



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 692 26 690 T3** 2005.02.10

(12) **Übersetzung der geänderten europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 543 014 B2**

(51) Int Cl.⁷: **B21B 13/14**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **692 26 690.9**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP92/00639**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **92 910 178.0**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 92/20471**

(86) PCT-Anmeldetag: **18.05.1992**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **26.11.1992**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **26.05.1993**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **19.08.1998**

(97) Veröffentlichungstag
des geänderten Patents beim EPA: **27.10.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **10.02.2005**

(30) Unionspriorität:

139428/91	16.05.1991	JP
139431/91	16.05.1991	JP
144152/91	21.05.1991	JP
189467/91	04.07.1991	JP
189468/91	04.07.1991	JP
189469/91	04.07.1991	JP
189470/91	04.07.1991	JP
942/92	07.01.1992	JP

(73) Patentinhaber:

Kawasaki Steel Corp., Kobe, Hyogo, JP

(74) Vertreter:

**Benedum, U., Dipl.-Chem.Univ.Dr.rer.nat.,
Pat.-Anw., 81669 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, IT

(72) Erfinder:

**HIRUTA, Toshiki, Kawasaki Steel Corporation,
Chiba-shi, Chiba 260, JP; KITAMURA, Kunio,
Kawasaki Steel Corporation, Chiba-shi, Chiba 260,
JP; YARITA, Ikuo, Kawasaki Steel Corporation,
Chiba-shi, Chiba 260, JP**

(54) Bezeichnung: **SECHS-WALZEN-WALZWERK**

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Warmwalzwerk. Sie behandelt ein Warm-Fertigwalzwerk zum Warmwalzen eines Vorblechs auf Produktdicke, das in einem Vorwalzwerk gewalzt worden ist, und weiterhin ein Sechswalzen-Walzwerk zum Kaltwalzen von Bandblech, das in dem Warm-Fertigwalzwerk gewalzt worden ist. Die Erfindung betrifft insbesondere die präzise Regelung der Blechballigkeit, die als Differenz der Blechdicke zwischen einem Mittenabschnitt der Blechbreite und Abschnitten in der Nähe der Kanten definiert ist, wobei verhindert wird, daß die Blechkanten aufgrund von Kantenabfall extrem dünn werden.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Ganz allgemein werden beim Herstellen eines warmgewalzten Stahlblechs in einem Warm-Fertigwalzwerk die Walzen des Werks durch die Walzbelastung ausgelenkt. Dabei wird die Blechdicke in der Mitte der Blechbreite größer als die Blechdicke an Abschnitten in der Nähe der gegenüberliegenden Kanten des gewalzten Blechs. D. h., das gewalzte Blech erhält eine Balligkeit. Wird die Blechballigkeit groß, so ist es schwierig, beim Kaltwalzen im nächsten Schritt ein angemessenes Blechprofil zu erzielen. Man erhält auch Gestaltfehler und die Ausbeute wird unvermeidbar geringer. Daher muß die Blechballigkeit beim Warm-Fertigwalzwerk so klein wie möglich sein.

[0003] Zum Regeln der Blechform und zum Vermindern der Blechballigkeit offenbart beispielsweise JP-B-62-10722 ein Sechswalzen-Walzwerk, das in einem Gerüst der hinteren Stufe einzubauen ist, wobei eine Walzwerkenanordnung Zwischenwalzen enthält, die über ihre ganze Länge einen konstanten Durchmesser aufweisen und zwischen Stützwalzen bzw. Arbeitswalzen angeordnet sind. Die Zwischenwalzen sind so eingerichtet, daß sie zueinander entgegengesetzt in Achsrichtung verschiebbar sind. Dadurch kann die Blechballigkeit besser geregelt werden. Weiterhin ist in JP-A-57-91807 ein Walzwerk offenbart, wobei entweder auf einer Arbeitswalze, einer Zwischenwalze oder einer Stützwalze eine s-förmige Balligkeit ausgebildet ist. Die Walze mit der s-förmigen Balligkeit wird in Axialrichtung verschoben. Dadurch ist die Blechballigkeit besser regelbar.

[0004] Beim früheren Stand der Technik, der in JP-B-62-10722 offenbart ist, ist jedoch die Zwischenwalze ungefähr genauso lang wie die Stützwalze und die Arbeitswalze. Verschiebt man die Zwischenwalze, um die Blechballigkeit klein zu machen, so wird die Berührlänge der Zwischenwalze mit der Stützwalze und der Arbeitswalze kurz, und die Walzensteifheit des Walzwerks nimmt ab. Es tritt daher die Schwierigkeit auf, daß sich der Walzspalt zwischen dem Arbeitswalzenpaar stark ändert, wenn die Walzlast durch Temperaturänderungen im Vorblech usw. schwankt, und es ist keine vorbestimmte Genauigkeit der Blechdicke bereitstellbar. Verschiebt sich durch Abweichungen des Vorblechs usw. die Blechmitte in Breitenrichtung aus der Walzwerkmitte, so tritt weiterhin die Schwierigkeit auf, daß durch die unterschiedliche Steifheit der rechten und linken Walzwerkabschnitte Wellen auftreten. Manchmal wird das Walzen unmöglich, da durch Falschwalzen Querschnittsabnahmezipfel entstehen.

[0005] Zusätzlich tritt das Problem auf, daß auf der Walzenoberfläche Ausbrüche auftreten, die durch die Druckzunahme zwischen den Walzen wegen der kurzen Berührlänge der Zwischenwalzen entstehen, und die Standzeit der Walzen sinkt.

[0006] Es sei angemerkt, daß das genannte Problem dadurch vermeidbar ist, daß man die Verschiebelänge der Zwischenwalzen verkleinert. Die Fähigkeit, die Arbeitswalzenballigkeit im Walzwerk zu regeln, ist dann jedoch stark eingeschränkt.

[0007] Auch im neueren Stand der Technik, offenbart in JP-A-57--91807, tritt die Schwierigkeit auf, daß beim Profilregeln durch das Verschieben der Zwischenwalzen, die eine s-förmige Balligkeit aufweisen, die Regelung der Balligkeit aufgrund des Walzenabriebs unmöglich wird.

[0008] Wird die Profilregelung dadurch bereitgestellt, daß man die Zwischenwalze oder die Stützwalze mit einer gekrümmten Walzenballigkeit versieht, so ist es zudem erforderlich, die Walzenballigkeit zu vergrößern, um einen großen Regelumfang für die Balligkeit sicherzustellen. Walzt man jedoch ein Vorblech mit relativ geringer Breite und mit kleiner Walzlast, wobei eine solch große Walzenballigkeit bereitgestellt ist, so entstehen berührungsfreie Abschnitte zwischen der Stützwalze und der Zwischenwalze oder zwischen der Stützwalze und der Arbeitswalze, und die Werkssteifheit des Walzwerks wird klein. Damit wird die Genauigkeit der Blechdicke unvermeidbar kleiner. Werden berührungsfreie Abschnitte erzeugt, so tritt zusätzlich die Schwierigkeit

auf, daß durch die Steifheitsunterschiede in Axialrichtung der Walzen Wellen und Querschnittsabnahmezipfel im gewalzten Blech auftreten. Manchmal wird das Walzen des Blechs unmöglich.

Offenbarung der Erfindung

[0009] Die Erfindung beseitigt alle Schwierigkeiten des Stands der Technik und stellt ein Sechswalzen-Walzgerüst bereit, das zum Regeln der Blechballigkeit und des Blechkantenabfalls eingerichtet ist, um eine Abnahme der Werkssteifheit des Walzwerks und Blechwellen zu verhindern, die durch eine große Zwischenwalzenverschiebung entstehen, und um eine Standzeitzunahme der Walzen zu erzielen.

[0010] Erfindungsgemäß wird ein Sechswalzen-Walzgerüst bereitgestellt, umfassend obere und untere Arbeitswalzen, ein Paar Zwischenwalzen und ein Paar Stützwalzen, wobei zumindest die Zwischenwalzen und die Arbeitswalzen so eingerichtet sind, daß sie in Richtung ihrer Achsen verschiebbar sind, und die Zwischenwalzen Balligkeiten aufweisen, die punktsymmetrisch bezüglich des Gerüstmittelpunkts sind, und die Arbeitswalzen Walzenprofile aufweisen, die punktsymmetrisch bezüglich des Gerüstmittelpunkts sind,

dadurch gekennzeichnet, daß das Walzenprofil einer der Zwischenwalzen durch die folgende Gleichung (1) dritten Grades ausdrückbar ist

$$Y_1(x) = -a[\{x - (\delta + OF)\}/L]^3 + b(x/L), \dots \quad (1)$$

wobei gilt:

y_1 ist die Erzeugende der Walzenballigkeit,

a ist der Koeffizient des Terms dritter Ordnung,

b ist der Koeffizient des Terms erster Ordnung,

x ist die Koordinate der Ballenmitte,

L ist die Hälfte der Ballenlänge der Zwischenwalze,

δ ist die Größe der Verschiebung der Zwischenwalze relativ zu einem Anfangspunkt, für den $x = L_B$ gilt, und

OF ist die Versatzgröße in Achsenrichtung;

und dadurch, daß das Walzenprofil der anderen Zwischenwalze durch die folgende Gleichung (2) dritten Grades ausdrückbar ist

$$y_2(x) = -a[\{x + (\delta + OF)\}/L]^3 + b(x/L), \dots \quad (2)$$

wobei y_2 die Erzeugende der Walzenballigkeit ist;

und dadurch, daß jede der Zwischenwalzen eine Ballenlänge hat, die 1,5mal länger ist als die ihrer Stützwalze, so daß die Zwischenwalzen in ihrer größten und kleinsten Verschiebestellung die Stützwalzen stets auf ihrer gesamten Länge berühren.

[0011] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die Ballenlänge der Arbeitswalze länger als die der Zwischenwalze und bevorzugt 1,4 – 2,5fach länger als die der Zwischenwalze.

[0012] Die Arbeitswalze kann mit einer Walzenballigkeit versehen sein, die eine einseitig spitz zulaufende Gestalt hat, bei der der Walzendurchmesser zum einen Ende des Walzenballs hin allmählich abnimmt, oder eine zweiseitig spitz zulaufende Gestalt, bei der der Walzendurchmesser von der Mitte der Ballenlänge zu den entgegengesetzten Enden hin allmählich abnimmt.

[0013] Das erfindungsgemäße Sechswalzen-Walzgerüst kann durch das Bereitstellen der Walzenballigkeit für die Zwischenwalzen die zwischen den Walzen ausgeübte Last vermindern, insbesondere zwischen den Ballenendabschnitten der Zwischenwalzen und Arbeitswalzen. Dadurch kann die Balligkeit besser geregelt werden. Insbesondere die "s"-förmige Walzenballigkeit kann die auf beide Kantenabschnitte des Blechs ausgeübte Walzlast wirkungsvoll verringern. Werden die Zwischenwalzen relativ zueinander in punktsymmetrischer Beziehung jeweils in entgegengesetzte Richtungen verschoben, so erhält man die genannte Funktion noch ausgeprägter. Man kann damit die Balligkeit besser regeln.

[0014] Im erfindungsgemäßen Walzwerk ist wie erwähnt die Ballenlänge der Zwischenwalze größer als die der Stützwalze. Daher kann die Zwischenwalze, auch wenn sie weit verschoben wird, die Stützwalze stets wirksam über ihre gesamte Länge berühren. Man verhindert somit wirkungsvoll, daß die Werkssteifheit des Walzwerks durch das Profilregeln abnimmt. Die Genauigkeit der Blechdicke verbessert sich stark und wird nicht durch die Änderung der Breite des gewalzten Blechs beeinflusst. Auch wenn das zu walzende Blech ge-

wölbt ist, erfährt das Blech über seine gesamte Breite eine gleichmäßige Abnahme, so daß das Auftreten von Wellen wirksam unterdrückt wird.

[0015] Wären die Walzenballen der Zwischenwalze und der Stützwalze gleich lang, so wäre es erforderlich, eine große Walzenballigkeit zu verwenden, um einen großen Unterschied zwischen dem größten und dem kleinsten Durchmesser des Walzenballens bereitzustellen, damit man die geforderte Ballenregelung erzielt. Der erzeugte Kontaktdruck zwischen den sich berührenden Walzen nimmt dadurch zu und bewirkt Ausbrüche auf der Walzenoberfläche und reduziert die Walzenstandzeit. Ist das Vorblech zudem relativ schmal und die Walzlast gering, so entstehen zusätzlich berührungsfreie Abschnitte zwischen den Ballen der Zwischen- und Stützwalzen oder zwischen den Ballen der Zwischen- und Arbeitswalzen. Damit nimmt die Werkssteifheit des Walzwerks ab und die gewünschte Genauigkeit der Blechdicke kann nicht erzielt werden. Zum Beseitigen der genannten Probleme ist daher die Ballenlänge der Zwischenwalze 1,5mal größer als die Ballenlänge der Stützwalze.

[0016] Weiterhin ist die Ballenlänge jeder Arbeitswalze bevorzugt länger als die der Zwischenwalze. Vorteilhafterweise ist die Ballenlänge der Arbeitswalze 1,4–2,5mal länger als die der Zwischenwalze, so daß die Arbeitswalze die Zwischenwalze trotz der Zwischenwalzenverschiebung stets wirksam berührt, damit die Werkssteifheit des Walzwerks größer und insbesondere die Blechwellen kleiner werden. Zudem wird die Walzenstandzeit durch das Vergrößern des Berührbereichs zwischen den Walzen besser, und dadurch, daß man verhindert, daß der Berührdruck zwischen den Walzen ansteigt.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0017] Es zeigt:

[0018] Fig. 1 die Skizze einer Vorderansicht eines erfindungsgemäßen Walzwerks;

[0019] Fig. 2 eine skizzenhafte Darstellung des Walzballens für eine Zwischenwalze in Walzwerk nach Fig. 1;

[0020] Fig. 3 eine schematische Darstellung der Zwischenwalzen nach Fig. 1 in verschobenen Positionen;

[0021] Fig. 4 ein Blockdiagramm eines Regelsystems für das Walzwerk nach Fig. 1;

[0022] Fig. 5 Kurven mit dem Zusammenhang zwischen dem Druck der Walzen des Walzwerks untereinander und der Blechballigkeit;

[0023] Fig. 6 eine Kurve mit dem Zusammenhang zwischen dem Verhältnis der Ballenlänge der Zwischen- und Stützwalzen des Walzwerks und dem Höchstdruck der Walzen untereinander;

[0024] Fig. 7 eine Kurve des Berührbereichs zwischen den Walzen des Walzwerks abhängig vom Verhältnis der Ballenlängen der Zwischen- und Stützwalzen;

[0025] Fig. 8 eine Skizze der Biegung der Zwischenwalzen des Walzwerks;

[0026] Fig. 9 eine Kurve mit dem Zusammenhang zwischen dem Verhältnis der Ballenlänge der Zwischen- und Stützwalzen des Walzwerks und der Auslenkungsgröße der Zwischenwalzen;

[0027] Fig. 10 eine Kurve der Verteilung der Blechballigkeit abhängig von der Anzahl gewalzter Bleche;

[0028] Fig. 11 eine skizzenhafte Seitenansicht des erfindungsgemäßen Walzwerks, die die Schmiermittelzufuhr darstellt;

[0029] Fig. 12 eine Vorderansichtsskizze des Walzwerks nach Fig. 11;

[0030] Fig. 13 eine Kurve mit dem Zusammenhang zwischen dem Durchmesser der Arbeitswalzen und dem Ballenregelumfang; Darstellung der besten Art, die Erfindung auszuführen. Die Erfindung wird im weiteren anhand der Beispiele erklärt, die in den Zeichnungen dargestellt sind.

[0031] Fig. 1 zeigt ein erfindungsgemäßes Sechswalzen-Walzwerk.

[0032] Es wird nun Bezug auf **Fig. 1** genommen. Ein Gehäuse **1** ist mit Paaren oberer und unterer Arbeitswalzen **2**, Zwischenwalzen **3** und Stützwalzen **4** versehen. Beide Arbeitswalzen **2** können mit Hilfe einer Schiebeeinheit **5** für jede Walze entlang ihrer Achsen in zueinander entgegengesetzte Richtungen verschoben werden. Die beiden Zwischenwalzen **3** können ebenfalls mit Hilfe einer weiteren Schiebeeinheit **6** für jede Walze entlang ihrer Achsen in zueinander entgegengesetzte Richtungen verschoben werden.

[0033] Jede Stützwalze **4** wird von einer sogenannten Glattwalze gebildet, die über ihre gesamte Länge einen konstanten Ballendurchmesser aufweist. Jede Zwischenwalze **3** wird von einer Walze gebildet, deren Ballenlänge größer ist als die der Stützwalze, und sie weist einen "s"-förmigen Walzenballen auf.

[0034] Man bevorzugt, daß der s"-förmige Walzenballen der Zwischenwalzen einen Unterschied zwischen dem größten und dem kleinsten Walzendurchmesser von nicht mehr als einem Millimeter aufweist.

[0035] Die Zwischenwalzen **3** mit einem derartigen Walzenballen werden wie in **Fig. 1** dargestellt in einander entgegengesetzten Richtungen angeordnet und mit Hilfe der Verschiebeeinheiten **6** zwischen den größten und kleinsten Verschiebestellungen in einander entgegengesetzten Richtungen verschoben, siehe **Fig. 3(a)** und **3(b)**.

[0036] In der kleinsten Verschiebestellung nach **Fig. 3(a)** ist ein Ballenende **3a** der Zwischenwalze **3** gerade mit einem Ballenende **4a** ihrer Stützwalze **4** ausgerichtet. Dagegen ist in der größten Verschiebestellung nach **Fig. 3(b)** das andere Ballenende **3b** der Zwischenwalze **3** gerade mit dem anderen Ballenende **4b** ihrer Stützwalze **4** ausgerichtet. Damit berühren die Zwischenwalzen ihre jeweiligen Stützwalzen in den größten und kleinsten Verschiebestellungen über der gesamten Länge der Stützwalzen.

[0037] In **Fig. 1** und **3** ist zu sehen, daß die Arbeitswalzen **2** Glattwalzen mit konstantem Durchmesser sind und die gleiche Ballenlänge aufweisen wie die Stützwalzen.

[0038] Es wird nun Bezug auf **Fig. 1** genommen. Im Walzwerk mit den wie erwähnt angeordneten Walzen **2**, **3** und **4** ist jede Arbeitswalze **2** nacheinander über eine Welle **7** und ein Kammwalzengerüst **8** mit einem Untersetzungsgetriebe **10** verbunden, das an einen Motor **9** angeschlossen ist. In diesem Fall wird die Verschiebestellung der Arbeitswalze **2** (die die Verschiebeeinheit **5** bewirkt, die über die Welle **7** und das Kammwalzengerüst **8** mit der Arbeitswalze **2** verbunden ist) mit einer Positionserfassungseinheit **11** erfaßt, die beispielsweise eine magnetische Meßeinrichtung sein kann. Eine weitere Positionserfassungseinheit **12**, die beispielsweise ebenfalls eine magnetische Meßeinrichtung sein kann, erfaßt die Verschiebestellung der Zwischenwalze **3** (die die Verschiebeeinheit **6** bewirkt, die mit der Zwischenwalze **3** verbunden ist).

[0039] In der Abbildung bezeichnen die Bezugszeichen **13**, **14** und **15** jeweils ein gewalztes Blech als Produkt, einen Arbeitswalzenbieger und einen Zwischenwalzenbieger **16** bezeichnet eine Meßdose.

[0040] **Fig. 4** zeigt das Schema eines Regelsystems des beschriebenen Walzwerks.

[0041] In der Abbildung bezeichnet **21** eine Arithmetikeinheit. In diese Arithmetikeinheit **21** werden vorab die Walzbedingungen in einem Zyklus eingegeben, beispielsweise die Form und die Größe irgendeines zugespitzten Abschnitts der Arbeitswalze **2**, die Walzenballigkeit und Größe der Zwischenwalze **3**, die Blechbreite, die Dickenabnahme in jedem Walzgerüst, die Blechenddicke, die Soll-Blechballigkeit, die Soll-Blechform usw. Die Arithmetikeinheit **21** berechnet ausgehend von diesen Informationen die Einstellwerte für die Verschiebegrößen der Zwischenwalze **3** und die Biegekraft für jeden Walzenbieger **14** und **15** sowie die zyklische Verschiebungsgröße der Arbeitswalze **2**, damit man eine Blechballigkeit und eine Blechform gemäß der Vorgabe erreicht.

[0042] Ausgehend von dem Rechenergebnis regeln eine Verschiebesteuereinheit **22** und eine Biegesteuereinheit **23** den Betrieb der Verschiebeeinheit **6** und der Walzenbieger **14** und **15**, so daß die Verschiebegröße der Zwischenwalze **3** und die Walzenbiegekraft in einem solchen Zustand als Einstellwerte zum Warten auf den Walzbeginn verwendet werden.

[0043] Während des Walzens berechnet die Arithmetikeinheit **21** ausgehend von Rückkopplungssignalen aus einer Blechform-Erfassungseinheit **24** und einer Blechballen-Erfassungseinheit **25** zur Arithmetikeinheit **21** korrigierte Werte der Zwischenwalzen-Verschiebegröße und der Walzenbiegekraft, um die Soll-Blechform und die Soll-Blechballigkeit mit hoher Genauigkeit zu verwirklichen. Die Verschiebesteuereinheit **22** und die Biegesteuereinheit **23** stellen die Verschiebegröße **3** und die Biegekraft der Walzenbieger **14** und **15** gemäß der kor-

rigierten Werte ein.

[0044] Wird das Walzen mit dem genannten Walzwerk ausgeführt, so kann insbesondere durch die Funktion des Walzenballens, der auf der Zwischenwalze **3** wirkt, die Walzlast, die die Arbeitswalze auf die Seitenkantenabschnitte eines Vorblechs ausübt, sehr wirksam verringert werden. Damit kann man zusätzlich zur Einwirkung der Walzenbieger **14**, **15** nicht nur die Blechballigkeit sehr genau regeln, sondern man kann durch die Verschiebung der Zwischenwalze **3** den Regelbereich der Blechballigkeit stark erweitern.

[0045] Es wird nun ein Verfahren zum Gestalten der Walzenballigkeit der Zwischenwalze **3** erklärt, und zwar anhand eines Beispiels, in dem ein Walzenballen gemäß einer Gleichung dritten Grades gegeben ist, siehe **Fig. 2**.

[0046] D. h., daß das untere Walzenprofil der Zwischenwalze **3** in **Fig. 2(a)** der Kurve in **Fig. 2(b)** genügt. Diese Kurve kann durch die folgende Gleichung (1) ausgedrückt werden.

[0047]

$$Y_1(x) = -a\{x - \delta + OF\}^3/L^3 + b(x/L), \dots \quad (1)$$

wobei gilt:

y_1 ist die Erzeugende der Walzenballigkeit,
 a ist der Koeffizient des Terms dritter Ordnung,
 b ist der Koeffizient des Terms erster Ordnung,
 x ist die Koordinate der Ballenmitte,
 L ist die Hälfte der Ballenlänge der Zwischenwalze,
 δ ist die Größe der Verschiebung der Zwischenwalze (der Anfangspunkt ist $x = L_B$) und
 OF ist die Versatzgröße in Achsenrichtung.

[0048] Das obere Walzenprofil der Zwischenwalze **3** ist punktsymmetrisch zum unteren Walzenprofil bezüglich des Mittelpunkts des Werks und ist durch die folgende Gleichung (2) ausdrückbar, wobei y_2 die Erzeugende der Walzenballigkeit ist:

$$y_2(x) = -a\{x + (\delta + OF)\}^3/L^3 + b(x/L) \dots \quad (2)$$

[0049] Mit Hilfe der Gleichungen (1) und (2) kann der Spalt Δy zwischen den oberen und unteren Walzen durch die folgende Gleichung ausgedrückt werden:

$$\Delta y(x) = y_1 - y_2 = 2 \cdot a \cdot \left(\frac{\delta + OF}{L} \right) \left[3 \left(\frac{x}{L} \right)^2 + \left(\frac{\delta + OF}{L} \right)^2 \right] \dots \dots \dots (3)$$

[0050] Die zusammengesetzte Walzenballigkeit CR, die die obere und untere Zwischenwalze ausbilden, ist durch die folgende Gleichung (4) ausdrückbar, wobei der Walzwerkmittelpunkt auf den Wert Null (0) gesetzt wird

$$CR = \Delta y(0) - \Delta y(x) = -6a\{(\delta + OF)/L\}(x/L)^2 \dots \quad (4)$$

[0051] Die größte Verschiebegröße δ_{\max} , die die größte zusammengesetzte Walzenballigkeit ergibt, ist wie folgt ausdrückbar

$$\delta_{\max} = L - L_B, \dots \quad (5)$$

wobei L_B gleich der halben Ballenlänge der Stützwalze ist. Um den Gesamtballen der oberen und unteren Zwischenwalzen zu null zu machen, wenn die Verschiebegröße den kleinsten Wert von $\delta_{\min} \{= -(L - L_B)\}$ hat, muß die Versatzgröße OF den folgenden Wert haben:

$$OF = L - L_B \dots \quad (6)$$

[0052] In einem normalen Warmwalzverfahren kann die kleinste Balligkeit auftreten, wenn der Gesamtballen

der oberen und unteren Walzen null ist. Ist es jedoch erforderlich, den kleinsten Gesamtballen größer oder kleiner als null zu machen, so kann man die Versatzgröße OF wie folgt bestimmen, wobei die Verschiebegröße der Zwischenwalze als Startpunkt null ($x = L$) ist,

$$OF = C (L - L_B),$$

wobei C eine Konstante ist.

[0053] Zum Vermindern des Unterschieds zwischen den größten und kleinsten Durchmessern der Zwischenwalze ohne Veränderung des Gesamtwalzenballens ist es wirkungsvoll, die folgende Gleichung zu verwenden, die man erhält, wenn man die Gleichungen (5) und (6) in die Gleichung (4) einsetzt,

$$CR = -6a \{ (1 + C) (L - L_B) / L_B \} \cdot x^3 \dots \dots \quad (8)$$

um den Koeffizienten "a" des Terms dritter Ordnung kleinstmöglich zu machen und damit $(L - L_B)/L^3$ in der genannten Gleichung größtmöglich zu machen. Damit $(L - L_B)/L^3$ so groß wie möglich wird, wendet man die folgende Gleichung an:

$$L = 1,5L_B \dots \dots (9)$$

[0054] Bemißt man demgemäß die Ballenlänge der Zwischenwalze 1,5mal länger als die der Stützwalze, so können die größten und kleinsten Durchmesserunterschiede der Zwischenwalze klein gemacht werden. D. h., daß beim Ausbilden eines s-förmigen Walzenballens auf der Zwischenwalze die Schleifmenge verringert werden kann, so daß die Lebensdauer der Zwischenwalze beim Vorgang des Walzenschleifens verlängerbar ist.

[0055] Fig. 5 zeigt das Ergebnis eines Vergleichs der Druckverteilung zwischen den Walzen und der Blechballigkeit, wenn eine Zwischenwalze mit $L = 1,1L_B$ verwendet wird. Ist die Ballenlänge dagegen $1,5L_B$ (durchgezogene Linie), siehe Fig. 5, so biegt sich die Arbeitswalze entlang der Zwischenwalze, so daß sich die Blechballigkeit verglichen mit einem Fall verringert, bei dem die Ballenlänge $1,1L_B$ beträgt. Weiterhin ist offensichtlich, siehe Tabelle 1, daß der Höchstdruck kleiner ist, wenn die Ballenlänge $1,5L_B$ beträgt. Dies trägt zum Verlängern der Walzenstandzeit bei.

Tabelle 1

Länge der Zwischenwalze	Liniendruck (kgf/mm) zwischen den Zwischen- und Stützwalzen	Liniendruck (kgf/mm) zwischen den Zwischen- und Arbeitswalzen
$1,5 L_B$	911	986
$1,1 L_B$	1140	1155

Versuchsbeispiel

[0056] Es werden nun die Ergebnisse eines Versuchs erklärt, der die Zwischenwalze und insbesondere die Ballenlänge betraf.

[0057] Die Ballenlänge der verwendeten Arbeitswalze betrug 2300 mm und ihr Durchmesser 680 mm. Die Ballenlänge der verwendeten Stützwalze betrug 2300 mm und ihr Durchmesser 1330 mm. Die Ballenlänge der Zwischenwalze wurde in verschiedener Weise verändert, wobei der Koeffizient "a" des Terms dritter Ordnung aus Gleichung (8) den Wert 0,833 hatte. Es wurden Vorbleche mit einer Breite von 1500 mm und einer Dicke von 5,2 mm auf eine Dicke von 4,16 mm gewalzt. Dabei wurden verschiedene Untersuchungen angestellt.

[0058] Fig. 6 zeigt den Zusammenhang zwischen dem Verhältnis (L/L_B) der Zwischen- und Stützwalzenballenlängen und dem Höchstdruck zwischen den Zwischen- und Stützwalzen. Wird das Verhältnis (L/L_B) auf nicht weniger als den Wert 1,2 vergrößert, siehe die Abbildung, so nimmt der Druck ein wenig ab. Damit ist offensichtlich, daß eine Zwischenwalze mit großer Ballenlänge zu bevorzugen ist.

[0059] Fig. 7 zeigt den Berührzustand zwischen den Zwischen- und Stützwalzen abhängig vom Verhältnis

der Ballenlängen unter der Bedingung, daß die gleiche Blechballigkeit erzielt wird. **Fig. 7** zeigt, daß das Auftreten von berührungsfreien Bereichen verhinderbar ist, wenn das Verhältnis auf einen Wert nicht kleiner als 1,2 vergrößert wird. Dies ist auch wirksam zum Verbessern der Blechdickengenauigkeit und um zu verhindern, daß Blechwellen und Querschnittsabnahmezipfel auftreten.

[0060] Bildet sich ein Spalt zwischen einem Block, der in einem Walzgerüst zum Verschieben einer Zwischenwalze eingebaut ist, und einem Einbaustück der Zwischenwalze (dieser Spalt bildet sich durch den Abrieb, den das Gleiten der Zwischenwalze verursacht, und auch durch eine mangelhafte Genauigkeit der Maschine), so wird im allgemeinen eine Auslenkung in der Zwischenwalze **3** erzeugt, siehe **Fig. 8(a)**. **Fig. 9** zeigt den Zusammenhang zwischen der Größe t der waagrechten Auslenkung und dem Verhältnis (L/L_B) der Ballenlängen der Zwischen- und der Stützwalzen unter der Bedingung, daß der angesprochene Spalt 3 mm groß ist. Dabei ist die maximale Auslenkungsgröße t zwischen den Einbaustücken in **Fig. 8(b)** als waagrechte Auslenkungsgröße definiert.

[0061] Die waagrechte Auslenkungsgröße nimmt um so mehr zu, je stärker das Verhältnis anwächst, siehe **Fig. 9**. Nimmt die waagrechte Auslenkungsgröße zu, so ändert sich der Spalt zwischen der oberen und der unteren Arbeitswalze. Werden die waagrechten Auslenkungsgrößen der oberen Zwischenwalze und der unteren Zwischenwalze unterschiedlich groß, so ändert sich der Walzspalt zwischen der oberen und der unteren Arbeitswalze in axialer Richtung. Damit schwanken die Blechballigkeit und das Blechprofil während des Walzvorgangs. Aus diesem Grund bevorzugt man zum Verkleinern des Ballenlängenverhältnisses eine kurze Zwischenwalze. Ist die waagrechte Biegegröße bis zu 0,45 mm groß, so hat sie jedoch wenig Einfluß auf die Blechballigkeit und das Blechprofil, so daß bei normalen Walzvorgängen keine Probleme auftreten. Zudem regelt man den angesprochenen Spalt normalerweise so, daß er nicht größer wird als 3 mm. Damit ist offensichtlich, daß man Walzen kann, solange der Ballen der Zwischenwalze nicht um mehr als das 2,5fache länger ist als die Stützwalze.

Besonderes Beispiel

[0062] Im folgenden wird ein Vergleichsbeispiel erläutert, in dem die Ballenverteilung abhängig von der Anzahl der gewalzten Bleche und von anderen Größen untersucht wird, wenn man ein erfindungsgemäßes Walzwerk bzw. ein herkömmliches Walzwerk verwendet.

Erfindungsgemäßes Walzwerk

[0063] In einer Walzstraße, in der gemäß **Fig. 1** aufgebaute Sechswalzen-Walzwerke in drei Walzgerüsten in der hinteren Stufe angeordnet waren, wurden Vorbleche mit 900 bis 1600 mm Breite und 40 mm Dicke gewalzt, um ein Dünnblech aus kohlenstoffarmem Stahl mit 1,6 bis 3,2 mm Enddicke zu erzeugen. Die Blechballigkeit wurde nach jeweils fünf Rollen gemessen, und zwar an einer Stelle, die von der Kante 25 mm Abstand hatte.

[0064] Die Ballenlänge der Arbeitswalzen betrug in diesem Fall 2300 mm, die der Zwischenwalze 3450 mm und die der Stützwalze 2300 mm. Der Unterschied zwischen dem größten und dem kleinsten Durchmesser der Zwischenwalze betrug 0,8 mm. Die Zwischenwalze wurde in einem Bereich von 0 mm bis 700 mm verschoben.

Herkömmliches Walzwerk

[0065] In einer Walzstraße wurden Sechswalzen-Walzwerke in drei Walzgerüsten, die das Endwalzgerüst enthielten, in der hinteren Stufe eingebaut. Jedes Sechswalzen-Walzwerk war mit Arbeitswalzen, Zwischenwalzen und Stützwalzen versehen. Alle Walzen waren Glattwalzen und wiesen eine Ballenlänge von 2300 mm auf. Die Zwischenwalzen wurden verschoben und die Walzvorgänge wurden genauso ausgeführt wie beim erfindungsgemäßen Walzwerk. Die Blechballigkeit wurde in der gleichen Weise gemessen.

V Versuchsergebnisse

[0066] Die Meßergebnisse sind in der Kurve in **Fig. 10** dargestellt.

[0067] Wurde das erfindungsgemäße Walzwerk verwendet, so ist gemäß der Ergebnisse nach **Fig. 10** offensichtlich, daß es möglich war, einen hochgenauen Blechwalzvorgang auszuführen und eine Blechballigkeit nahe an der Soll-Blechballigkeit zu erhalten, und zwar auch dann, wenn die Soll-Balligkeit verändert wurde. Das Walzprogramm bezüglich der Blechbreite des erfindungsgemäßen Walzwerks wurde genauso eingestellt wie bei dem herkömmlichen Walzwerk.

[0068] Tabelle 2 zeigt die Häufigkeit des Auftretens von Querschnittsabnahmezipfeln, die Genauigkeit der Blechdicke und den Mittelwert der Blechballigkeit für den Fall, daß 100000 Tonnen Blech mit einem Dünnblechzyklus-Walzprogramm gewalzt wurden, wobei die genannten erfindungsgemäßen und herkömmlichen Walzwerke verwendet wurden. Der Tabelle ist zu entnehmen, daß die Blechdickengenauigkeit und die Ausschußhäufigkeit (es treten weniger Querschnittsabnahmezipfel auf) beim erfindungsgemäßen Walzwerk weit besser sind als beim herkömmlichen Walzwerk.

Tabelle 2

	Mittlerer Ballen E_{25} (μm)	Blechdicken- genauigkeit $\text{I}\sigma$ (μm)	Auftreten von Zipfeln (Anzahl)
Erfindungsg. Walzwerk	40	± 46	2
Herkömmlich. Walzwerk	45	± 60	11

[0069] In dem beschriebenen erfindungsgemäßen Walzwerk bevorzugt man, den Spalten zwischen den Stütz- und Zwischenwalzen und/oder den Zwischen- und Arbeitswalzen Schmiermittel zuzuführen.

[0070] Es wird nun Bezug auf **Fig. 11** genommen. Schmiermittelzufuhrdüsen **26** sind so angeordnet, daß sie Schmiermittel aus diesen Düsen auf einen Spalt zwischen der Stützwalze **4** und der Zwischenwalze **3** und auf einen Spalt zwischen der Zwischenwalze **3** und der Arbeitswalze **2** richten. Das Schmiermittel wird den Schmiermittelzufuhrdüsen **26** mit Hilfe einer Pumpe **28** über Zuleitungen **29** aus einem Schmiermitteltank **27** zugeführt. Zudem führt man den Zwischenwalzen **3** und den Arbeitswalzen **2** aus Kühlmitteldüsen **32** Kühlmittel zu, und zwar über Kühlmittelzuführleitungen **31** und eine Kühlmittelpumpe **30**. Das bevorzugte Schmiermittel ist eine hochkonzentrierte Emulsion aus Grundöl, das einen Hochdruckzusatz enthält. Benutzt man das Schmiermittel jedoch auch zum Kühlen der Walzen, so ist ein Schmiermittel mit geringer Konzentration verwendbar.

[0071] Es wird nun Bezug auf **Fig. 12** genommen. Zum Vergrößern der zugeführten Schmiermittelmenge ist der Abstand zwischen den Schmiermittelzufuhrdüsen **26** für den Ballenabschnitt der Zwischenwalze **3** mit dem größeren Durchmesser bevorzugt kleiner als der Abstand für den Ballenabschnitt mit dem kleineren Durchmesser. Anstatt die Menge des zugeführten Schmiermittels zu vergrößern, kann man auch die Schmiermittelkonzentration in axialer Richtung der Zwischenwalze verändern, um die gleiche Wirkung wie oben zu erzielen.

[0072] Das in **Fig. 1** verwendete Walzwerk wurde wie erwähnt zum Walzen der Vorbleche verwendet, wobei in der in **Fig. 11** dargestellten Weise eine zehnprozentige Emulsion als Schmiermittel benutzt wurde und als Kühlmittel Industriewasser. Es wurden mindestens 120 Blechstreifen gewalzt, ohne daß ein Walzenfressen auftrat. In einem Vergleichsbeispiel wurden die Vorbleche genauso gewalzt wie oben, als Kühlmittel wurde jedoch nur Industriewasser verwendet. In diesem Fall trat ein Walzenfressen auf der Arbeitswalze und der Zwischenwalze auf, nachdem 100 Blechstreifen gewalzt worden waren, und der Walzvorgang wurde angehalten.

[0073] In dem Walzwerk, das eine Zwischenwalze mit Walzenballen aufweist, wird die Verteilung des Berührdrucks zwischen den Walzen variiert, um die Biegung der Arbeitswalze zu verändern. Damit regelt man die Blechballigkeit und letztlich die Form des Blechs. D. h., der Umfang der Ballenregelung wird nicht über die Änderung der Walzlast variiert. Ist der Arbeitswalzendurchmesser klein, so verändert sich die Auslenkungsgröße der Arbeitswalzen-Mittenlinie stark, so daß der erzeugte Umfang der Ballenregelung durch das Verschieben der Zwischenwalze groß wird. Ist dagegen der Arbeitswalzendurchmesser groß, so verändert sich die Auslenkungsgröße der Arbeitswalzen-Mittenlinie wenig, so daß der erzeugte Umfang der Ballenregelung durch das Verschieben der Zwischenwalze klein wird.

[0074] **Fig. 13** zeigt die Ergebnisse der Prüfung, die an gewalzten Blechen von 1500 mm Breite bezüglich des Arbeitswalzendurchmessers und des Umfangs der Ballenregelung durchgeführt wurden. Ist der Arbeitswalzendurchmesser klein, siehe **Fig. 13**, bevorzugt nicht größer als 700 mm, so wird der Umfang der Ballenregelung groß. Ist jedoch der Arbeitswalzendurchmesser kleiner als 400 mm, so wird die Größe der waagrechten Bie-

gung der Arbeitswalze groß und das Walzenprofil fehlerhaft. Damit ist die Arbeitswalze schwierig anzutreiben und die durch das Biegen der Arbeitswalzen verursachte Einwirkung nimmt ab. Daher wünscht man eine Arbeitswalze mit mindestens 400 mm Durchmesser.

Patentansprüche

1. Sechswalzen-Walzgerüst, umfassend obere und untere Arbeitswalzen (2), ein Paar Zwischenwalzen (3) und ein Paar Stützwalzen (4), wobei zumindest die Zwischenwalzen und die Arbeitswalzen so eingerichtet sind, daß sie in Richtung ihrer Achsen verschiebbar sind, und die Zwischenwalzen Balligkeiten aufweisen, die punktsymmetrisch bezüglich des Gerüstmittelpunkts sind, und die Arbeitswalzen Walzenprofile aufweisen, die punktsymmetrisch bezüglich des Gerüstmittelpunkts sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Walzenprofil einer der Zwischenwalzen (3) durch die folgende Gleichung (1) dritten Grades ausdrückbar ist

$$Y_1(x) = -a \left[\{x - (\delta + OF)\} / L \right]^3 + b(x/L), \dots \quad (1)$$

wobei gilt:

y_1 ist die Erzeugende der Walzenballigkeit,

a ist der Koeffizient des Terms dritter Ordnung,

b ist der Koeffizient des Terms erster Ordnung,

x ist die Koordinate der Ballenmitte,

L ist die Hälfte der Ballenlänge der Zwischenwalze,

δ ist die Größe der Verschiebung der Zwischenwalze relativ zu einem Anfangspunkt, für den $x = L_B$ gilt, und

OF ist die Versatzgröße in Achsenrichtung; und dadurch, daß das Walzenprofil der anderen Zwischenwalze durch die folgende Gleichung (2) dritten Grades ausdrückbar ist

$$Y_2(x) = -[\{x + (\delta + OF)\} / L]^3 + b(x/L), \dots \quad (2)$$

wobei y_2 die Erzeugende der Walzenballigkeit ist; und dadurch, daß jede der Zwischenwalzen eine Ballenlänge hat, die 1,5mal so lang ist wie die ihrer Stützwalze, so daß die Zwischenwalzen in ihrer größten und kleinsten Verschiebestellung die Stützwalzen stets auf ihrer gesamten Länge berühren.

2. Sechswalzen-Walzgerüst nach Anspruch 1, wobei jede Arbeitswalze (2) eine Glattwalze ist, die einen konstanten Durchmesser aufweist.

3. Sechswalzen-Walzgerüst nach Anspruch 1 oder 2, wobei sowohl die untere als auch die obere Arbeitswalze (2) eine einseitig konische Walzenballigkeit aufweist, die von einem Ballenende zum anderen konisch verläuft.

Es folgen 26 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

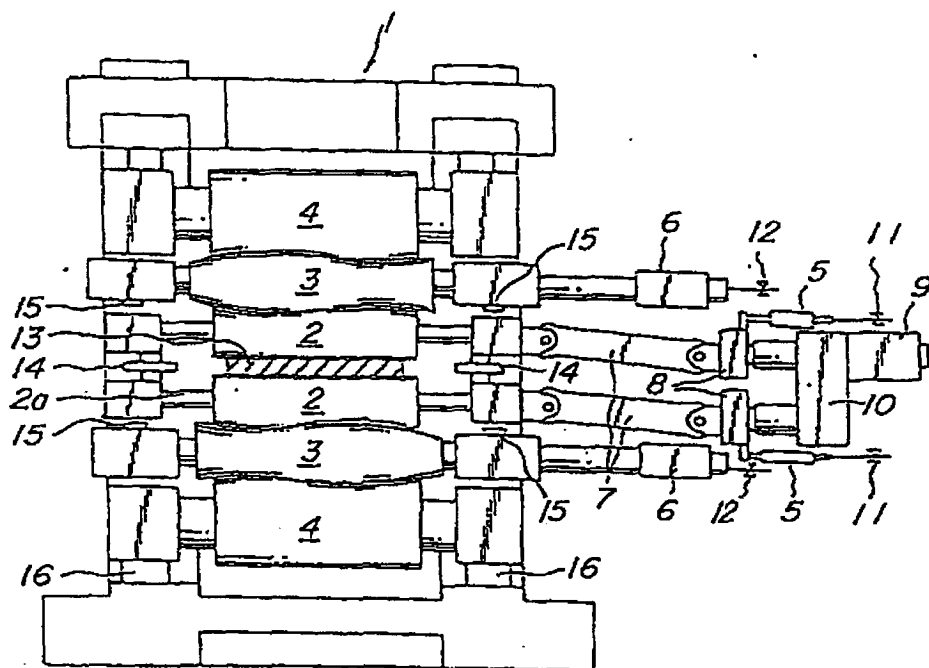
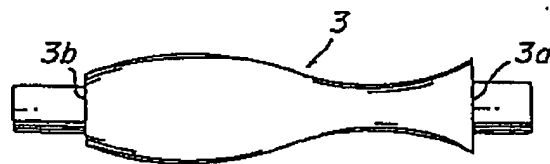


FIG. 2

(a)



(b)

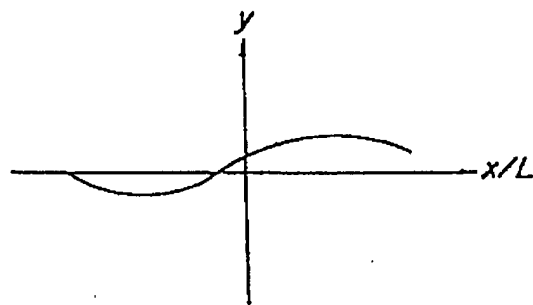
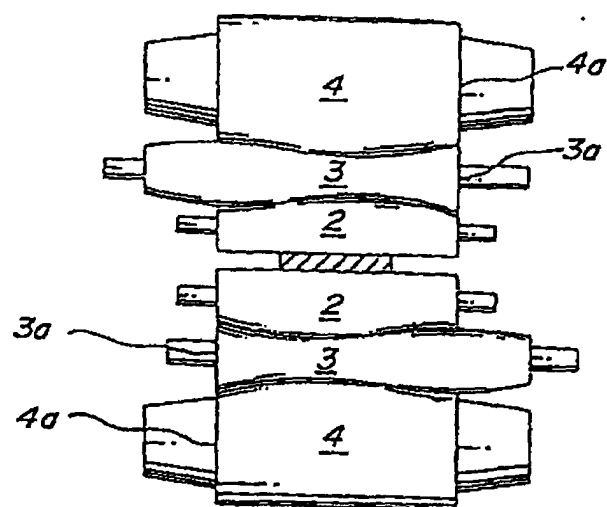


FIG. 3

(a)



(b)

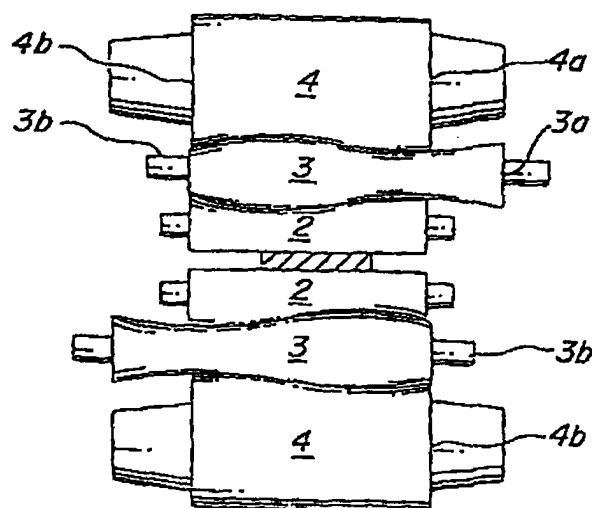


FIG. 4

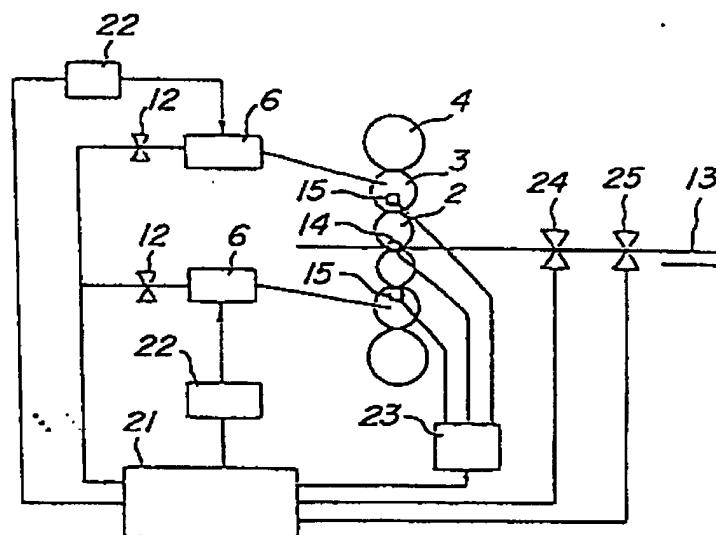


FIG. 5

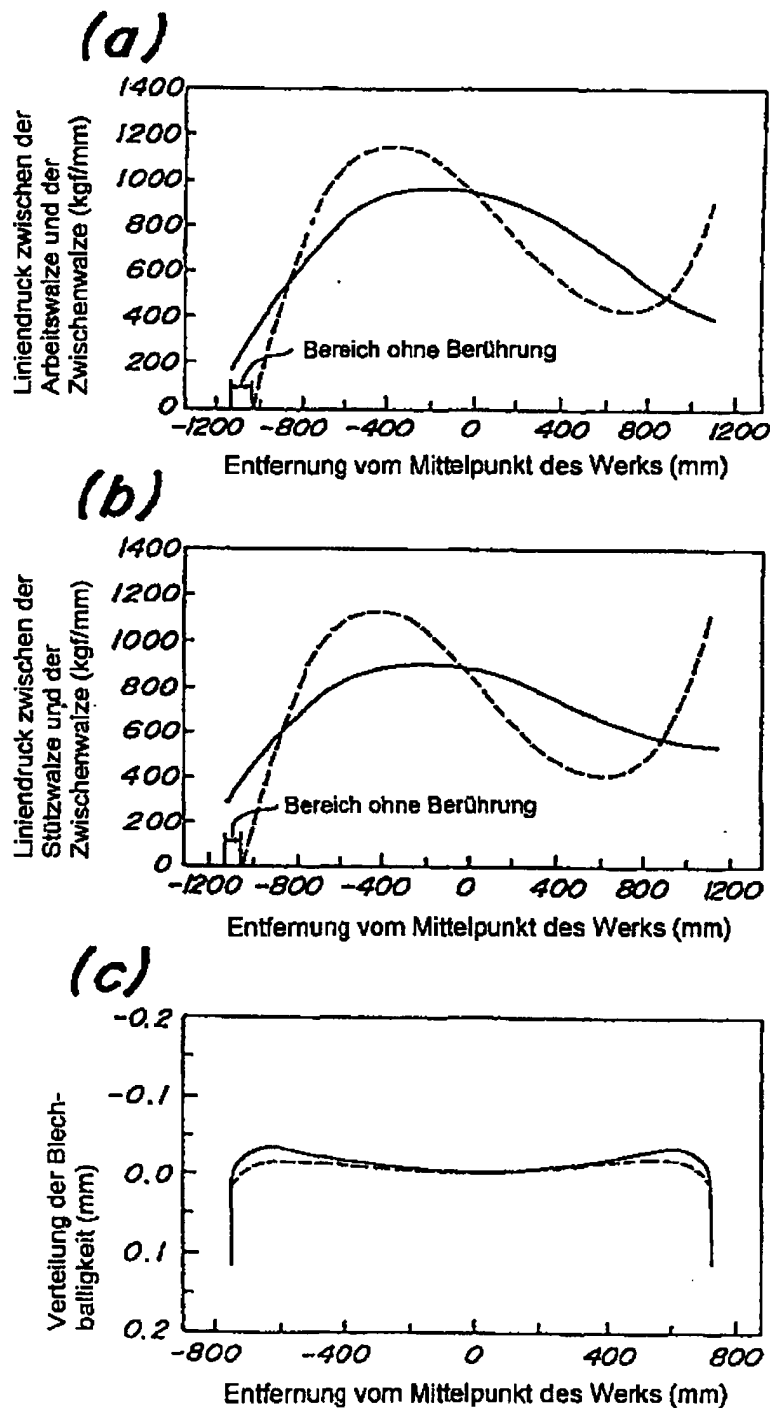


FIG. 6

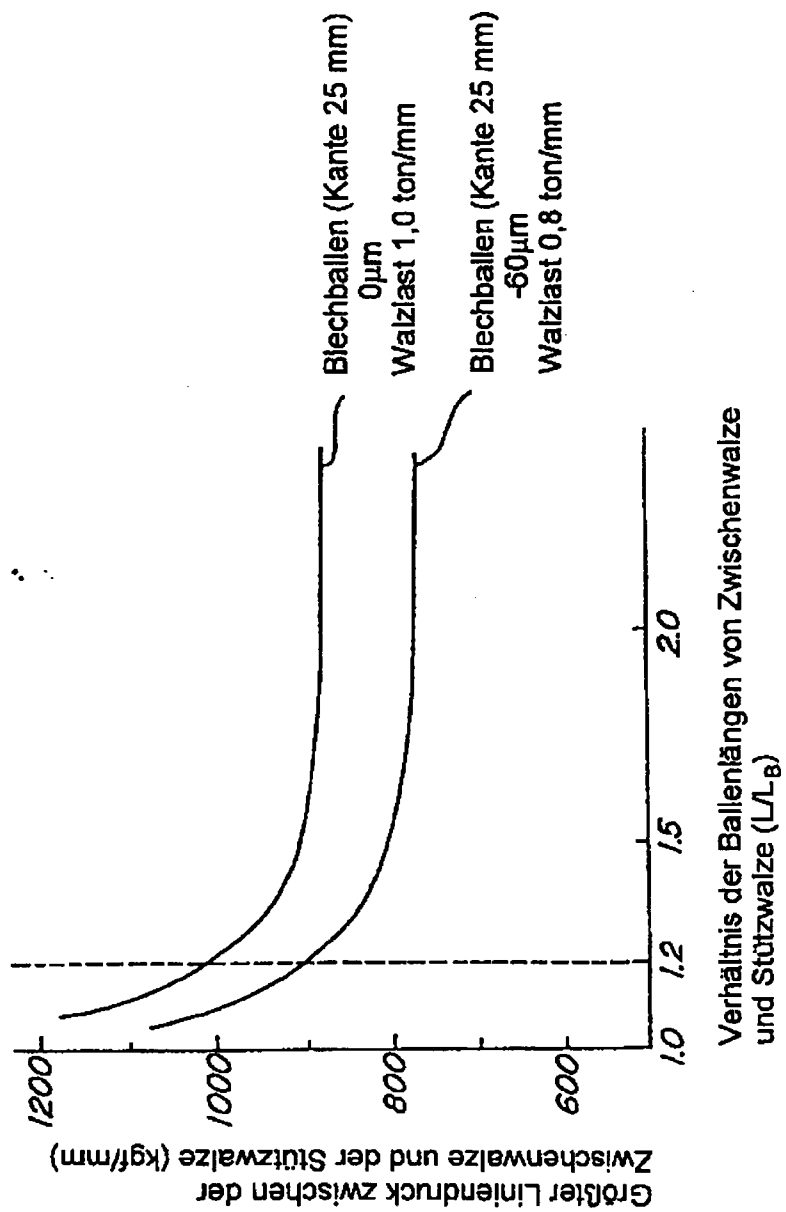


FIG. 7

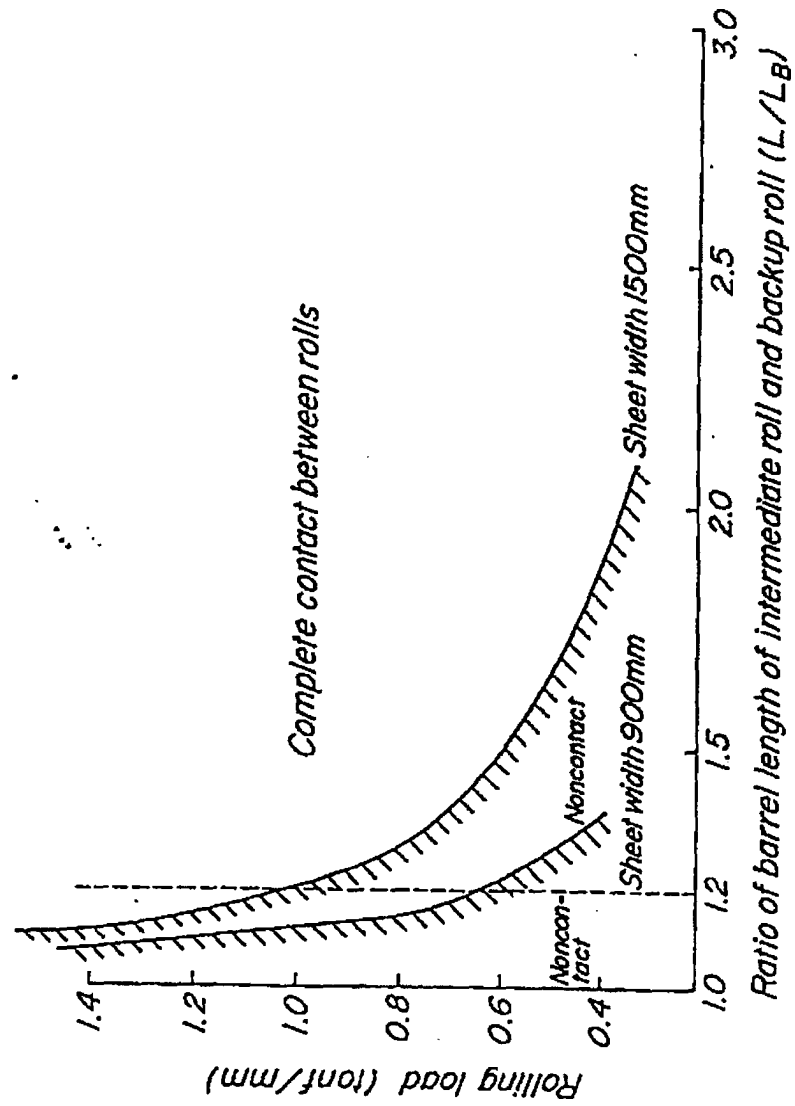


FIG. 8

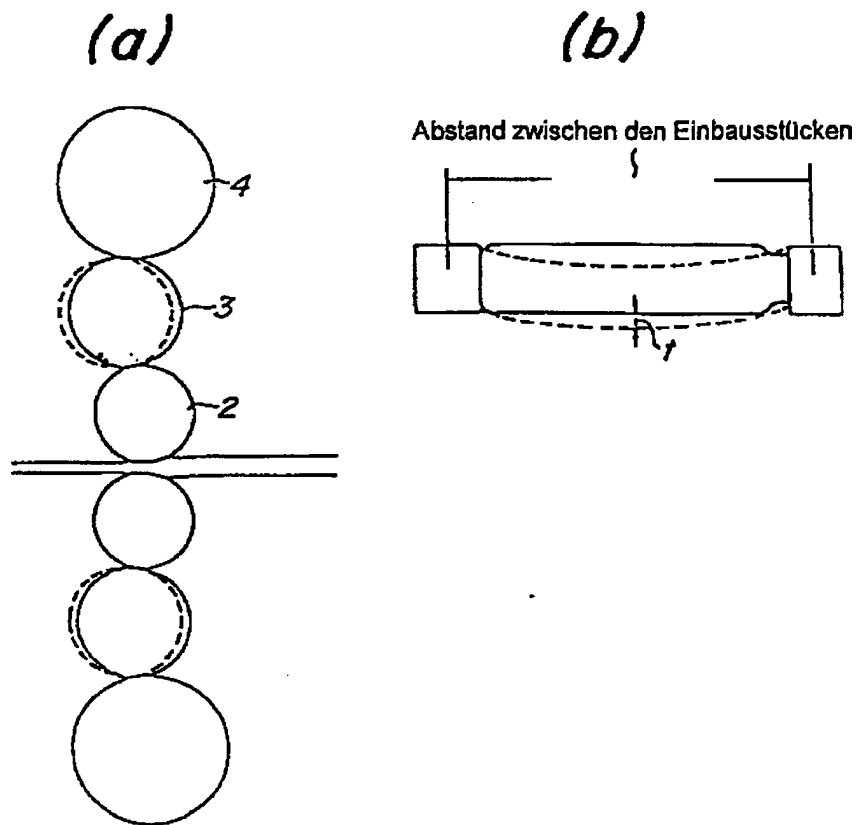


FIG. 9

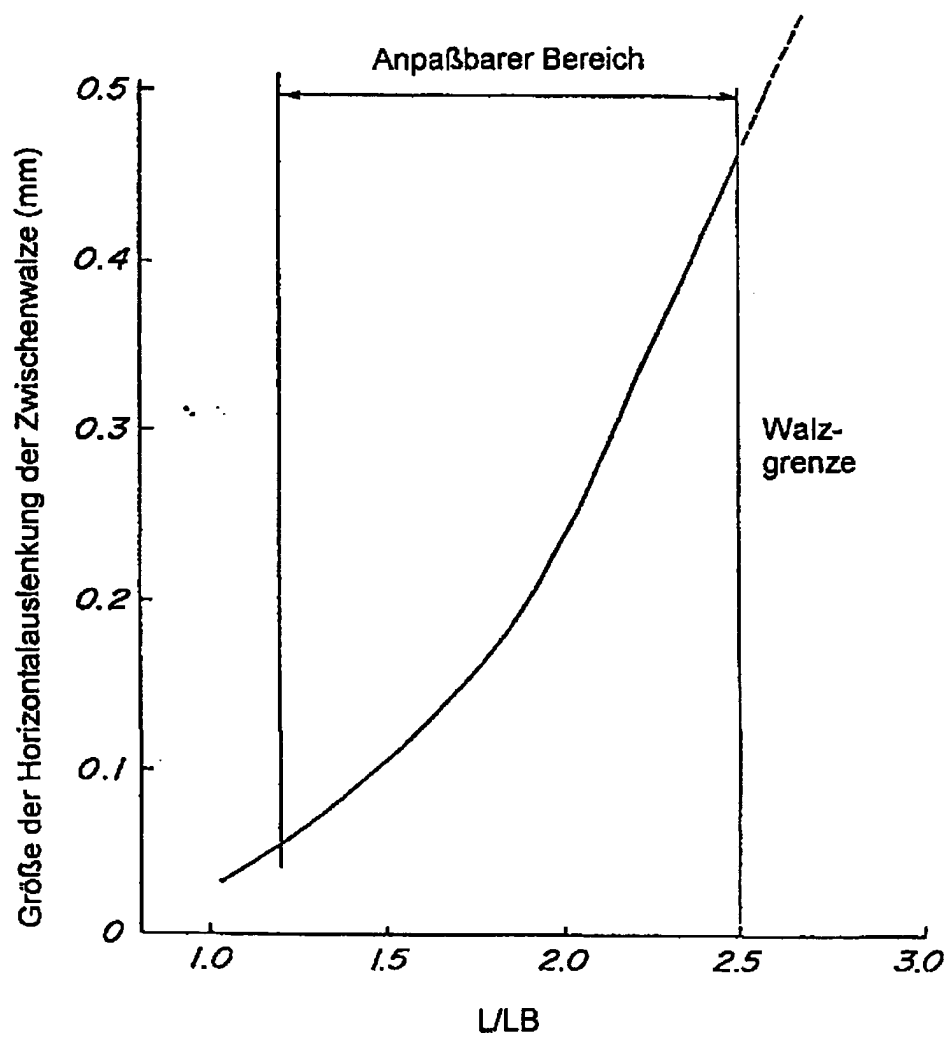


FIG. 10

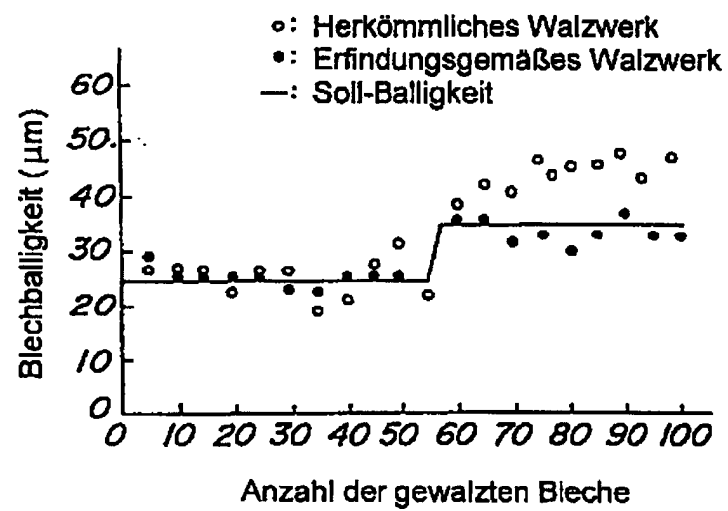


FIG. 11

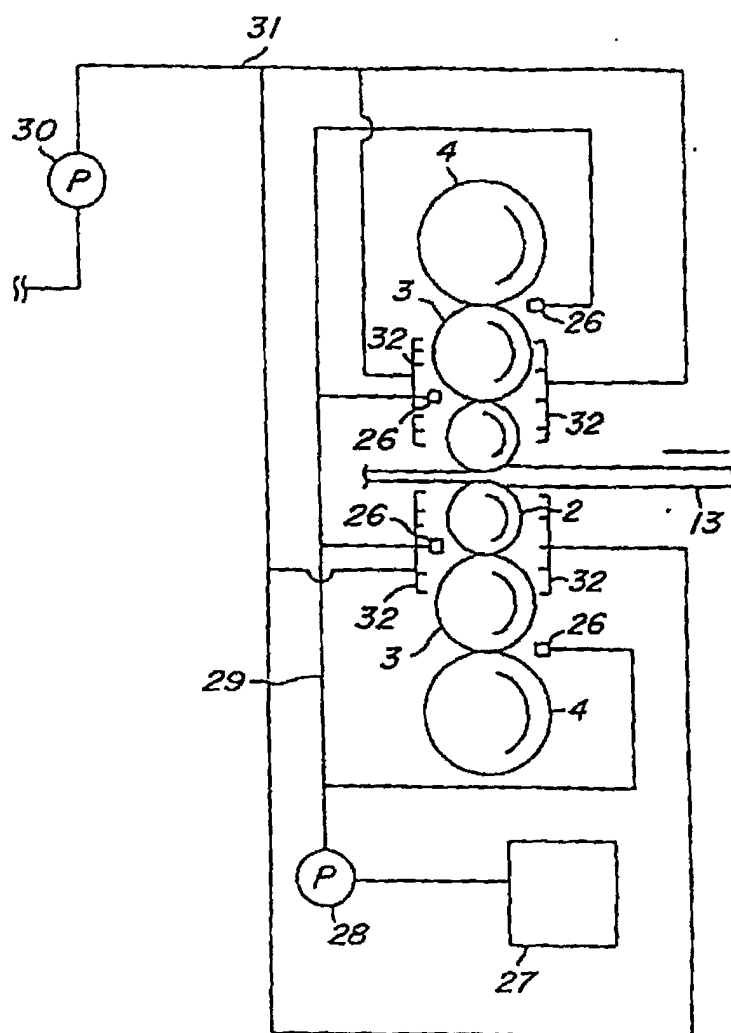


FIG. 12

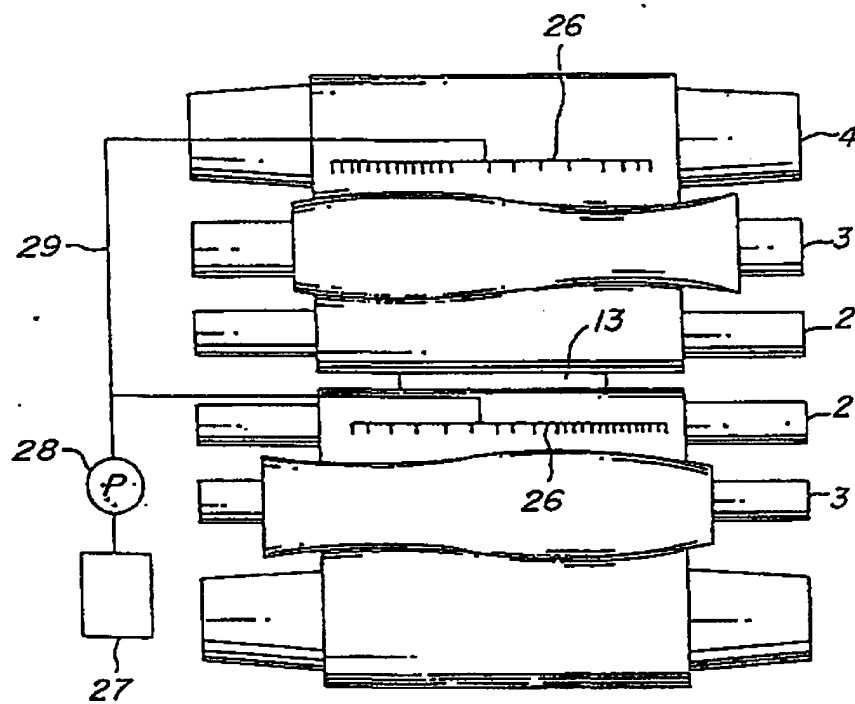


FIG. 13

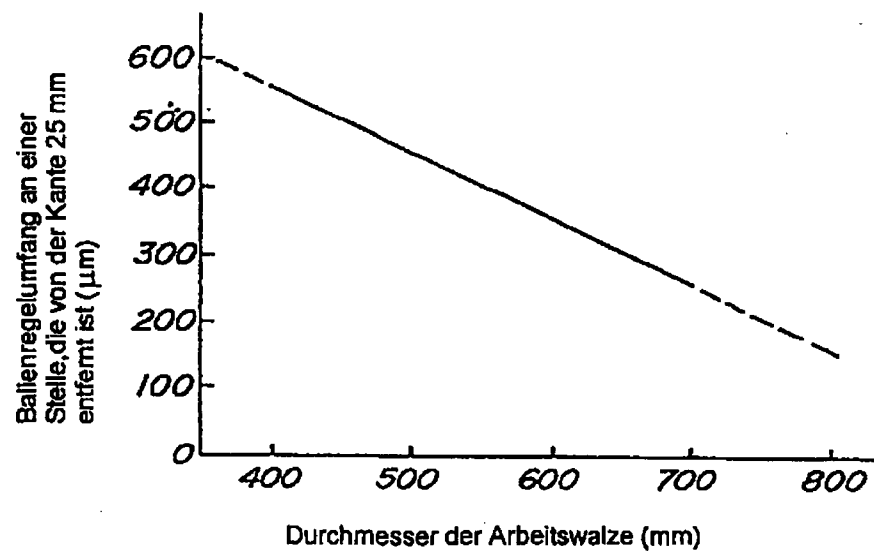


FIG. 14

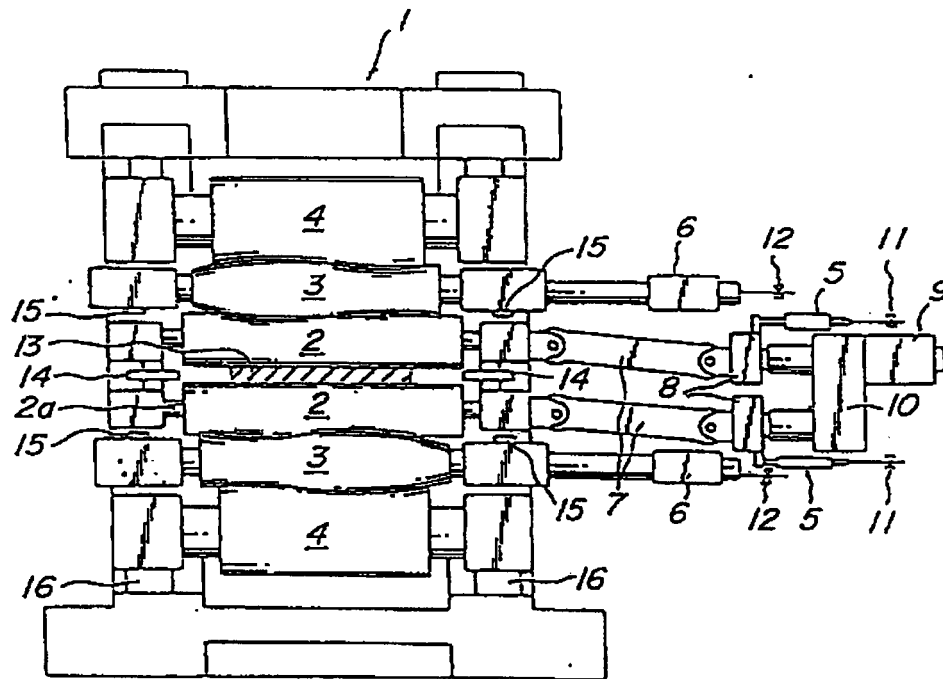


FIG.15

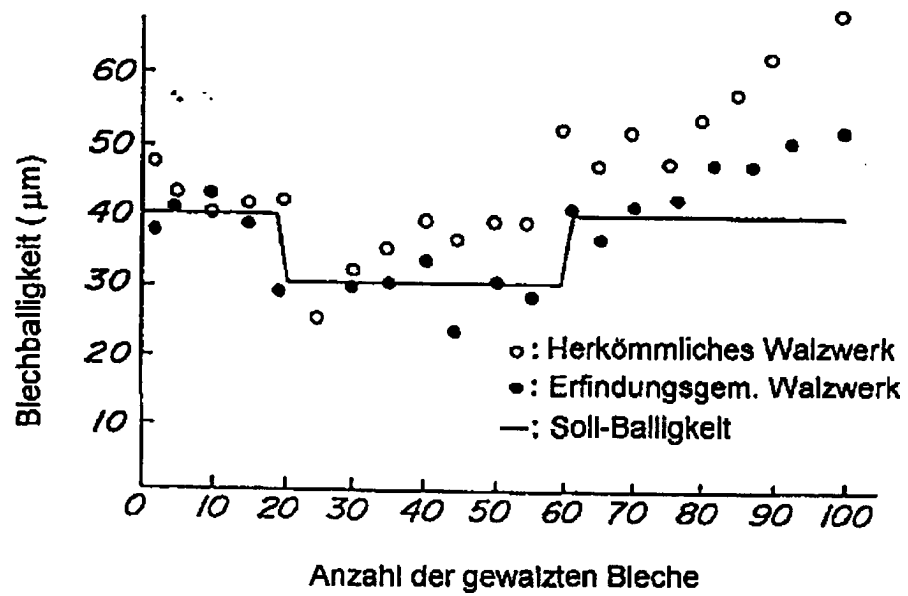
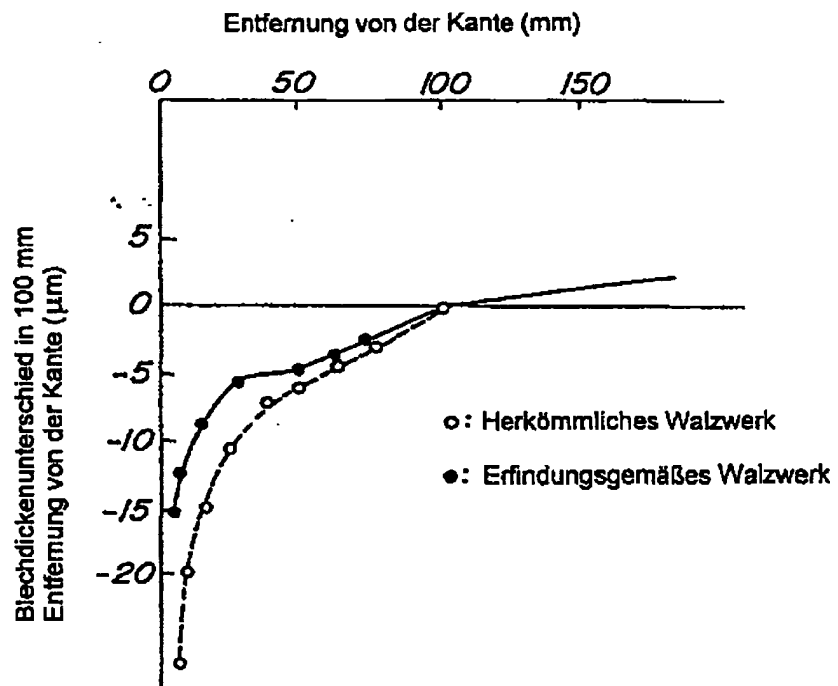
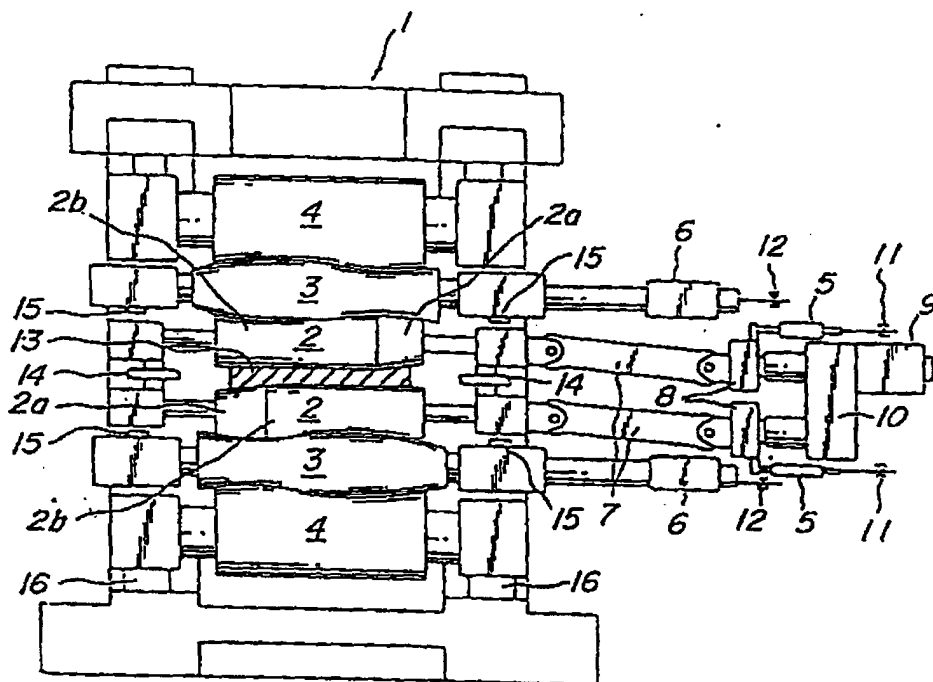


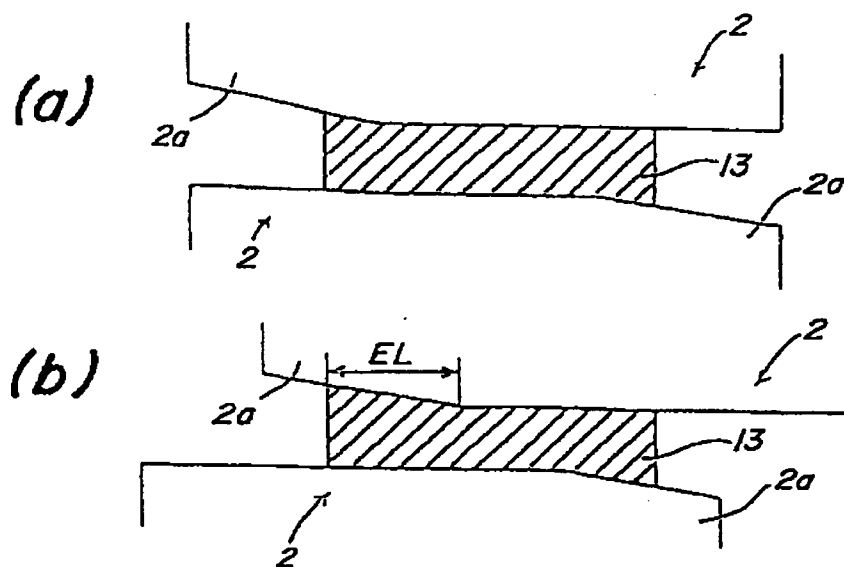
FIG. 16



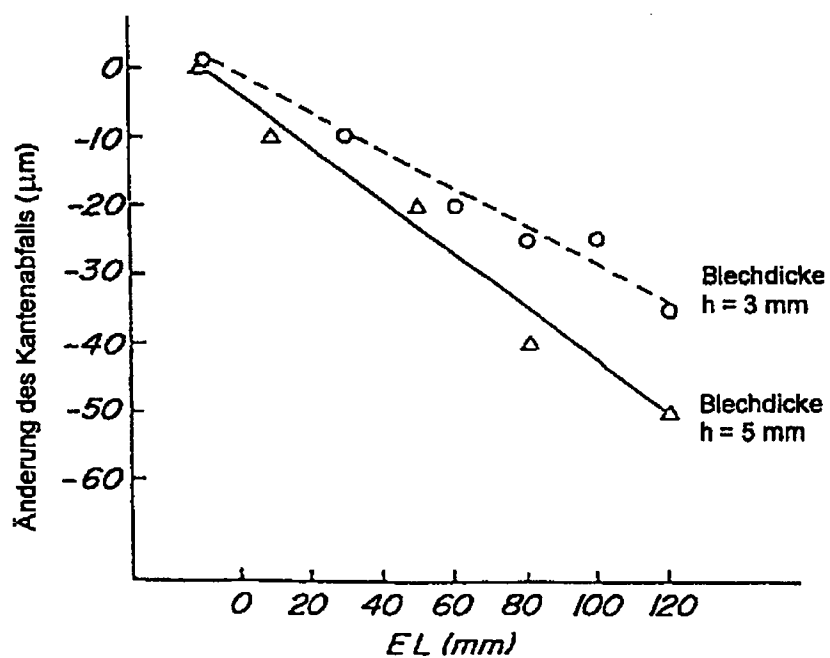
FIG_17



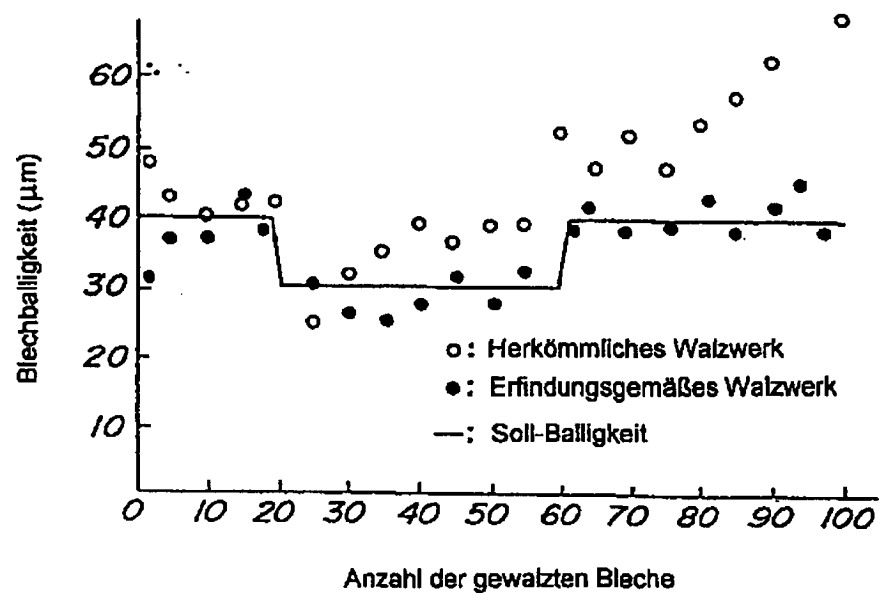
FIG_18



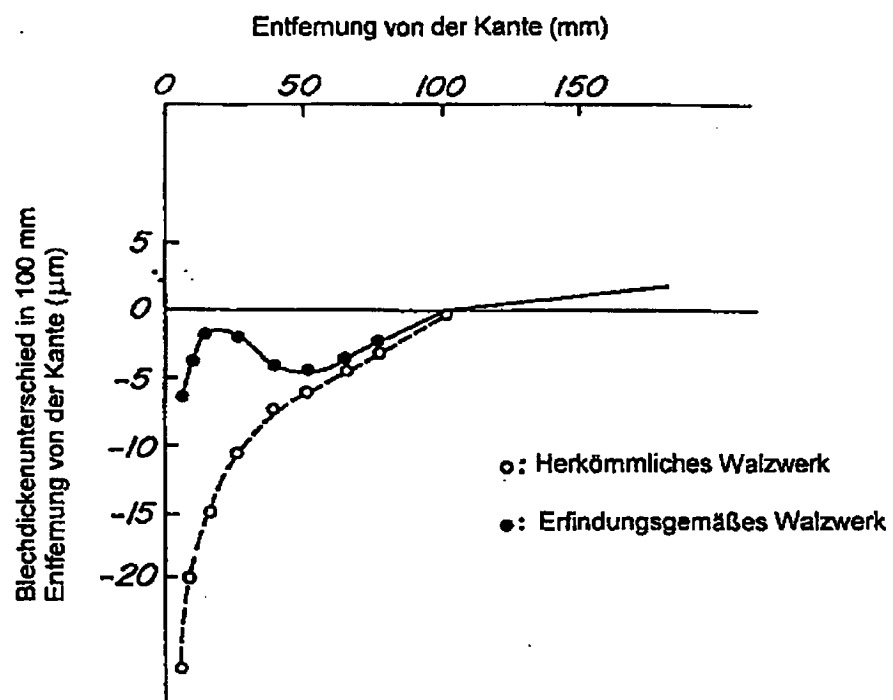
FIG_19



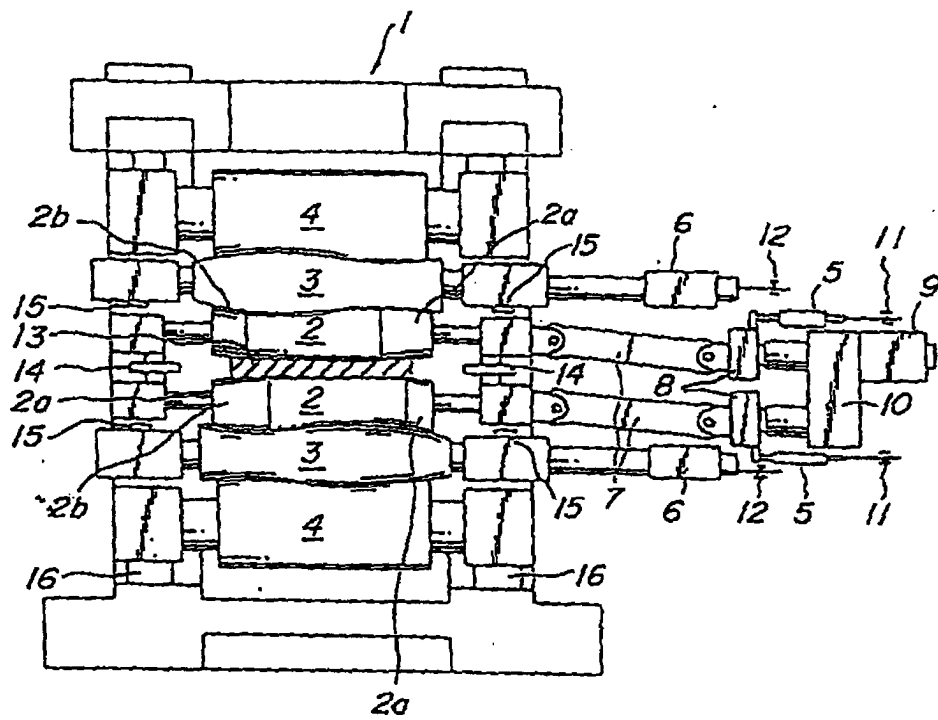
FIG_20



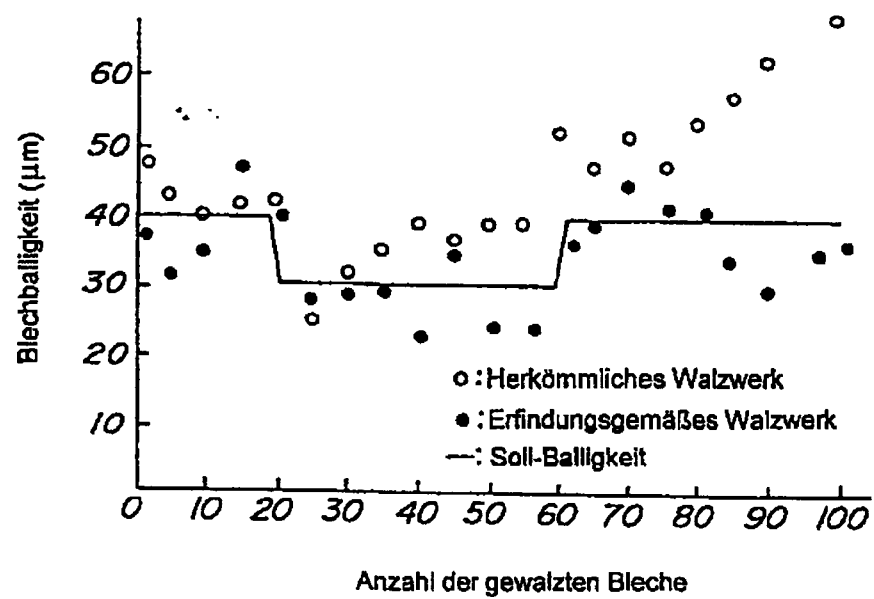
FIG_21



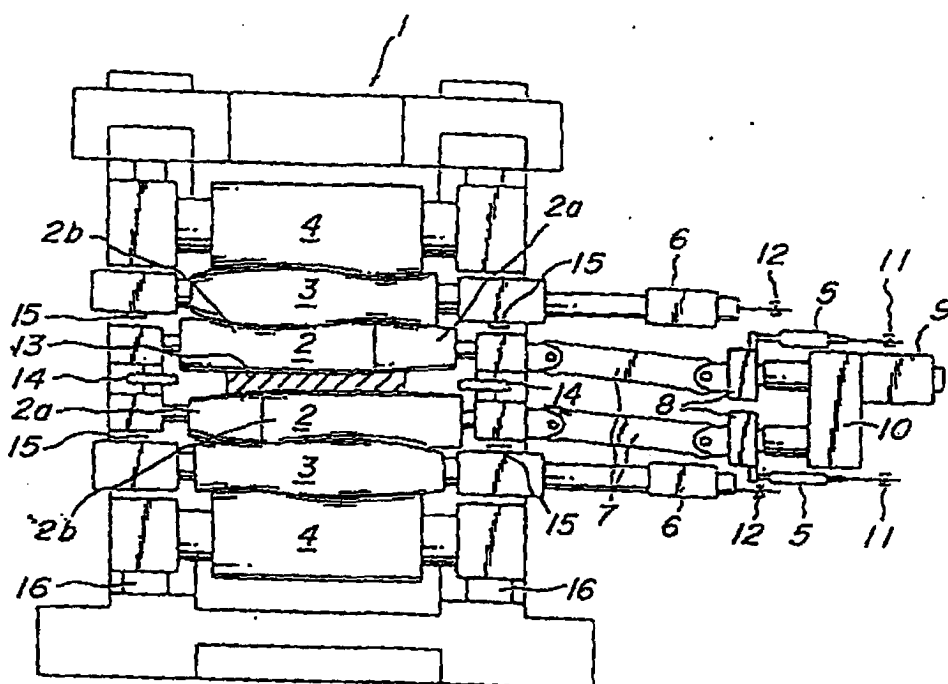
FIG_22



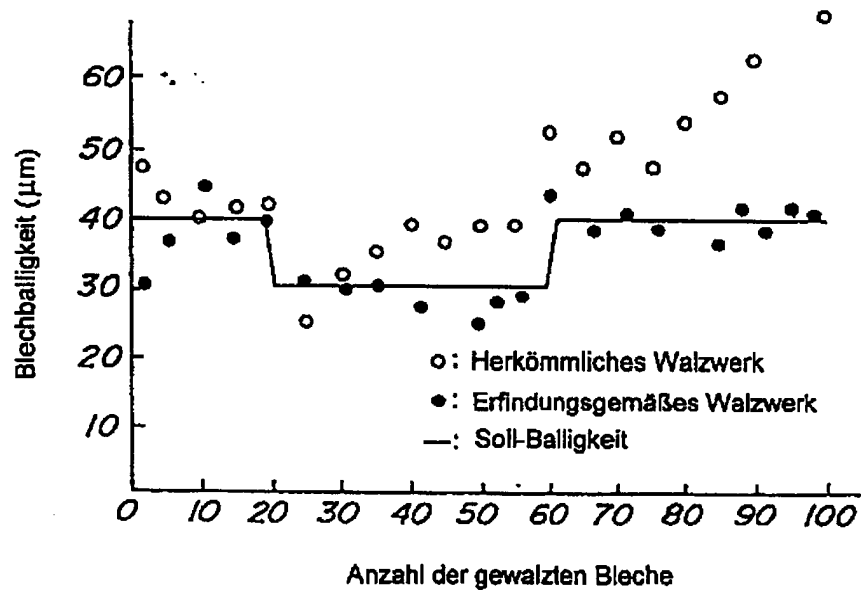
FIG_23



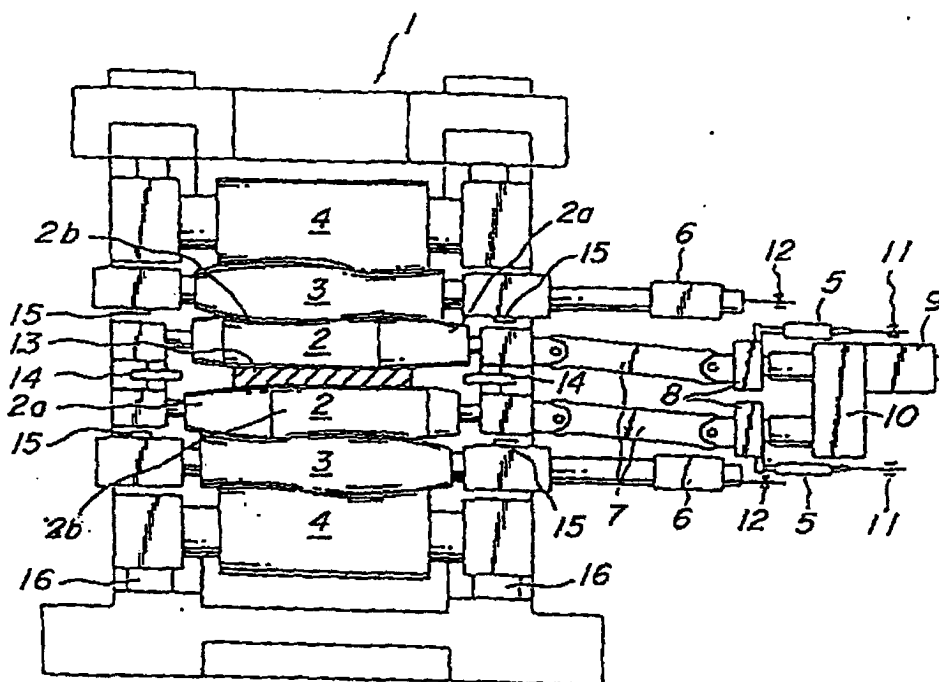
FIG_24



FIG_25



FIG_26



FIG_27

