1

EP 0 850 704 A1

Beschreibung

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

In der Praxis werden immer höhere Anforderungen an die Warmbandplanheit ebenso wie an die Kaltbandplanheit gestellt. Zugleich werden auch die Randbedingungen für das Warmwalzen schwieriger, weil zunehmend dünnere und breitere Produkte verlangt werden, was zu höheren Abnahmen und erhöhten Walzkräften auch in den hinteren Gerüsten führt. Dabei nimmt der Verschleiß bei hoher Abnahme zu (CSP-Anlagen), und der "thermische Crown" steigt bei hoher Straßenproduktion, z. B. beim Endloswalzen oder in einer Alu-Warmbandstraße.

Daraus ergibt sich, dass ein elementares technisches und wirtschaftliches Bedürfnis dafür besteht, durch ein optimales "Presetting" eine verbesserte Bandplanheit auch unter extremeren Randbedingungen einzuhalten, und dementsprechend besteht ein Bedürfnis für eine Verbesserung der Planheit eines Walzbandes auch innerhalb der Straße, und dies abhängig vom Verwendungszweck sowie abhängig von den einzukalkulierenden Vorgängen bei der Abkühlung des Warmbandes auf dem Auslaufrollgang sowie im Coil.

Beim Warmwalzen von Bandmaterial unterliegen innerhalb eines Walzprogrammes die thermische Bombierung und der Verschleiß der Arbeitswalzen sowie deren elastische Verformungen relativ großen Veränderungen. Ohne Korrektur durch Stellglieder verändert sich mit zunehmend fortlaufendem Walzmaterial-Durchsatz die Walzenkontur. Der Effekt ist von Gerüst zu Gerüst bzw. von Stich zu Stich unterschiedlich. Damit ändert sich neben der Bandkontur auch die vorgegebene Warmbandplanheit und in der Folge auch die Kaltbandplanheit.

Beim Walzen in einer Breite werden innerhalb eines Walzprogrammes nacheinander eine Anzahl von Bändern mit gleicher Breite oder annähernd gleicher Breite gewalzt. Dabei ändert sich neben dem für einen bestimmten Punkt (z. B. C₄₀ oder C₂₅) vorgegebenen Wert des Bandprofils gleichzeitig die Bandprofilform insgesamt und entsprechend auch die vorgegebene Bandplanheit sowohl für Bandbereiche der Mitte als insbesondere auch für randnahe Bereiche des Bandes. Dabei führen beispielsweise der zunehmende Abfall der thermischen Bombierung der Walzen oder der Arbeitswalzenverschleiß im randnahen Bereich zu uner-

wünschten Profilanomalien. Es handelt sich dabei um Verdickungen im Kantenbereich (Wülste), oder auch im Gegenteil Abfallen der Dicke im Kantenbereich. Derartige Profilanomalien schränken die walzbare Länge in einer Breite erheblich ein. Dabei wird als Walzlänge in einer Breite die Summe aller Bandlängen definiert, die in einer Breite oder annähernd gleicher Breite gewalzt werden.

Aus der DE 30 38 865 C1 ist es bekannt, Änderungen des thermischen Crowns und des Arbeitswalzenverschleißes durch geeignete Stellglieder wie Verschiebe- und/oder Biegeglieder, z. B. "CVC"-(Continuously Variable Crown) Verschiebung oder eine geeignete Kühlung zu kompensieren.

Nach der EP 0 276 743 B1 ist es bekannt, zum Steuern der Balligkeit und/oder des Kantenabfalls des Bandes die horizontale Verschiebung der Arbeitswalzen sowie die auf diese wirkenden Biegekräfte einer an der Aufstromseite befindlichen Gruppe von Walzgerüsten 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 und Unplanheiten zu vermeiden, werden in einer an der Abstromseite befindlichen Gruppe der Walzgerüste die Arbeitswalzen in vorbestimmten Intervallen hin- und hergeschoben. 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.

Die EP 0 618 020 A1 offenbart ein Verfahren zum Walzen eines Walzbandes in einem gattungsgemäßen Walzgerüst mit horizontal einstellbaren oberen und unteren Arbeitswalzen, wobei profil- und planheitsgebende Stellglieder auf das Walzband einwirken. Das bekannte Walzverfahren erlaubt es, trotz flexibler Walzprogramme den Anforderungen an die Profilgenauigkeit und die Planheit des Walzbandes in etwa zu entsprechen, wenn eine Zielkontur des Profils des Walzbandes vorgegeben wird, zu deren Erreichen sukzessive zwei Gruppen von Stellgliedern auf das Walzband einwirken, von welchen Stellglieder der ersten Gruppe bei oberhalb der kritischen Dicke liegenden Walzbanddicken zum Einsatz gebracht werden und vornehmlich die Kontur des Walzbandes in dessen mittleren Bereich beeinflussen, während Stellglieder einer zweiten Gruppe bei unterhalb der kritischen Dicke liegenden Walzbanddicken im Bandkantenbereich zum Einsatz gebracht werden.

Die beim Stand der Technik bekannten Maßnahmen reichen jedoch nicht aus, um die erhöhten Anforderungen insbesondere hinsichtlich der Planheit auch unter extremen Randbedingungen erfüllen zu können. Diese bestehen bei der Erzeugung von Warmband ins-

besondere darin, Walzprogramme flexibel zusammenstellen zu können, wobei neben größeren Dicken und Materialumstellungen vor allen Breitensprünge in Richtung schmal und breit gewünscht werden (mixed rolling). Außerdem soll aus wirtschaftlichen Gründen die Zahl der Bänder gleicher Breite innerhalb eines Walzprogrammes ohne Beeinträchtigung von Profilgenauigkeit und Planheit erhöht werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben, mit welchen trotz flexibler Walzprogramme die erhöhten Anforderungen an die Warmbandplanheit wie auch an die Kaltbandplanheit und im Zusammenwirken damit an die Profilgenauigkeit erfüllen lassen, und wobei mit Hilfe der vorzuschlagenden Maßnahmen des Verfahrens durch ein optimales Presetting eine Verbesserung der Planheit auch innerhalb der Straße sowie eine verbesserte Bandplanheit auch unter extremeren Randbedingungen erzeugt werden soll und zwar abhängig vom Verwendungszweck sowie von den Vorgängen bei der Abkühlung des Warmbandes auf dem Auslaufrollgang und im Coil.

Weiterhin findet das Verfahren auch Anwendung in einer Kaltstraße bzw. einem Kaltgerüst. Auch hier werden Bandkonturänderungen im unmittelbaren Bandkantenbereich durchgeführt und eine möglichst "edge-drop"-freie Kontur angestrebt, wobei die Unplanheiten sowie Bandspannungen speziell an der Bandkante in Grenzen zu halten sind.

Diese Aufgaben werden mit der Erfindung bei einem Verfahren zum Walzen eines Walzbandes der im Oberbegriff von Anspruch 1 angegebenen Gattung durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Dabei wird nicht mehr von einer Sollplanheit bezogen auf einen Referenzpunkt des Bandes ausgegangen, sondern vielmehr eine Ziel- Unplanheitsform über die Breite des Bandes vorgegeben, und andererseits eine in einem bestimmten Bandbereich de facto erreichte Unplanheitsform ermittelt und mit der vorgegebenen Unplanheitsform verglichen, daraus eine Differenz errechnet und zur Verfügung stehende mechanisch oder physikalisch wirksame Stellglieder in der Art eingesetzt, dass die Differenz möglichst weitgehend minimiert wird.

Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens wird durch ein optimales Presetting eine verbesserte Bandplanheit auch unter extremeren Randbedingungen erzeugt.

Dabei können alle Stellglieder bzw. Parameter, die das elastische Verhalten des Walzensatzes beeinflussen, eine Bandverlängerung parabolischer Art über die Breite bewirken. Einflussgrößen, welche die Welligkeit bzw. Bandverlängerungen besonders im Kantenbereich verändern, sind folgende:

- Arbeitswalzenverschleiß
- Thermischer Crown (Zonenkühlung, Abdeckschalen)

- Walzkraft, z. B. infolge Walzenabplattung
- Spezial-Walzenschliff (Anti-Wulst-Walze, Tapered Roll)
- Online-Arbeitswalzen-Schleifvorrichtung
- Bandtemperaturänderungen an der Kante (positiv/negativ)
- Bandkantenschmierung

Je nach Anforderungen werden dabei Stellglieder mit vornehmlich parabolischer Wirkung oder Wirkung höherer Ordnung im Bereich der Kanten aktiviert.

Das Verfahren nach der Erfindung sieht vor, dass eine Ziel- und Planheitsform des Bandes in Abhängigkeit vom Verwendungszweck sowie von den Vorgängen bei der Abkühlung des Warmbandes auf dem Auslaufrollgang und im Coil vorgegeben wird. Dabei genügt es nicht, nur einen Zielplanheits- oder Zielunplanheitswert bezogen auf den z. B. C₄₀-Punkt vorzugeben, sondern es ist erforderlich, auch eine Bandverlängerung/-verkürzung über der Breite bzw. eine Planheit höherer Ordnung anzustreben.

Es können beispielsweise anstelle oder zusätzlich zur Vorgabe eines Ziel-Planheits bzw. Unplanheitswertes ein Profil der Ziel-Spannungsverteilungen oder Ziel-Verlängerungen über der Breite vorgegeben und mit den faktisch erreichten bzw. errechneten Spannungsverteilungen bzw. Verlängerungen verglichen werden. Die sich dabei ergebenden Differenzen werden sodann errechnet und die Stellglieder in der Art eingesetzt, dass diese Differenzen möglichst weitgehend minimiert werden.

Die Vorgehensweise bei der Ermittlung der Bandkontur bzw. Bandkonturveränderung und damit der Bandspannungsverteilung über der Breite bzw. der Bandverlängerung über der Breite ist im Flussdiagramm Fig. 12 dargestellt.

Die Verfahrensschritte zur Erzeugung einer gewünschten Bandspannungsverteilung bzw. Bandverlängerung über der Breite zeigt das Flussdiagramm Fig. 13.

Mit Vorteil werden in einer Warmstraße zur Erzeugung eines im kalten Zustand planen Bandes beim warmen Band über die Bandlänge unterschiedliche Unplanheitsformen vorgegeben.

Zu dem hierbei vorgesehenen Erzeugen der unterschiedlichen Warmband-Unplanheiten werden die Arbeitswalzenbiegung, PC-Gerüst-Stellwinkel, CVC-Verschiebung oder andere Stellglieder über der Bandlänge verändert.

Weiter sieht das Verfahren vor, dass bei ungenügender Minimierung der Differenzen die Eingangsbedingungen des zuständigen Gerüsts geändert und das Ergebnis optimiert wird. Dabei können zusätzlich zu mechanisch wirksamen Stellgliedern auch physikalisch wirksame Stellglieder verwendet werden. Diese können als Voreinstellung am Kopf, ebenso wie auch über der Bandlänge veränderlich eingestellt werden. Es sind dies beispielsweise Bandkantenkühlung, Bandkanten-

erwärmung, Walzkraftverteilung oder auch Bandkantenschmierung.

Zur besseren Übersicht über die dabei stattfindenden Vorgänge und Zustandsänderung des Bandes wird die Beschreibung der Zielwerte sowie der faktisch erreichten Werte durch Aufteilen der Bandbreite in einen Bodybereich und in einen Kantenbereich vorgenommen. Dabei kann die Unplanheitsform durch eine Polynomfunktion $y^* = A_2x^2 + A_4x^4 + A_6x^6 + A_nx^n$ beschrieben werden, wobei y^* die Koordinate für die Bandverlängerung, Bandunplanheit bzw. Bandspannung und x die Bandbreitenkoordinate darstellt.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des Verfahrens sieht vor, dass um die Zielwerte positive und negative Limits (Bandspannung, Planheit, Bandverlängerung/Bandverkürzung) definiert und die Stellglieder derart eingesetzt werden, dass die Band-Spannungsverteilung, Planheitsverteilung, Verteilung von Bandverlängerung/Verkürzung innerhalb der Limits liegen.

Zur Erzeugung einer Bandverlängerung/Bandverkürzung parabolischer oder übergeordneter Art über die Bandbreite werden bevorzugt Stellglieder verwendet, die das elastische Verhalten des Walzensatzes beeinflussen, wobei diese Stellglieder axiale Verschiebemitel für die CVC-Arbeitswalzen oder Biegevorrichtungen für diese oder beide Mittel zugleich umfassen.

Weiterhin ist mit der Erfindung vorgesehen, dass zur Vermeidung von Zipfelwellen am warmen Band sowie im Kaltzustand des Bandes, eine Umverteilung der Walzkraft in dem Sinne vorgenommen wird, dass die Walzkraft zumindest im letzten Gerüst reduziert und die Walzkraft stromaufwärts gelegener Gerüste erhöht wird.

Sehr vorteilhaft werden dabei die Vorgänge beim Abkühlen des Walzbandes auf dem Auslaufrollgang sowie im Coil und die dabei stattfindenden Band-Verlängerungen/Verkürzungen sowohl im Bodybereich als auch im Bereich der Bandkanten analysiert und die dabei ermittelten bzw. errechneten Längenänderungen durch entsprechendes Presetting der Stellglieder zumindest im letzten Gerüst kompensiert.

Und schließlich ist mit dem erfindungsgemäßen Verfahren bevorzugt vorgesehen, dass mechanisch wirkende Stellglieder eingesetzt und durch nicht-mechanische, z. B. positive oder negative thermische Stellglieder, unterstützt werden.

Eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach der Erfindung ist gekennzeichnet durch wenigstens zwei oder mehrere der im Vorrichtungsanspruch aufgeführten Stellglieder im Bereich der Walzanlage.

Diese können axial verschiebbare CVC-Arbeitswalzen oder Arbeitswalzenbiegeeinrichtungen umfassen. Zusätzlich können die Arbeitswalzen verschränkbar ausgebildet sein. Zur thermischen Beeinflussung der Arbeitswalzen können diese beispielsweise mit einer thermischen Abdeckung ausgestattet sein oder gegebenenfalls auch mit einer Zonenkühlung. Die Arbeits-

walzen können weiterhin mit Spezial-Walzenschliff oder mit einem Online-Grinder ausgestattet sein. Für eine fallweise erforderliche thermische Korrektur der Bandkantenbereiche ist darüberhinaus vorgesehen, dass die Vorrichtung vor, innerhalb oder nach der Fertigstraße, z. B. im Bereich des Ablaufrollganges, eine Bandkanten-Heizung, oder auch vor, innerhalb oder nach der Fertigstraße eine Bandkanten-Kühlvorrichtung aufweist. Und schließlich kann innerhalb der Fertigstraße eine Bandkantenschmiervorrichtung vorgesehen sein.

Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile ergeben sich aus den Ansprüchen und der nachfolgenden Beschreibung einiger in den Zeichnungen dargestellter Ausführungsbeispiele der Erfindung.

Es zeigen:

Fig. 1 in schematischer Darstellung den erfindungsgemäßen Aufbau einer Anlage zur Durchführung des Verfahrens,

Fig. 2.1 - 2.5 Diagramme zur Ermittlung der Bandverlängerung über die Breite des Bandes,

Fig. 3.1 - 3.2 je ein Diagramm eines Walzprogramms nach Breite/Dicke des Walzgutes,

Fig. 4 die Form einer Anti-Wulst-Walze (gemäß EP 0 672 471 A1),

Fig. 5.1 - 5.6 Einfluss der Anti-Wulst-Walze beim Wegdrücken von Bandwulsten im Kantenbereich, betreffend die Gerüste 1 bis 6,

Fig. 6.1 - 6.4 Planheiten höherer Ordnung ohne Anwendung des Verfahrens nach der Erfindung,

Fig. 7.1 - 7.4 Einführung von Planheitslimits höherer Ordnung bzw. Vergabe einer negativen Ziel-Planheit höherer Ordnung im randnahen Bereich,

Fig. 8.1 - 8.6 Konturregelung durch Änderung der Schiebepositionen von CVC-, Anti-Wulst- und konventionellen Walzen,

Fig. 9 die Form einer Tapered-Walze,

Fig. 10.1 - 10.4 Einfluss der Tapered-Walze mit und ohne Berücksichtigung von Planheitslimits höherer Ordnung,

Fig. 11.1 - 11.6 Einfluss einer Walzkraftumvertei-

lung auf die Bandplanheitsform bzw. Form der Bandverlängerung über der Bandbreite,

Fig. 12 Flussdiagramm zur Erzeugung einer gewünschten Bandverlängerung über die Breite,

Fig. 13 Flussdiagramm zur Entstehung von Kaltbandunplanheiten und deren Verminderung.

In Figur 1 ist eine das Erreichen vorgegebener Ziel-Unplanheitsformen über die Breite eines gewalzten Bandes (3, 4) ermöglichende Walzstraße (6) - teils schematisch und mit lediglich symbolhaften Kennzeichnungen für die mechanischen Stellglieder - einschließlich der sie unterstützenden Elemente sowie in Form von "black-boxes" für Rechner und Messgeräte dargestellt.

Die Anlage besteht aus mehreren Walzgerüsten, von denen lediglich das erste und das letzte Walzgerüst (7) bzw. (8) gezeigt sind. Es kann sich jedoch auch um eine Walzstraße mit einem Reversiergerüst handeln, mit dem mehrere Stiche gewalzt werden. Jedes Walzgerüst (7, 8) weist horizontal einstellbare, von Stützwälzen (9) abgestützte obere und untere Arbeitswälzen (10, 11) auf. Die letzteren sind axial verschiebbar, vorzugsweise mit einer CVC-Verschiebung (12), sowie mit Arbeitswälzenbiegeeinrichtungen (13) ausgerüstet; die Arbeitswälzen (10, 11), versehen mit geschliffener oder thermischer Verschleißkontur, werden mittels CVC-Verschiebung (12) und Arbeitswälzenbiegung (13) als mechanische Stellglieder entweder im Bandmittenbereich oder im Bandkantenbereich eingesetzt.

Zur Unterstützung dieser mechanischen Stellglieder (12, 13) ist vor und hinter den ersten Gerüsten der Fertigstraße zur Veränderung der Kantenerwärmung des Walzbandes (3) bzw. (4) eine Bandkantenheizung (14) angeordnet. Zur thermischen Beeinflussung der Bandform über Veränderungen des thermischen Crowns der Arbeitswälzen (10, 11) besitzt die Walzstraße (6), bevorzugt im Bereich der vorderen bzw. hinteren Walzgerüste, eine Arbeitswälzen-Zonenkühlung (15), z. B. in Form von in den entsprechenden Zonen auf die Arbeitswälzen (10, 11) gerichteten Spritzdüsen, wie z. B. hinter dem ersten Walzgerüst (7) gezeigt. Zur thermischen Beeinflussung der Bandkanten tragen weiterhin Bandkantenkühlungen (16) mit z. B. in den Seitenführungen angeordneten Spritzdüsen sowie Arbeitswälzen-Abdeckschalen (18) bei, wie für das letzte Walzgerüst (8) beispielhaft gezeigt. Die Schmierung (17) der Arbeitswälzen (10, 11) im Bandkantenbereich beeinflusst die Lastverteilung im Walzspalt und damit ebenfalls die Bandkontur. Hinter dem letzten Walzgerüst (8) sind zur permanenten Ermittlung der Bandkontur Dicken-, Planheits- und Temperaturmessgeräte (19, 20, 21) angeordnet.

Sowohl die Messgeräte (19 - 21) sowie (25, 26), als auch Meldeeinrichtungen der mechanischen Stellglieder (12, 13) sowie der thermischen und anderen Beeinflussungselemente (14 - 18) sind an einen Bandkontur- und Planheitsrechner (22) angeschlossen. Die ermittelten Messdaten, insbesondere für Profil und Planheit bzw. Unplanheit des Bandes (3, 4) können daher unmittelbar zur Korrektur der vorgeschalteten Regelsysteme bzw. Stellglieder herangezogen werden, mit dem Ziel, die tatsächlich erreichte Unplanheitsform des Walzbandes mit den Werten der vorgegebenen Zielunplanheit zu vergleichen, daraus eine Differenz zu errechnen und die zur Verfügung stehenden mechanisch oder physikalisch wirksamen Stellglieder in der Art einzusetzen, dass die Differenzen möglichst weitgehend minimiert werden, wie dies die Lehre der Erfindung vorschreibt. Um optimale Anfangsbedingungen für die Profil- und Planheitsrechnung zu erhalten, werden vorzugsweise die einlaufende Bandkontur mit dem Profilmessgerät (25), sowie die einlaufende Bandplanheitsform mit dem Planheitsmessgerät (26) erfasst. Ein Stichplanrechner (23) versorgt den Bandkontur- und Planheitsrechner (22) mit Eingangsdaten. Eine Datenrückführung (24) ist zum Zwecke der erwünschten Walzkraftumverteilung eingerichtet.

Die Vorgehensweise bei der Ermittlung der Bandkontur bzw. Bandverlängerung ($\Delta L / L_i(B)$) und damit der Bandspannungsverteilung $\sigma_i(B)$ über die Breite (B) ist in den Figuren 2.1 bis 2.5 dargestellt. Die Verfahrensschritte, mit welchen eine vorgegebene Zielunplanheit bzw. Ziel-Bandverlängerung über der Breite erzeugt wird, zeigt das Flussdiagramm Fig. 12. In Fig. 2.1 stellt die durchgezogene Kurve die einlaufende Bandkontur $y_{\text{ein}}(B)$ dar und die strichpunktierte Kurve die auslaufende Bandkontur $y_{\text{aus}}(B)$. Fig. 2.2 zeigt die Differenz zwischen ein- und auslaufender Bandkontur, Fig. 2.3 die Bandverlängerung (B) mit Angabe des Bandkantenbereichs (a), wobei der verbleibende Kurvenverlauf den sogenannten "Bandbodybereich" angibt; K ist der Laufindex über die Bandbreite. Die gestrichelten Kurven zeigen die Form der positiven und negativen Planheitslimits über der Bandbreite. In Fig. 2.4 ist die Aufteilung der Bandverlängerung sowie deren Limits in einen parabolischen Anteil und in Fig. 2.5 in einen Anteil höherer Ordnung gezeigt.

Die Figur 3.1 zeigt ein Diagramm eines Walzprogramms nach der Breite des gewalzten Bandes. Diese umfasst eine Breitendifferenz beim Walzen von insgesamt ca. 185 Coils zwischen 1000 und 2000 mm in entsprechend abgestuften Breitensprüngen. Die Figur 3.2 zeigt ergänzend hierzu innerhalb des gleichen Walzprogrammes Dicken Sprünge des Walzgutes zwischen 1600 und 3600 Mikrometer bei gleicher Coilfolge. Beim Walzen breiter Bänder, beispielsweise nach dem Walzprogramm entsprechend Fig. 3.1, 3.2 können bei kurzer Ziehfolge Wulste entstehen. Diese werden mit Hilfe von Anti-Wulst-Walzen nach Figur 4 erfolgreich weggedrückt.

Die Veränderung der Bandkontur wird durch Betrachten der Figuren 5.3 und 5.4 deutlich. Diese Konturänderung führt zu Bandverlängerungen besonders im Bandkantenbereich, was für die Gerüste 3-6 der Figuren 6.1 bis 6.4 erkennbar ist, wobei auf der Ordinate die Planheit höherer Ordnung angegeben ist und auf der Abszisse die Coilanzahl. Aus der Figur 5.4 sowie 6.2, insbesondere im Bereich der Coils 20 bis 80, ist die Bandkonturänderung durch Einsatz der Anti-Wulst-Walze deutlich erkennbar.

Weiterhin kann der Verschleiß der Arbeitswalzen sowie der thermische Crown der Arbeitswalzen zu unerwünschten Bandverlängerungen bzw. Bandverkürzungen führen. Deshalb müssen Limits für die Begrenzung der Bandverlängerung bzw. Planheitslimits - auch höherer Ordnung - eingeführt werden. Die Einführung derartiger Planheitslimits geht z. B. aus den Figuren 7.1 bis 7.4 für die gerüste F3 bis F6 (strichpunktierte Linien) hervor. Die eingestellten Schiebepositionen der Gerüste F1 bis F6 von CVC-, Anti-Wulst- und konventionellen Walzen zum Zwecke der Bandkontur- und Bandplanheitsoptimierung zeigen die Figuren 8.1 bis 8.6. Für das Auslaufgerüst der Figur 7.4 wurden negative Ziel-Unplanheiten höherer Ordnung für die Bandkante vorgegeben. Wie insbesondere das Diagramm 7.4 zeigt, werden hierdurch Wellen höherer Ordnung, z. B. Zipfelwellen an der Bandkante, im warmen wie auch im kalten Bandzustand erfolgreich bekämpft.

Ein weiteres Stellglied für die Anwendung der Konturregelung ist in der Figur 9 dargestellt. Es ist die Form einer Tapered-Walze erkennbar, wobei die Abszisse die axiale Länge, und die Ordinate die Durchmesserdivergenz anzeigen.

Die Wirkung der Tapered-Walze auf die Bandkontur sowie die Planheitsform bzw. Form der Bandverlängerung sind aus den Figuren 10.1 bis 10.4 erkennbar. In dem Beispiel der Fig. 10.1 konnte zwar die gewünschte Bandkontur erzeugt werden, es sind jedoch unzulässig kurze Bandfasern im Kantenbereich entsprechend Fig. 10.2 die Folge. Die Gefahr des Bandreissens bedingt durch zu hohe Zugspannung an der Kante ist sehr groß. Zur Vermeidung dieses Problems wurden Planheitslimits höherer Ordnung eingeführt.

Nach der Figur 10.3 ist die gewünschte Bandkontur nicht so flach, weil die erzeugte Planheitsform nach Fig. 10.4 innerhalb der zulässigen Grenzen gehalten wurde. Bei Optimierung der Schiebeposition zum Zwecke der Planheitsverbesserung höherer Ordnung wird z. B. die Biegung benutzt, um die Bodyplanheit sicherzustellen.

Um die Zielplanheit höherer Ordnung werden zweckmäßigerweise Planheits-Grenzlinien gelegt. Diese dienen dazu, den erwarteten der Bandkanten beim Abkühlen des Bandes/Coils entgegenzuwirken bzw. einen sicheren Bandtransport in der Straße zu gewährleisten.

Verschiedentlich ergeben sich in der Straße Zipfelwellen. Ursache hierfür ist in vielen Fällen eine zu hohe Walzkraft, beispielsweise gemäß Fig. 11.1 bis 11.3 am

Gerüst F6.

Das Walzkraftniveau ist oft von Gerüst zu Gerüst nicht fallend, sondern bleibt konstant oder steigt sogar gem. Fig. 11.1 bei F6 etwas an. Dies führt insbesondere bei dünnen Bändern zu langen Bandkanten, wie dies die Figur 11.3 zeigt.

Die Zielplanheitsform $(\Delta L / L)_{\text{Ziel}}$ sowie die Planheitslimits $((\Delta L / L)_{\text{lim}})$ sind in der Figur 11.3 ebenfalls dargestellt. Wenn dieser Vorgang in einer Warmstraße stattfindet, bei der die Bandkanten naturgemäß etwas kälter sind, dann verschlimmert sich die Situation beim Abkühlvorgang des Warmbandes im Coil noch zusätzlich. Eine Walzkraftumverteilung z. B. unter Verminderung der Walzkraft an F6 und Erhöhung an F4/F5 gem. Figuren 11.4 bis 11.6 verbessert die Situation.

Eine damit verbundene Änderung der Body-Unplanheit kann durch die Stellglieder Arbeitswalzenbiegung oder CVC-Walzen ausgeglichen werden. Durch Analyse der Vorgänge beim Abkühlprozess des Warmbandes auf dem Auslaufrollgang und im Coil lassen sich die Zielbandverlängerungen für das Warmband über der Breite ermitteln, um danach die Kaltbandplanheit zu verbessern. Die Vorgehensweise hierzu ist im Flussdiagramm gemäß Fig. 13 dargestellt.

Die Einbindung der Walzkraftumverteilung in das Gesamtiterationsschema zeigt die Figur 12.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Walzen eines Walzbandes in einer Bandstraße mit zumindest zwei Walzgerüsten mit horizontal einstellbaren oberen und unteren Arbeitswalzen, die alleine wirken (Duo-Gerüst) oder von denen sich jede unmittelbar oder über eine Zwischenwalze an einer Stützwalze abstützt, oder in einem Reversiergerüst, an dem mindestens zwei Stiche gewalzt werden, in der bzw. dem das Walzband einer Zustandsänderung unterworfen wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest an einem Bandbereich einerseits eine Ziel-Unplanheitsform über die Breite des Bandes vorgegeben, und andererseits eine dort faktisch erreichte Unplanheitsform ermittelt und mit der vorgegebenen Unplanheitsform verglichen, daraus eine Differenz errechnet und zur Verfügung stehende mechanisch oder physikalisch wirksame Stellglieder in der Art eingesetzt werden, dass die Differenz möglichst weitgehend minimiert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass anstelle oder zusätzlich zur Vorgabe einer Ziel-Unplanheitsform ein Profil der Ziel-Spannungsverteilungen oder Ziel-Verlängerungen des Bandes über der Breite vorgegeben und mit den faktisch erreichten Spannungsverteilungen bzw. Verlängerungen verglichen, die sich dabei ergebenden Differenzen errechnet und die Stell-

glieder in der Art eingesetzt werden, dass die Differenzen minimiert werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Erzeugung eines im kalten Zustand planen Bandes beim warmen Band über die Bandlänge unterschiedliche Unplanheitsformen vorgegeben werden. 5
4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei ungenügender Minimierung der Differenz die Eingangsbedingungen, d. h. die Eigenschaften des einlaufenden Bandes wie Bandkontur, Planheitsform bzw. Bandtemperaturverteilung des zuständigen Gerüsts geändert und das Ergebnis optimiert wird. 10 15
5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zum Erzeugen unterschiedlicher Band-Unplanheitsformen die Arbeitswalzenbiegung, PC-Gerüst-Stellwinkel, CVC-Verschiebung oder zusätzlich weitere mechanisch oder physikalisch wirksame Stellglieder über die Bandlänge konstant oder veränderlich eingestellt werden. 20 25
6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Beschreibung der Zielwerte, Unplanheitsformen und die mathematische Auswertung durch Aufteilen der Bandbreite in einen Bodybereich und in einen Kantenbereich vorgenommen wird. 30
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Unplanheitsform durch eine Polynomfunktion $y^* = A_2x^2 + A_4x^4 + A_6x^6 + A_nx^n$ beschrieben wird, wobei y^* die Koordinate für die Bandverlängerung, Bandunplanheit oder Bandspannung und x die Bandbreitenkoordinate darstellt. 35 40
8. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Unplanheitsform alternativ als Punktfolge (x,y) beschrieben wird. 45
9. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Zielwert für die Unplanheitsform durch eine Polynomfunktion gemäß Anspruch 7 oder als Punktfolge (x-y) gemäß Anspruch 8 beschrieben wird. 50
10. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass um die Zielwerte positive und negative Limits (Bandspannung, Planheit, Bandverlängerung/Bandverkürzung) definiert und die Stellglieder derart eingesetzt werden, dass die Band-Spannungsverteilung, Planheitsverteilung, Verteilung von Bandverlängerung/Verkürzung innerhalb der Limits liegen, bzw. eine Überschreitung der Limits minimiert wird. 55
11. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Limits für die zulässige Unplanheitsform durch eine Polynomfunktion nach Anspruch 7 oder als Punktfolge (x,y) gemäß Anspruch 8 beschrieben werden.
12. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zielunplanheitsformen sowie die Planheitslimits über der Breite eines Bandes für die unterschiedlichen Gerüste bzw. Stiche unterschiedliche Formen und Niveaus annehmen können.
13. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Erzeugung einer Bandverlängerung/Verkürzung parabolischer oder übergeordneter Art über die Bandbreite Stellglieder verwendet werden, die das elastische Verhalten des Walzensatzes beeinflussen, wobei diese Stellglieder axiale Verschiebemitel für die Arbeitswalzen oder Biegevorrichtungen für diese oder beide dieser Mittel zugleich umfassen.
14. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Vermeidung von Zipfelwellen am warmen Band sowie im Kaltzustand des Bandes eine Verteilung der Walzkraft in dem Sinne vorgenommen wird, dass die Walzkraft zumindest im letzten Gerüst reduziert und die Walzkraft stromaufwärts gelegener Gerüste erhöht wird.
15. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorgänge beim Abkühlen des Walzbandes auf dem Auslaufrollgang sowie im Coil und die dabei stattfindenden Band-Verlängerungen/Verkürzungen sowohl im Bodybereich als auch im Bereich der Bandkanten analysiert und die dabei ermittelten bzw. errechneten Längenänderungen durch entsprechendes Presetting der Stellglieder zumindest im letzten Gerüst kompensiert werden.
16. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass mechanisch wirkende Stellglieder eingesetzt und durch nicht-mechanische, z.B. positive oder negative thermische Stellglieder unterstützt werden.
17. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die gemessene Unplanheitsform mit der Zielplanheits-

form verglichen und die Differenz für Adaptionen zwecke herangezogen wird.

18. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Differenz zwischen der gerechneten bzw. gemessenen Unplanheitsform und der Zielplanheitsform analysiert und in parabolische Anteile sowie in Anteile höherer Ordnung aufgeteilt wird, und dass Stellglieder danach entsprechend ihrer Wirkung eingesetzt werden. 5 10

19. Vorrichtung zum Walzen eines Walzbandes in einer Bandstraße mit zumindest zwei Walzgerüsten mit horizontal einstellbaren oberen und unteren Arbeitswalzen, die alleine wirken (Duo-Gerüst) oder von denen sich jede unmittelbar oder über eine Zwischenwalze an einer Stützwalze abstützt, oder in einem Reversiergerüst, an dem mindestens zwei Stiche gewalzt werden, in der bzw. dem das Walzband einer Zustandsänderung unterworfen wird, zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie wenigstens zwei oder mehrere der folgenden Stellglieder umfasst: 15 20 25

- Verschiebbare Arbeitswalzen (10, 11) oder Arbeitswalzenbiegeeinrichtungen (13);
- Mittel zum paarweisen Verschränken der Arbeitswalzen (10, 11) und Stützwalzen (9); 30
- Zonenkühlungen (15) für die Arbeitswalzen (10, 11);
- Thermische Abdeckungen (18) an Längsbereichen der Arbeitswalzen (10, 11); 35
- Bandkantenheizungen (14) vor, innerhalb oder nach der Fertigstraße, z. B. im Bereich des Ablaufrollganges;
- Bandkanten-Kühlvorrichtung(en) (16) vor, innerhalb oder nach der Fertigstraße; 40
- Bandkantenschmiervorrichtung(en) (17) innerhalb der Fertigstraße.

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass unterstützend zu den aufgeführten Stellgliedern eine Online-Schleifvorrichtung eingesetzt wird, welche so angesteuert, angeordnet und ausgebildet ist, dass sie die Arbeitswalzen (10, 11) des Auslaufgerüstes lokal an den Stellen nachschleift, an welchen zu lange Bandfasern gemessen werden und somit die Differenz zwischen der gemessenen Unplanheitsform und der Zielunplanheitsform beseitigt bzw. minimiert. 45 50

55

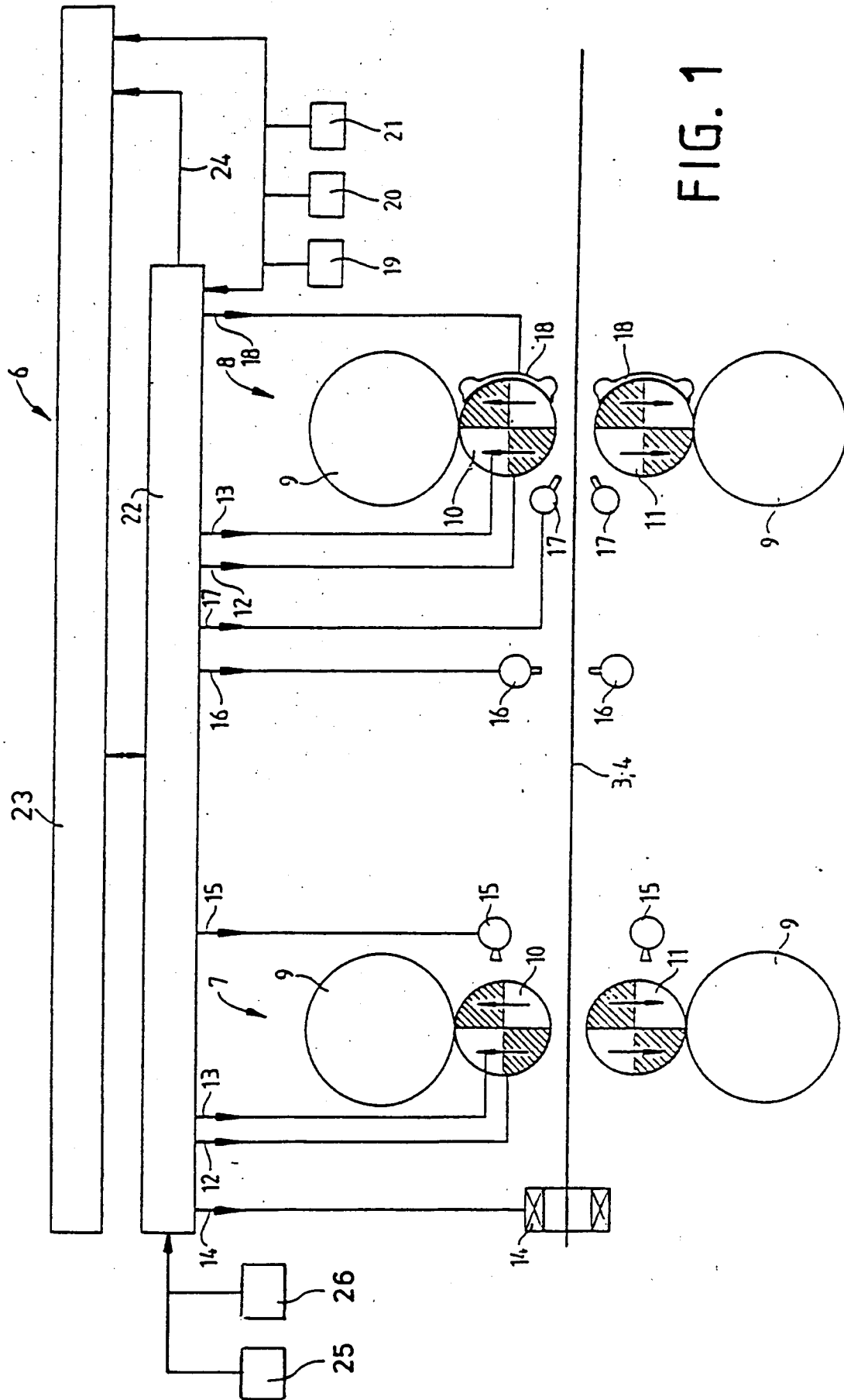


FIG. 1

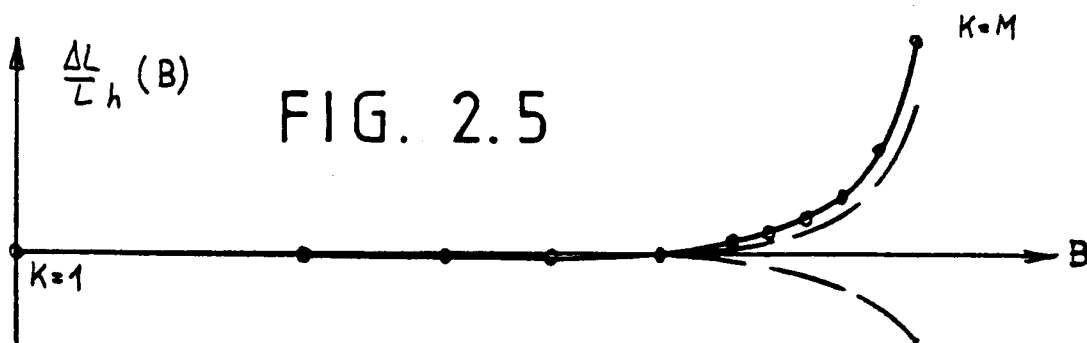
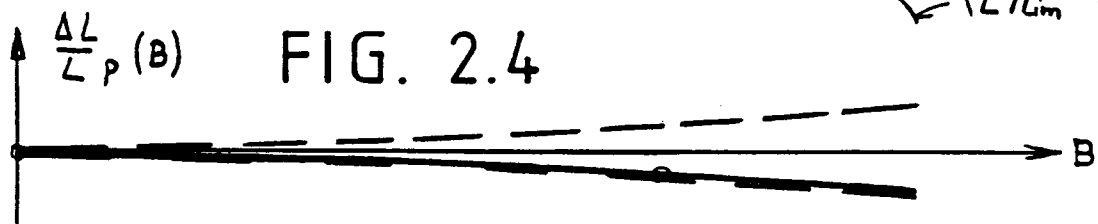
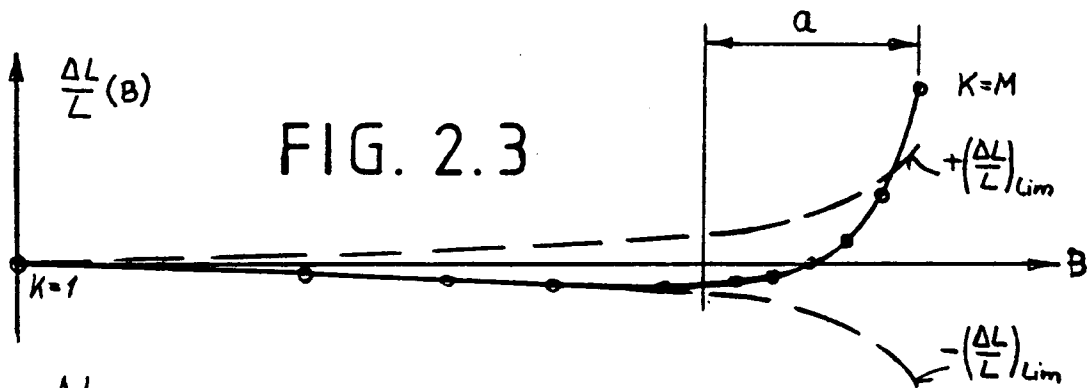
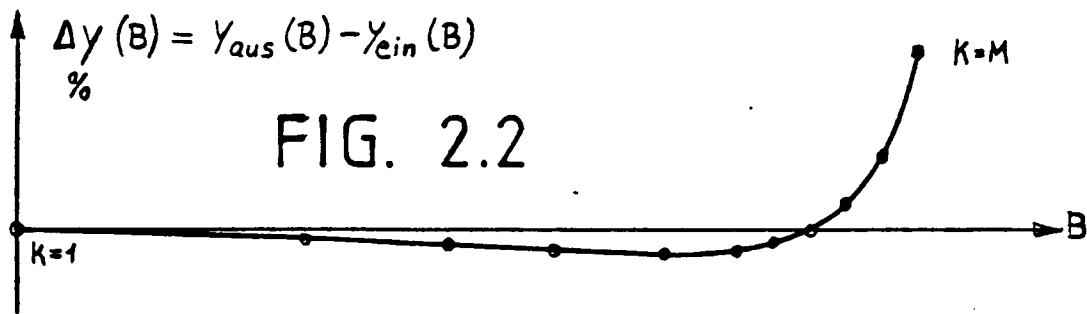
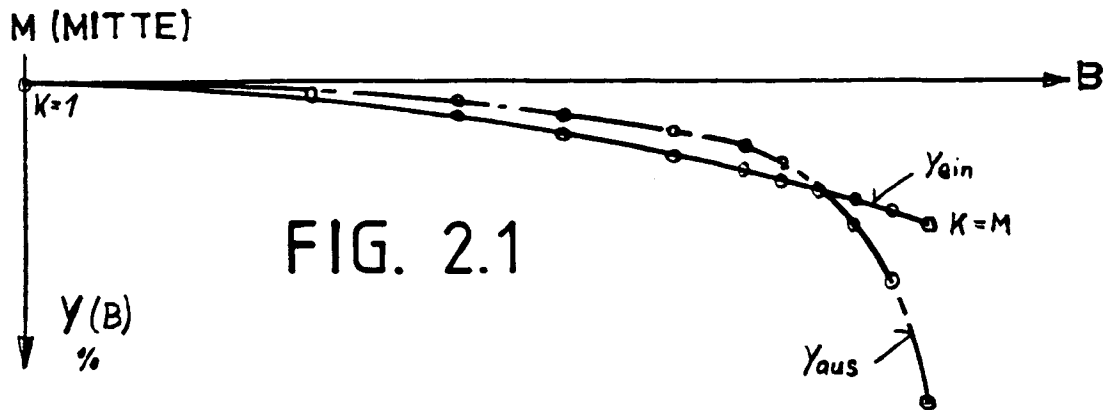


FIG. 3.1

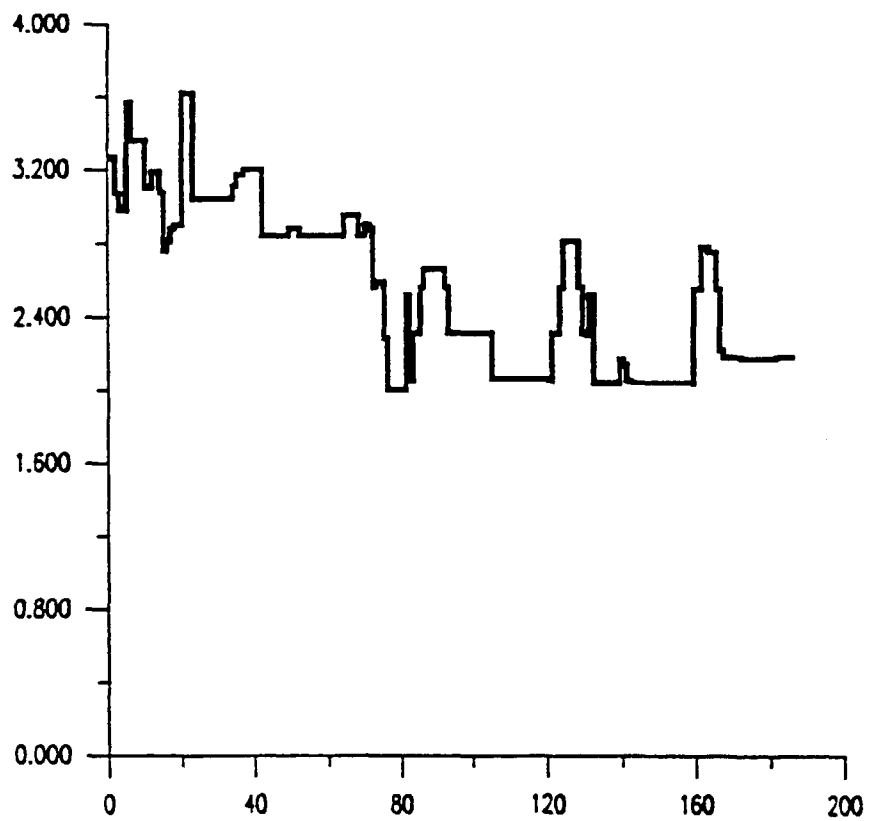
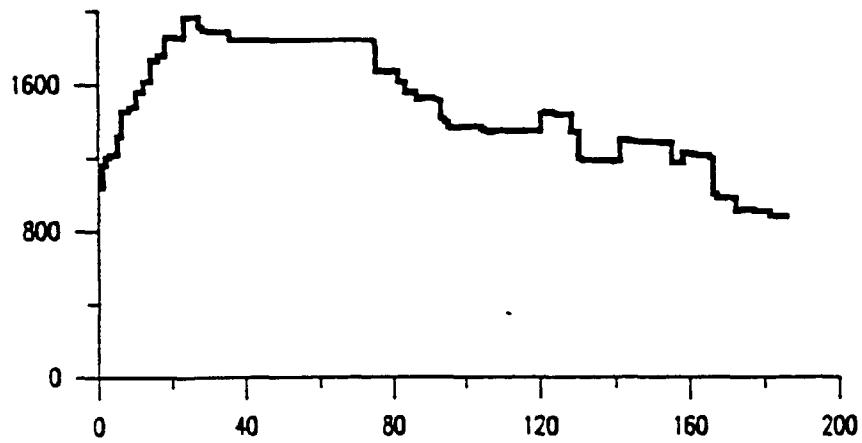


FIG. 3.2

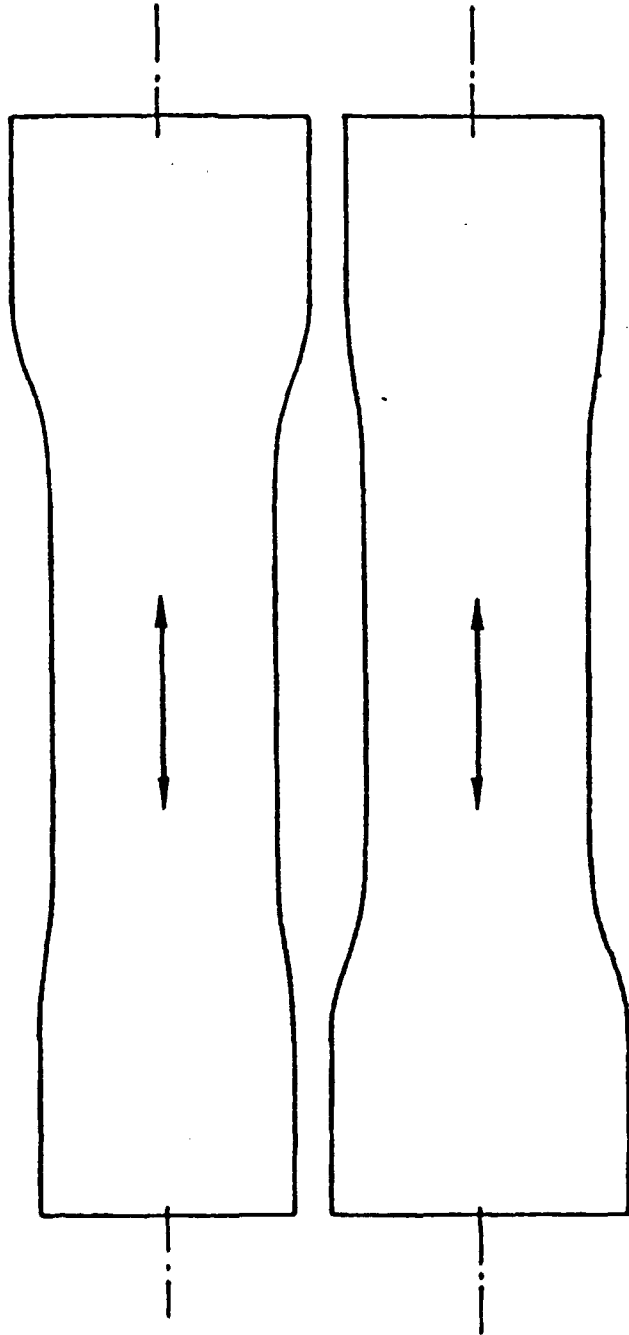
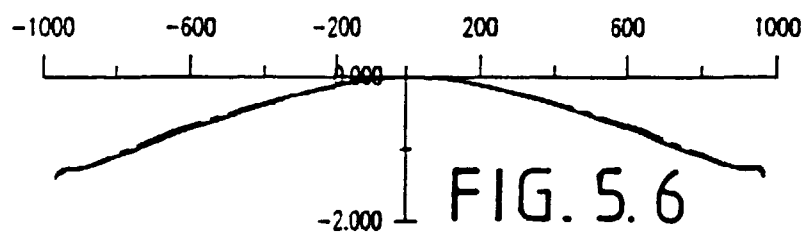
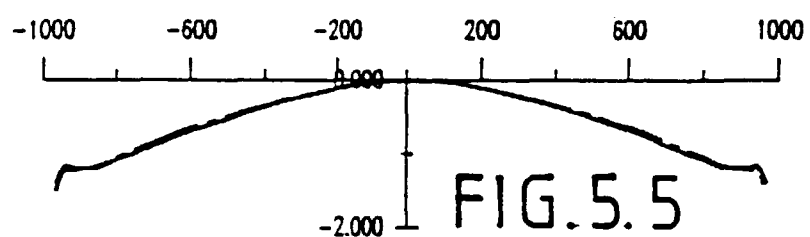
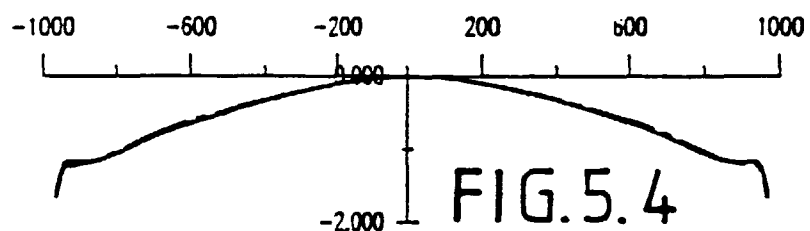
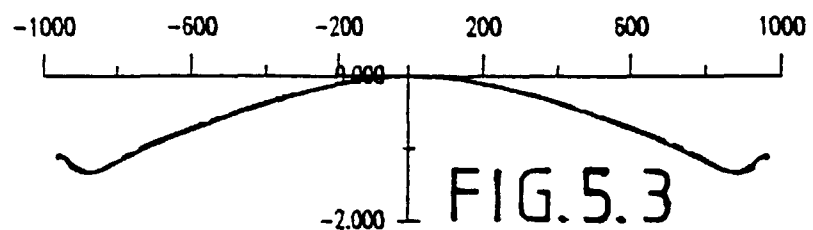
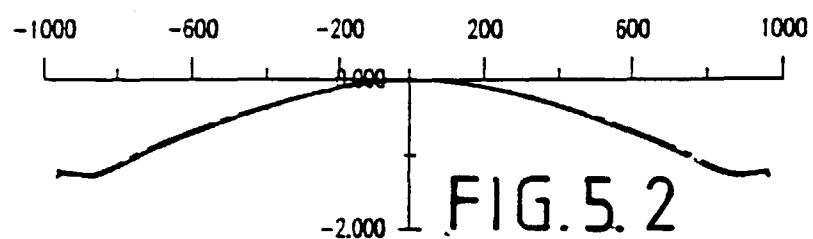
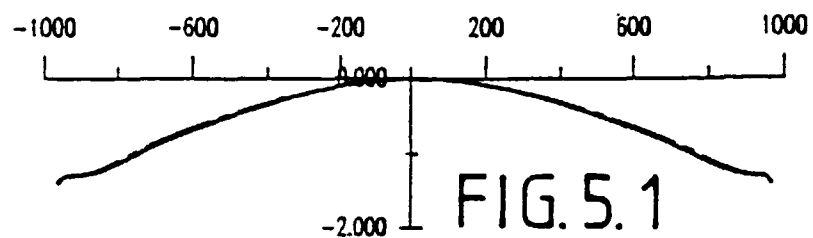


FIG. 4



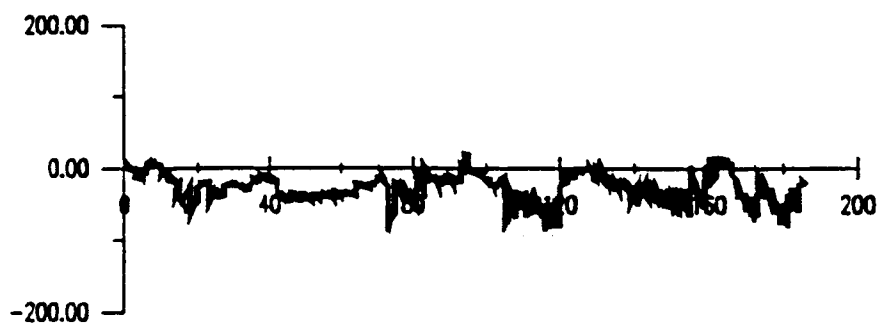


FIG. 6.1

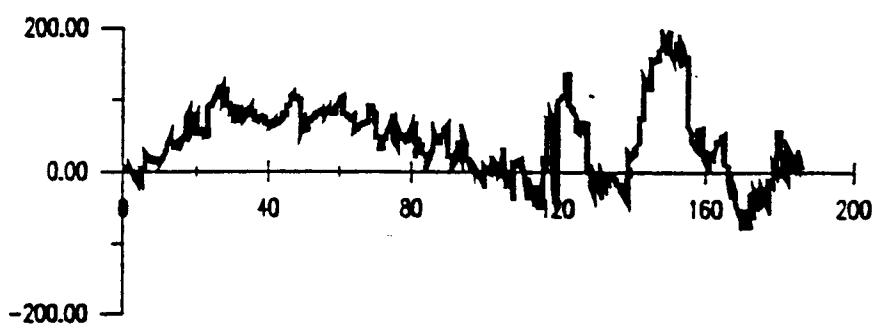


FIG. 6.2

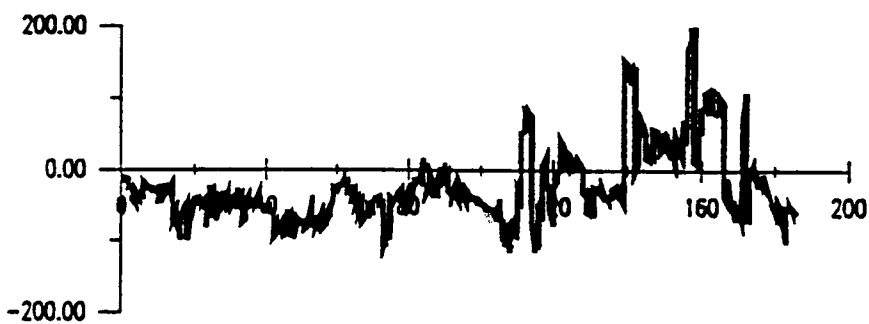


FIG. 6.3

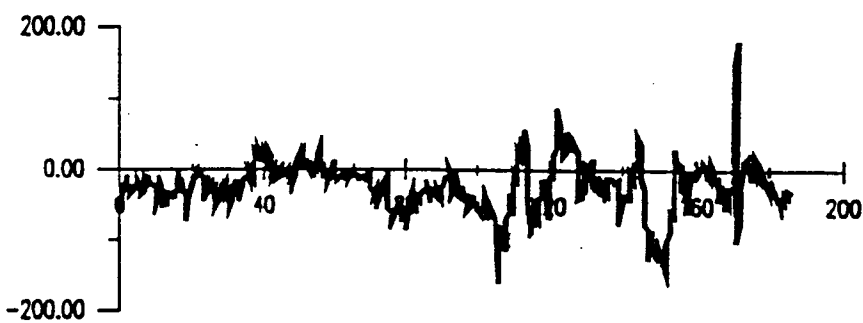
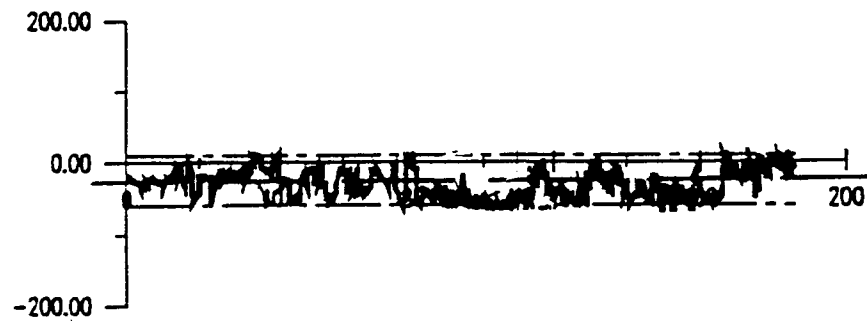
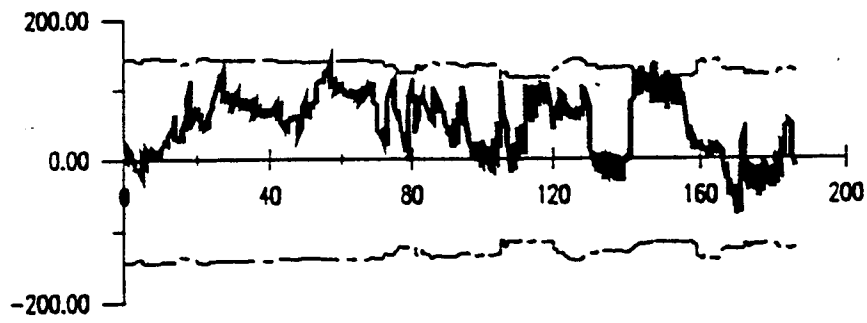


FIG. 6.4



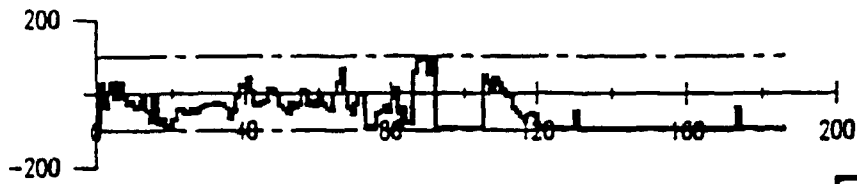


FIG. 8.1

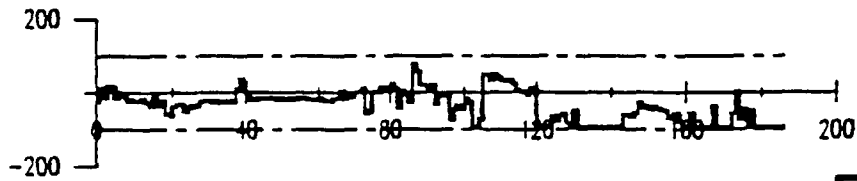


FIG. 8.2

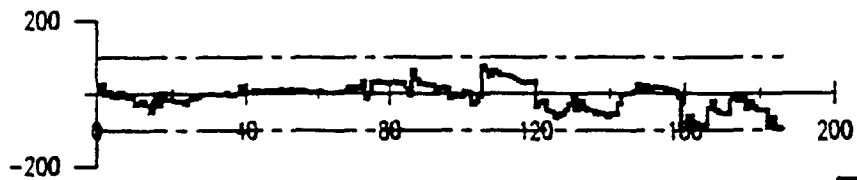


FIG. 8.3

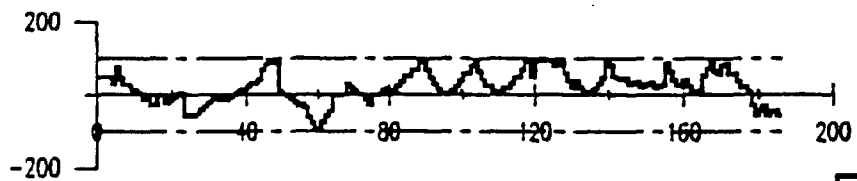


FIG. 8.4

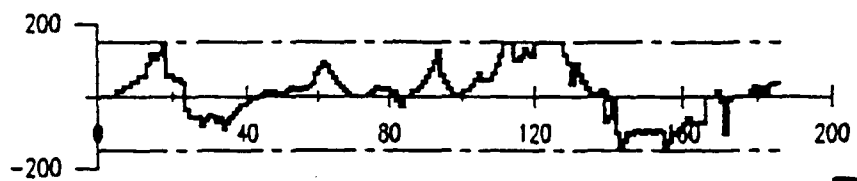


FIG. 8.5

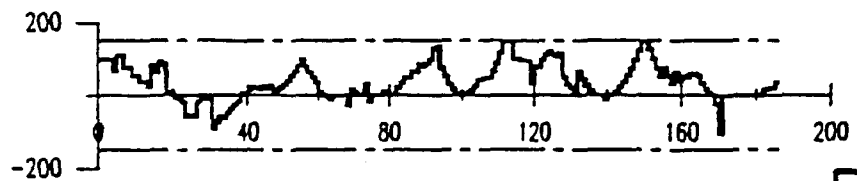


FIG. 8.6

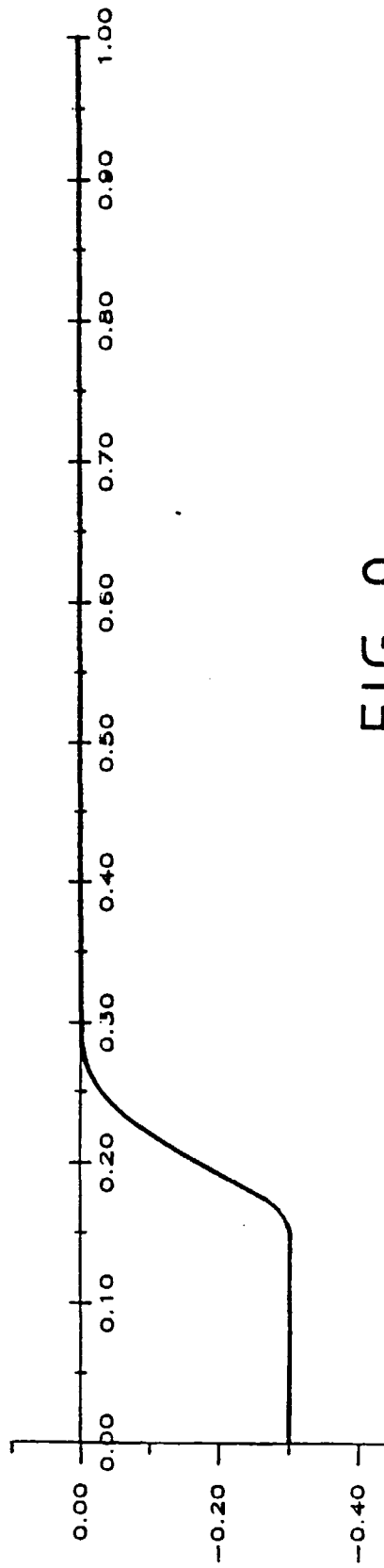
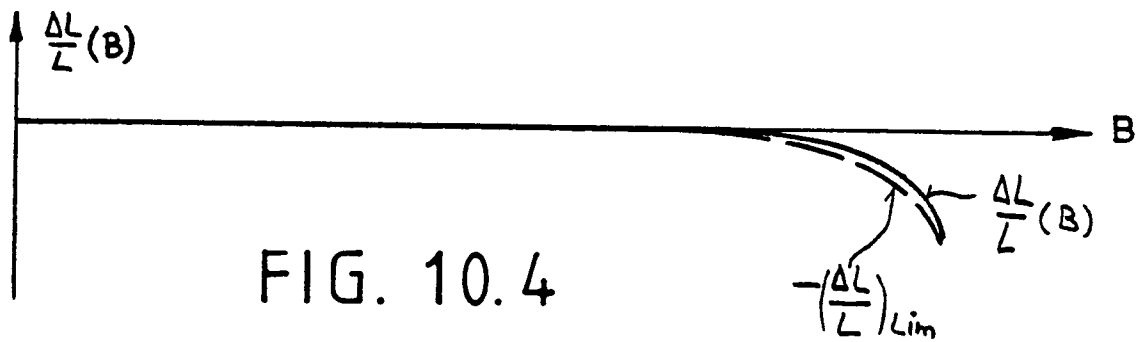
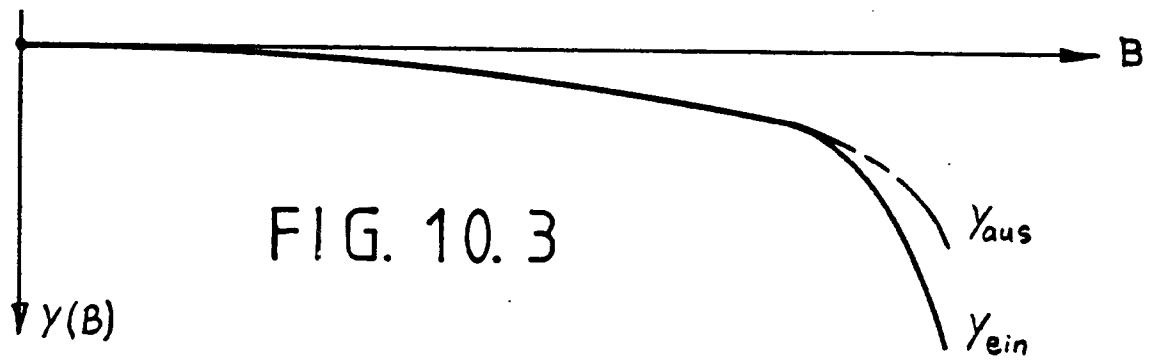
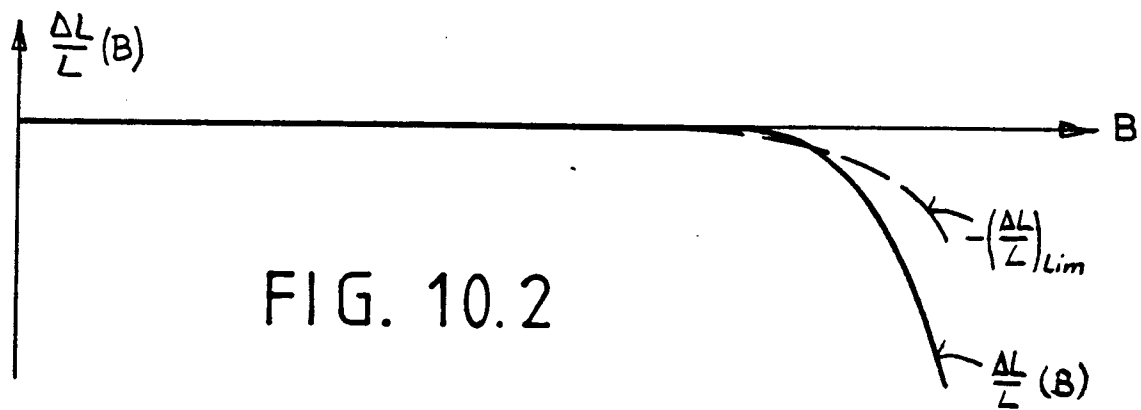
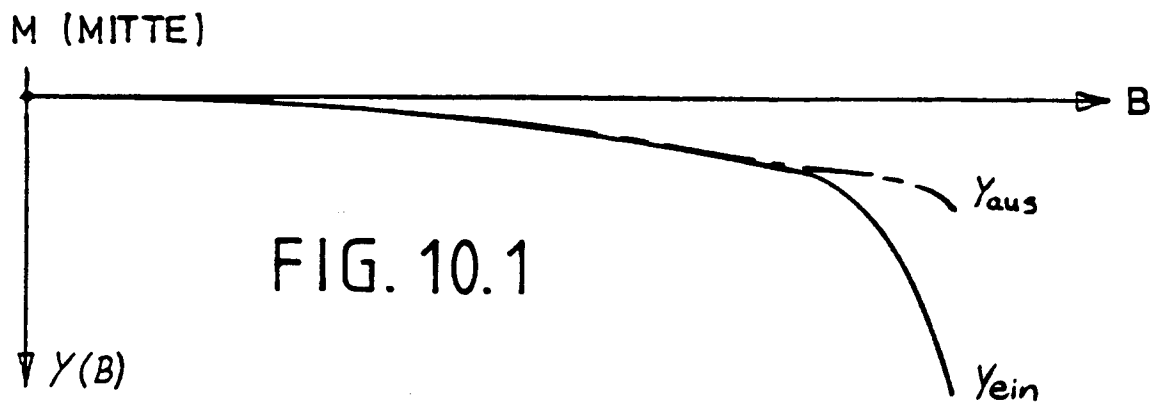
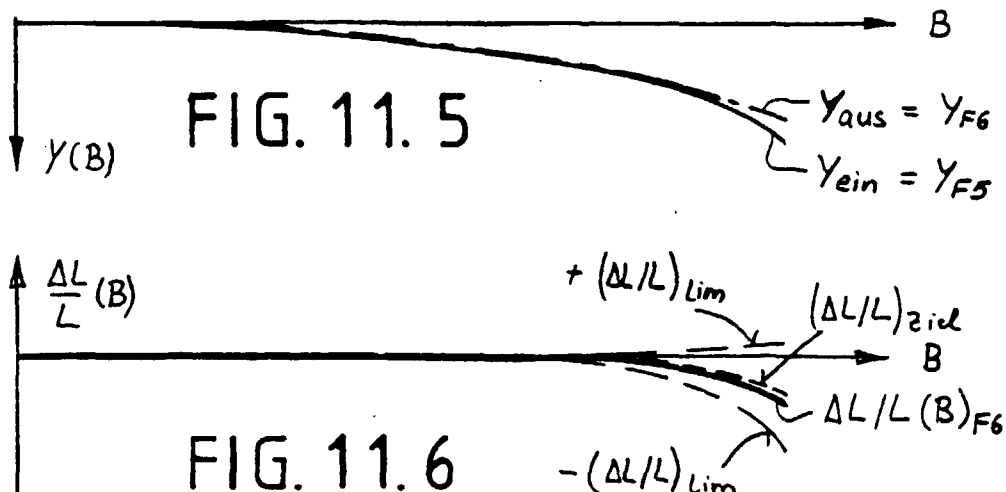
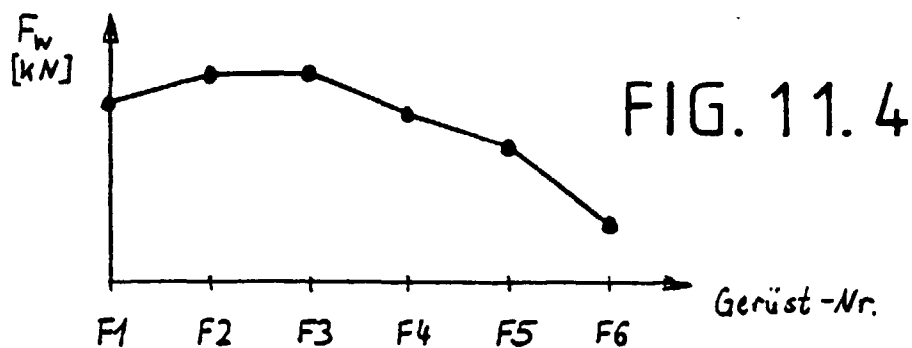
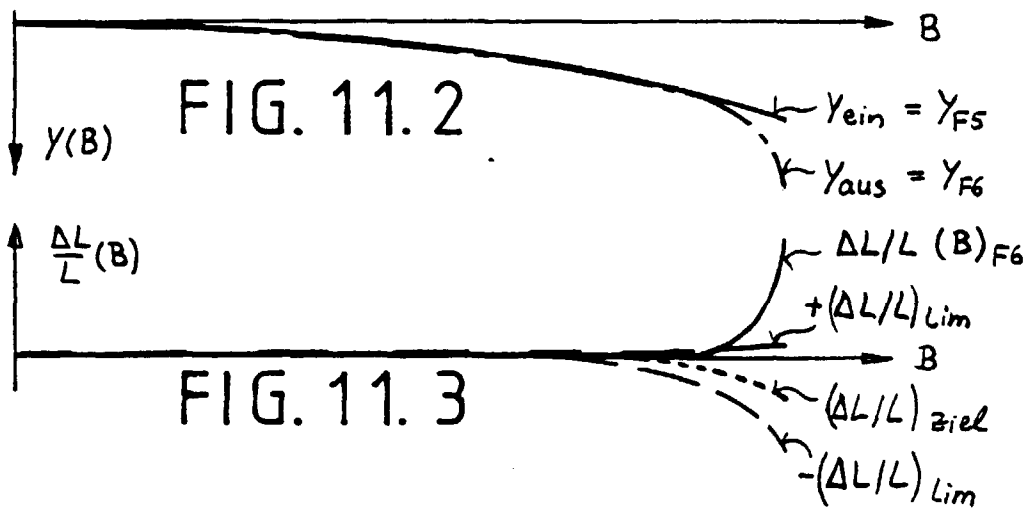
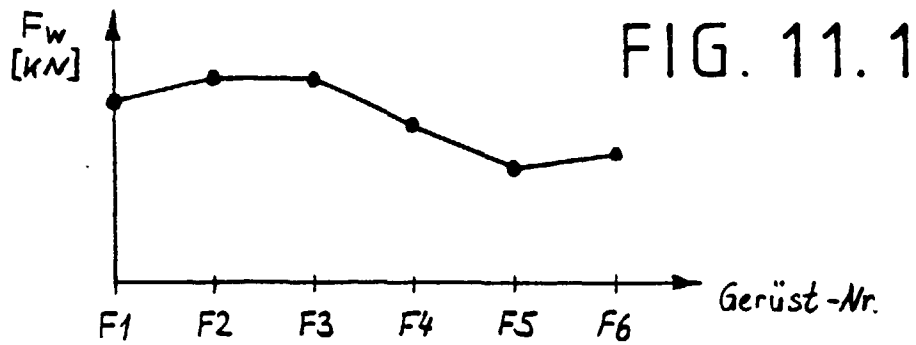
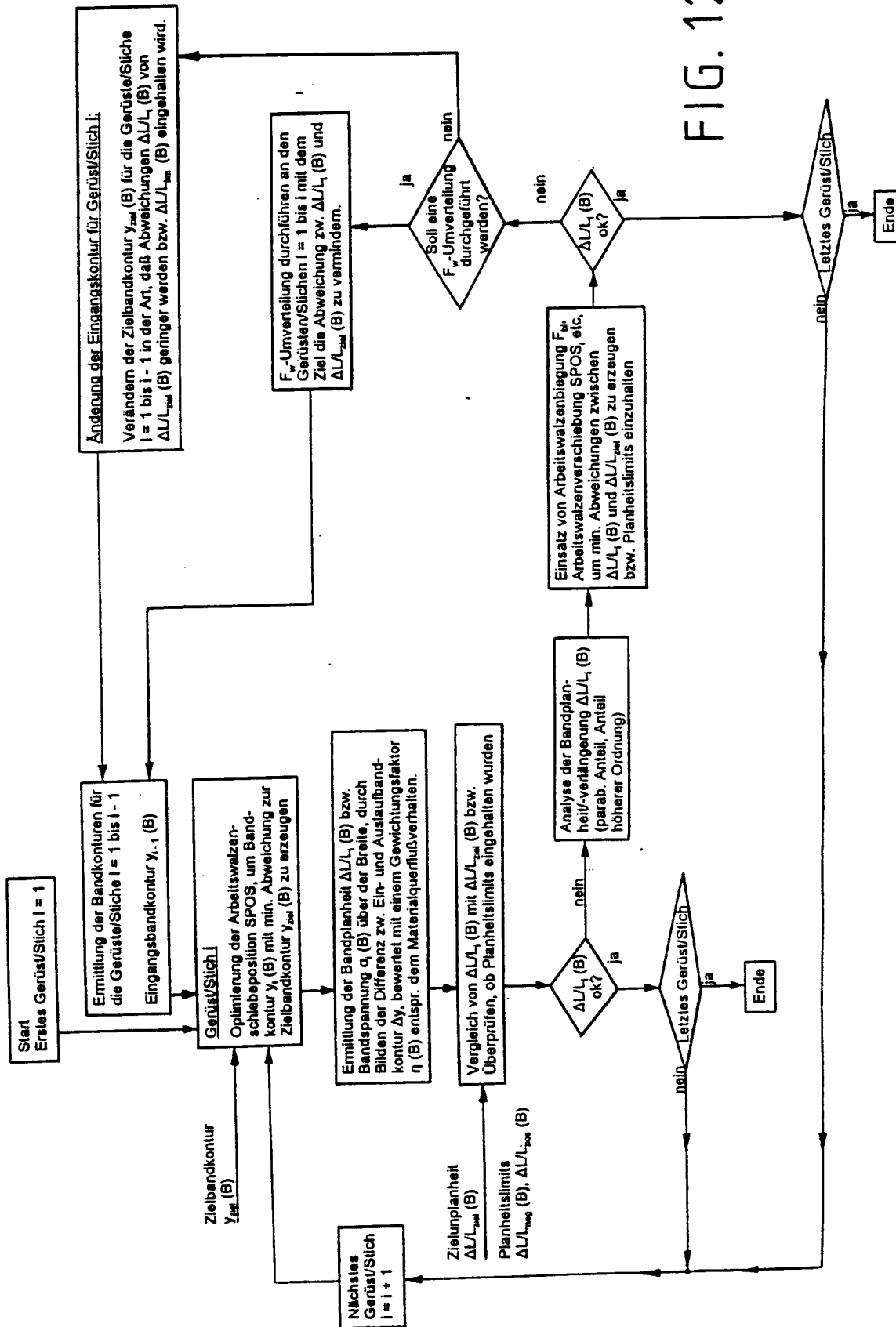


FIG. 9







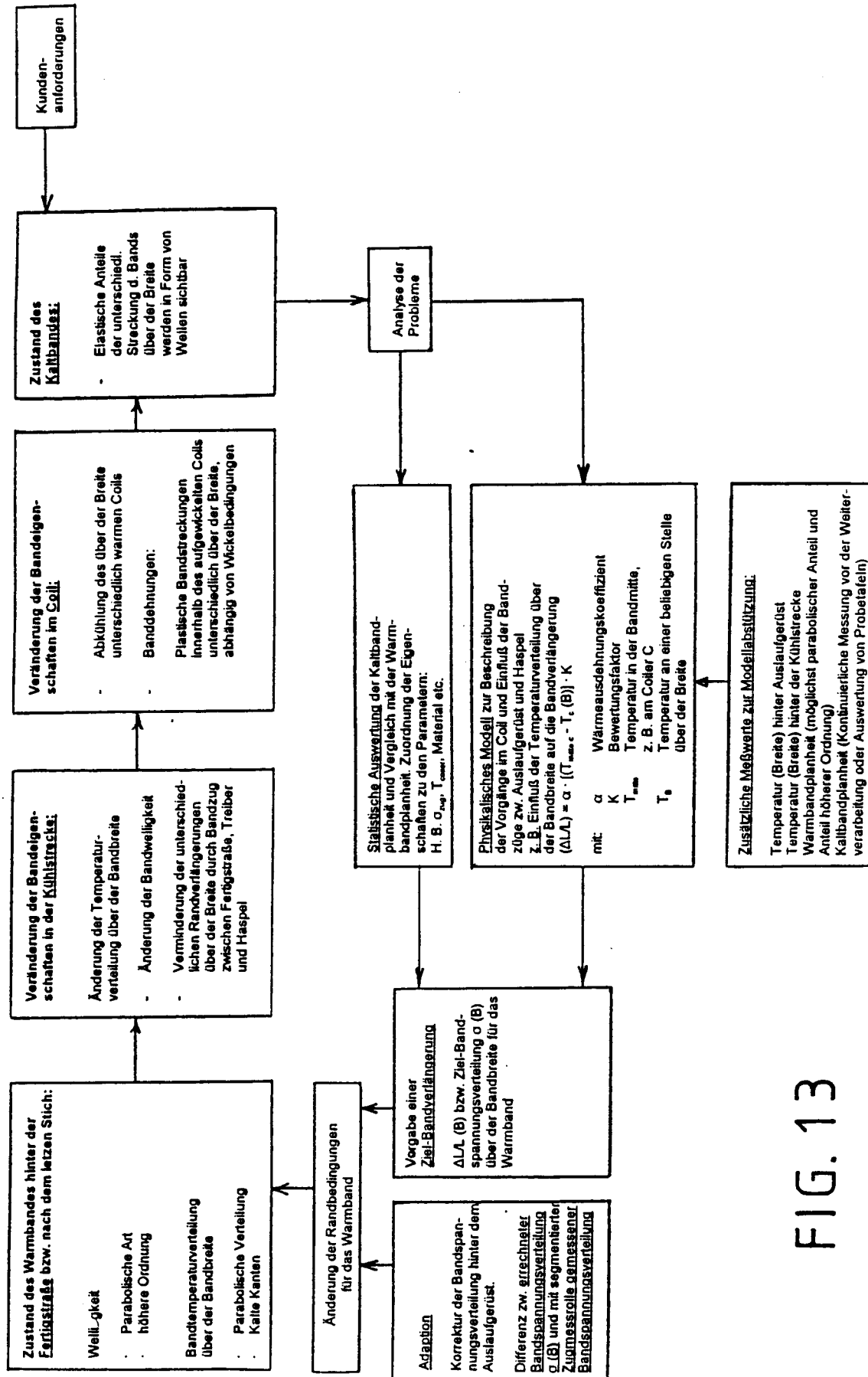


FIG. 13



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 97 12 2110

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
X	FR 2 640 894 A (FURUKAWA ALUMINIUM)	1,2,5, 7-10,13, 16,19	B21B37/28
Y	* Seite 6 - Seite 7; Abbildung 3 *	17,18,20	
D,Y	EP 0 618 020 A (SCHLOEMANN SIEMAG AG) * Ansprüche 1,2 *	17,18,20	
X	US 5 193 066 A (KONISHI MASAMI ET AL)	1-3,6,7, 9,12,17, 18	
A	EP 0 460 892 A (HITACHI LTD) * Spalte 35, Zeile 49 - Spalte 36, Zeile 11; Abbildung 43 *	1	
A	GERWEN J F W VAN ET AL: "DEVELOPMENT OF ADVANCED FLATNESS CONTROL FOR HOOGOVENS' COLDMILL 21" JOURNAL A, Bd. 33, Nr. 4, 1.Dezember 1992, Seiten 24-32, XP000335125	1	
A	EYRING H ET AL: "NEUBAU EINES ZWEIGERUESTIGEN NACHWALZWERKES FUER DAS DRESSIEREN UND REDUZIEREN VON FEINSTBLECH" STAHL UND EISEN, Bd. 112, Nr. 4, 15.April 1992, Seiten 73-81, 154, XP000274132	1	B21B
A	DE 35 22 631 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP)		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	
DEN HAAG		2.April 1998	
		Prüfer	
		Gerard, 0	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur 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 anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EPO FORM 1503 03/82 (P04C03)