



(11)

EP 1 188 493 B2

(12)

## NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:  
**20.05.2009 Patentblatt 2009/21**

(51) Int Cl.:  
**B21B 37/68 (2006.01)**      **B21B 37/28 (2006.01)**

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:  
**21.06.2006 Patentblatt 2006/25**

(21) Anmeldenummer: **01120214.0**

(22) Anmeldetag: **23.08.2001**

### (54) Regelverfahren zum Walzen eines Bandes in einem Walzgerüst

Control method for rolling a strip in a rolling stand

Procédé de régulation pour laminer une bande dans une cage de laminoir

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE TR**

(30) Priorität: **13.09.2000 DE 10045259**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**20.03.2002 Patentblatt 2002/12**

(73) Patentinhaber: **SMS Demag AG**  
**40237 Düsseldorf (DE)**

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

(74) Vertreter: **Klüppel, Walter et al**  
**Patentanwälte Hemmerich & Kollegen**  
**Hammerstrasse 2**  
**57072 Siegen (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A-95/19591**      **WO-A-96/28770**  
**DE-A- 3 020 427**      **DE-A- 3 435 232**  
**DE-A- 19 618 712**      **JP-A- 10 263 657**

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 005, no. 014 (M-052), 28. Januar 1981 (1981-01-28) -& JP 55 144313 A (NIPPON STEEL CORP), 11. November 1980 (1980-11-11)
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 007, no. 055 (M-198), 5. März 1983 (1983-03-05) -& JP 57 202912 A (KAWASAKI SEITETSU KK), 13. Dezember 1982 (1982-12-13)
- **KOBELCO TECHNOLOGY:** 'Crown and Flatness Control in Hot Finishing Mill' Nr. 5, 05 Februar 1989,

**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Regelverfahren zum Walzen eines Bandes in einem Walzgerüst, umfassend zumindest ein Paar Arbeitswalzen, Stützwalzen sowie fallweise auch Zwischenwalzen, wobei zur Kompensation eines betriebsbedingt asymmetrischen Walzspaltes und zur Verbesserung des Bandlaufes eine der Walzen eines Walzensatzes von Arbeits- und/oder Stützwalzen um einen Winkelbetrag, entsprechend einem Schwenkbetrag, relativ zur Gegenwalze geschwenkt wird.

**[0002]** Während des Walzprozesses unterliegen die Arbeitswalzen einer sowohl thermischen, als auch einer hohen mechanischen Belastung. Als Folge hiervon ergibt sich eine thermische Radial-Ausdehnung der Walzen, und es stellt sich zusätzlich ein Verschleiß der Arbeitswalzen ein. Infolge unterschiedlicher Bedingungen der Beanspruchung an Bandoberseite und Bandunterseite kann der Betrag einer thermischen Radial-Ausdehnung sowie des Verschleißes an Ober- und Unterwalze unterschiedlich sein.

**[0003]** Beim Einsatz von verschiebbaren Arbeitswalzen kann dies zu asymmetrischen Bedingungen im Walzgerüst führen. Dabei kann in einem Walzgerüst z. B. eine obere Arbeitswalze einen wesentlich höheren thermischen Crown aufweisen als die Unterwalze. Hinzu kommt, dass auch der Verschleiß einzelner Arbeitswalzen erhebliche Unterschiede aufweisen kann. Im Falle der Einstellung einer vergleichsweise großen Änderung der axialen Schiebeposition stellt sich dadurch ein unterschiedlicher Spaltverlauf zwischen den Walzen eines Walzenpaars auf der rechten und linken Seite ein. Unter Last ergibt sich dadurch ein asymmetrischer, d. h. keilförmiger Walzspalt.

**[0004]** Zur Verminderung einer derartigen Asymmetrie ist es beim Stand der Technik bekannt, die obere und untere Arbeitswalze unterschiedlich zu kühlen, wobei mit unterschiedlichen Mengen an Kühlmittel, z. B. Wasser, gefahren wird. Falls die Walzspaltschmierung aktiv ist, kann auch von der Maßnahme Gebrauch gemacht sein, dass unterschiedliche Ölmenge an Ober- bzw. Unterwalze eingestellt werden. Dadurch können größere Unterschiede von thermischem Crown bzw. im Verschleißverhalten mindestens teilweise relativiert werden.

**[0005]** Das Dokument DE 196 18 712 A1 beschreibt ein Regelverfahren für ein Walzgerüst zum Walzen eines Bandes, das aus einem Paar Arbeitswalzen, einem Paar Stützwalzen und einem Paar Zwischenwalzen besteht. Den dabei vorhandenen Regelungen für Walzkraft, Rückbiegekraft und Walzenverschiebung werden Sollwerte vorgegeben, die in einem Walzgerüstmodell mit einem Walzenbiegemodell online ermittelt wurden. Zur Ermittlung der Sollwerte für Walzkraft, Rückbiegekraft und Walzenverschiebung werden in dem Walzenbiegemodell online an Stützstellen Beziehungen zwischen der Walzkraft, der Rückbiegekraft und der Walzenverschiebung einerseits und einem korrespondierenden Walzspaltverlauf andererseits ermittelt.

**[0006]** Dem Dokument ist weiterhin zu entnehmen, dass derartige Regelverfahren weit verbreitet sind. Ebenso sind Differentialgleichungen zur Berechnung der Durchbiegungen und Kraftverläufe in den Walzen sowie Lösungen dieser Differentialgleichungen im Prinzip bekannt.

**[0007]** Aus der JP-A-57-202912 ist ein Regelverfahren beim Walzen eines Bandes in einem Walzgerüst bekannt, bei dem zur Kontrolle der Banddicke die Anpressdrücke der Arbeitswalzen erfasst werden. Bei Abweichungen der Banddicke von einem vorgegebenen Sollwert durch eine vorhandene Keiligkeit des Bandes werden durch unterschiedliches Anstellen der hydraulischen Anpresszylinder die ausgeübten Anpressdrücke so verändert, dass eine Schiefstellung der Arbeitswalzen erfolgt, durch die dann die Keiligkeit behoben wird.

**[0008]** Weiterhin ist aus der WO-A-95/19591 ein Verfahren zur Führung eines Prozesses bekannt, wobei als Prozessbeispiel das Walzen von Walzgut in einer Walzanlage mit Arbeitswalzen, Zwischenwalzen und Stützwalzen beschrieben wird. Als Ausgangsgröße dieses Prozesses dient die Planheit des Walzgutes, während die Stellgrößen aus an sich bekannten Mitteln zum Schwenken, Biegen, axialem Verschieben der Arbeitswalzen und/oder der Zwischenwalzen und/oder der Walzkraft bestehen.

**[0009]** Ausgehend vom vorgenannten Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, unter Vermeidung eines asymmetrischen Walzspaltes eine Verbesserung des Bandlaufes zu erzielen, die Bandform zu verbessern und gleiche Bedingungen an Ober- und Unterwalzen einzustellen.

**[0010]** Die gestellte Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 dadurch gelöst, dass die zur Kompensation eines betriebsbedingten asymmetrischen Walzspaltes und zur Verbesserung des Bandlaufes mit einer der Walzen eines Walzensatzes von Arbeits- und/oder Stützwalzen relativ zur Gegenwalze durchgeführte Schwenkung um einen bestimmten Winkelbetrag, bzw. einem Schwenkbetrag mit den folgenden Arbeitsschritten ermittelt wird:

- Messung des thermischen Crowns sowie des Verschleißzustandes am Arbeitswalzenpaar für verschiedene Walzprogramme,
- Adaption der Verschleißkoeffizienten und Bewertung der Wärmeströme,
- Berechnung des thermischen Crowns sowie des Arbeitswalzenverschleißes für die obere und untere Arbeitswalze unter Online-Bedingungen,
- Errechnen des Walzspaltes für den verschobenen Zustand der Arbeitswalzen sowie Errechnen der Schräglage und/oder Keilform des Walzspaltes im Bereich der Bandbreite bei Vorliegen der Formen der beiden Arbeitswalzen,

- Auswerten der Keilform des Walzspaltes und dessen Schräglage für den Kontaktbereich zwischen Arbeits- und Stützwalzen,
- Umrechnen der ermittelten Keilformen für die entsprechenden Wirkbereiche linear auf den Abstand der Anstellungen bzw. den Lagerabstand und Aufsummieren des Betrages entsprechend der folgenden Beziehung:

5

$$S = K_{ws} \cdot S_{ws} \cdot L_A / B + K_{AS} \cdot S_{AS} \cdot L_A / L_{Kont}$$

10

- [0011] Darin bedeuten:

B :	Bandbreite
$K_{ws}$ :	Wichtigungsfaktor des Betrages im Walzspalt
$K_{AS}$ :	Wichtigungsfaktor des Effekts zwischen Arbeits- und Stützwalze
$L_A$ :	Lagerabstand bzw. Abstand der Anstellungen
$L_{Kont}$ :	Kontaktlänge zwischen Arbeits- und Stützwalze
S :	Schwenkbetrag
$S_{ws}$ :	Schräglage im Walzspalt
$S_{AS}$ :	Anteil Schräglage zwischen Arbeits- und Stützwalze

[0012] In einer Ausgestaltung der Erfindung wird die Form der Arbeitswalzen nicht errechnet, sondern online gemessen und daraus der Schwenkbetrag oder/und die entsprechende Walzenverschiebeposition mit den oben genannten Arbeitsschritten bestimmt.

[0013] Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass anstelle einer Schwenkung des Walzensatzes die analoge Wirkung durch Einsatz unterschiedlicher Arbeitswalzenbiegekräfte der linken und rechten Seite realisiert wird.

[0014] Nach der Erfindung wird der online ermittelte Schwenkbetrag bzw. die Differenzbiegekraft vor Anstich des Bandes eingestellt und bei Bedarf über die Bandlänge verändert.

[0015] Eine Ausgestaltung des Verfahrens sieht vor, dass zur Kompensation ungleicher Walzbedingungen im Walzspalt zwischen Ober- und Unterwalze eines Arbeitswalzensatzes ein errechenbarer Betrag eines Schwenkwinkels  $\alpha$  an einer der Walzen, bevorzugt an der Oberwalze, eingestellt wird.

[0016] Eine weitere Ausgestaltung sieht vor, dass ein Schwenkbetrag eines Walzensatzes, beispielsweise an einem Gerüst vorgenommen wird, dessen Arbeits- oder Zwischenwalzen axial verschoben sind.

[0017] Eine andere Ausgestaltung des Verfahrens sieht vor, dass ein Schwenkbetrag eines Walzensatzes, beispielsweise an einem Gerüst vorgenommen wird, dessen Arbeits- oder Zwischenwalzen nicht verschoben sind.

[0018] Das Regelverfahren nach der Erfindung ist gekennzeichnet durch die angegebenen Arbeitsschritte und die zum Umrechnen der ermittelten Keilform des Walzspaltes für die entsprechenden Wirkbereiche linear auf den Abstand der Anstellungen bzw. den Lagerabstand und Aufsummieren des Betrages.

[0019] Eine ergänzende Maßnahme, die Asymmetrie zu minimieren, besteht darin, die Ober- und Unterwalze unterschiedlich weit zu verschieben, so dass  $U \neq U'$  beträgt. Dies kann für mehrere Bänder eines Walzprogramms oder nur für ausgewählte Bänder erfolgen.

[0020] Beim zyklischen Verschieben der Arbeitswalzen können unterschiedliche Verschiebeniveaus und -steps für Ober- und Unterwalze eingestellt werden, um die Form (Steilheit) von Verschleiß und thermischen Crowns positiv zu beeinflussen. Vorzugsweise wird die Walze mit z. B. größerem Verschleiß weiter verschoben, d. h. man stellt eine größere Verschiebeamplitude ein.

[0021] Beim Presetting für das jeweilige Band ist der Differenz-Schiebetrug zwischen den beiden Walzen in einem vorgegebenen zulässigen Suchbereich so einzustellen, dass die Asymmetrie vornehmlich im Bandkantenbereich minimiert wird.

[0022] Die Vorgehensweise bei dieser Optimierung erfolgt u. a. nach der in den Dokumenten EP 0 618 020 B1 und EP 0 850 704 A1 beschriebenen Methode. Die Optimierung der Kontur und der randnahen Planheit werden jedoch auf die asymmetrischen Effekte übertragen, d. h. es werden beide Bandseiten betrachtet.

[0023] Der Regelalgorithmus berücksichtigt auch das unterschiedliche elastische Verhalten bei unterschiedlichen Verschiebeträgen an Ober- und Unterwalze, so dass diese zusätzlichen Einflüsse, z. B. durch unterschiedliche Biegekraftniveaus, auf der rechten und linken Seite oder Schwenken kompensiert werden.

[0024] Es ist vorgesehen, die beiden obigen Maßnahmen miteinander zu kombinieren, wobei das Schwenken des Walzensatzes auf den Bodybereich des Bandes und das Einstellen unterschiedlicher Verschiebepositionen mehr an der Bandkante wirken. Vorzugswiese wird zuerst die Verschiebeposition optimiert und im zweiten Schritt der Schwenk-

betrag festgelegt.

[0025] Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachstehenden Erläuterung einiger in den Zeichnungen schematisch dargestellter Ausführungsbeispiele.

[0026] Es zeigen:

- 5 Fig. 1 einen Zustand für ein unbelastetes Gerüst mit nicht verschobenen Arbeitswalzen und überlagerten Stützwalzen,
- Fig. 2 einen Zustand gemäß Fig. 1, jedoch mit axial verschobenen Arbeitswalzen,
- 10 Fig. 3 einen unsymmetrischen Walzspalt mit einer eingezeichneten Ausgleichsgeraden im Bereich der Bandbreite bei verschobenen Arbeitswalzen,
- Fig. 4 eine Asymmetrie im Kontaktbereich zwischen Arbeits- und Stützwalzen,
- 15 Fig. 5 eingestellte Verschiebepositionen an Ober- und Unterwalze in Abhängigkeit der Anzahl gewalzter Bänder,
- Fig. 6 Arbeitswalzen-Verschiebepositionen und Walzspaltdifferenzen bei unterschiedlichen Verschiebestrategien.

[0027] Hierin bedeuten:

- 20 B : Bandbreite  
 $L_{Kont}$  : Kontaktlänge zwischen Arbeits- und Stützwalzen  
 $L_A$  : Lagerabstand/Abstand der Anstellung der Stützwalzen  
S : Schräglage/Schwenkbetrag  
25 U : Arbeitswalzen-Verschiebung der Oberwalze  
U' : Arbeitswalzen-Verschiebung der Unterwalze (in Gegenrichtung)  
n : Anzahl der Bänder  
 $\alpha$  : Schwenkwinkel

30 [0028] Die Konturen der Arbeitswalzen 1, 1' in Figur 1 zeigen bei einem Zustand für ein unbelastetes Gerüst mit nicht verschobenen Arbeitswalzen 1, 1' eine annähernd symmetrische thermische Ausdehnung. Die obere Arbeitswalze 1 besitzt jedoch einen deutlich ausgeprägteren thermischen Crown als die untere Arbeitswalze 1'.

[0029] Beim Einsatz von verschiebbaren Arbeitswalzen 1, 1' kann dies zu asymmetrischen Bedingungen im Walzgerüst führen. Diese Bedingungen zeigt Figur 2. Dargestellt ist ebenfalls ein unbelastetes Walzgerüst, dessen obere Arbeitswalze 1 beispielsweise einen wesentlich höheren thermischen Crown aufweist als die Unterwalze 1'. Auch der Arbeitswalzenverschleiß ist unterschiedlich. Falls eine relativ große Schiebepositionsänderung von Band zu Band (beispielsweise  $U = 60 \text{ mm}$ ) erfolgt, so stellt sich dadurch ein unterschiedlich großer Spalt zwischen den Walzen 1, 1' bzw. 1, 2 und 1', 2' auf der rechten und linken Seite ein. Unter Last ergibt sich dadurch ein asymmetrischer keilförmiger Walzspalt.

[0030] Ziel der erfundungsgemäßen Maßnahmen ist es, die Bedingungen einer solchen Asymmetrie zu vermindern bzw. zu eliminieren. Lassen sich diese mit den bekannten Mitteln wie unterschiedliche Kühlung oder Walzspalschmierung nicht reduzieren, so wird nach der Erfindung ein automatisches Schwenken des Walzensatzes vorgeschlagen, um den unerwünschten Effekt der Asymmetrie zu kompensieren.

[0031] Dabei wird gemäß der im Beispiel von Fig. 2 gezeigten Vorgehensweise der größere Spalt zwischen den Arbeitswalzen 1, 1' und Arbeits- sowie Stützwalzen 2, 2' der linken Seite um den Betrag "S" zugefahren, bzw. es wird um die Ständermitte rechts und links um den Betrag  $S/2$  geschwenkt. Dabei können sich die ermittelten bzw. errechneten Schwenkbeträge "S" entsprechend einer Änderung des thermischen Crowns über der Bandlänge verändern, was von Fall zu Fall zu berücksichtigen ist.

[0032] Liegen die Formen der oberen 1 und unteren Arbeitswalze 1' vor, so lässt sich für den verschobenen Arbeitswalzenzustand der Walzspalt im Bereich der Bandbreite errechnen, wie dies in der Figur 3 gezeigt ist. Dabei ergibt sich mittels der Bestimmung einer Ausgleichsgeraden durch die Walzspaltdifferenz die Schräglage bzw. Keiligkeit des Walzspaltes. Der danach ermittelbare Ausgleichswinkel  $\alpha_{WS}$  (Alpha) ergibt für den Bereich der Bandbreite B den erforderlichen Anteil des Schwenkbetrages "S<sub>WS</sub>" im Walzspalt. Dieser Betrag lässt sich durch einfache Umrechnung auf den Abstand der Anstellungen hochrechnen.

[0033] Weil zwischen Arbeits- und Stützwalzen 1, 1' / 2, 2' ebenfalls die Asymmetrien wirken, erfolgt die gleiche Auswertung der Keiligkeit für den Kontaktbereich zwischen Arbeits- und Stützwalze, wie in Figur 4 gezeigt. Die Summe der beiden Effekte (im Walzspalt und zwischen den Stütz- und Arbeitswalzen) führt zu dem Schwenkbetrag "S".

[0034] Um die Form des Arbeitswalzenverschleißes und des thermischen Crowns zu beeinflussen werden - wie aus der Literatur bekannt ist - die Arbeitswalzen zyklisch verschoben. Bei unterschiedlichem Verschleiß oder thermischen

Crowns an Ober- und Unterseite kann es positiv sein, oben und unten unterschiedliche Verschiebebeiträge ( $U, U'$ ) für jedes Band eines Walzprogramms einzustellen, was Figur 5 zeigt. Bei Einstellung unterschiedlicher Verschiebeamplituden und -steps wird vornehmlich der Effekt des Arbeitswalzenverschleißes im Bandkantenbereich effektiv beeinflusst.

**[0035]** Die Wirkung unterschiedlicher Verschiebepositionen im Walzspalt bei wesentlich höherem Verschleiß z. B. der Unterwalze macht das Extrembeispiel der Figur 6 deutlich. Diese zeigt die Arbeitswalzen im verschobenen Zustand und darunter die zugehörigen Walzspaltdifferenzen. Es werden Effekte mit konventioneller Verschiebestrategie (links) und mit ungleicher optimierter Verschiebeposition an Ober- und Unterwalze (rechts) dargestellt. Durch den Optimierungsprozess für das jeweilige Band werden die Asymmetrien im Bereich des Bandes (Bandkante) minimiert, was Fig. 6 unten rechts deutlich macht.

**[0036]** Die Erfindung löst in optimaler Weise die eingangs gestellte Aufgabe.

### Patentansprüche

**1.** Regelverfahren zum Walzen eines Bandes in einem Walzgerüst, umfassend zumindest ein Paar Arbeitswalzen (1, 1'), Stützwalzen (2, 2') sowie fallweise auch Zwischenwalzen, wobei zur Kompensation eines betriebsbedingt asymmetrischen Walzspaltes und zur Verbesserung des Bandlaufes eine der Walzen eines Walzensatzes von Arbeits- (1, 1') und/oder Stützwalzen (2, 2') um einen Winkelbelag (a), entsprechend einem Schwenkbetrag (S), relativ zur Gegenwalze geschwenkt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schwenkbetrag (S) mit folgenden Arbeitsschritten ermittelt wird:

- Messung des thermischen Crowns sowie des Verschleißzustandes am Arbeitswalzenpaar (1, 1') für verschiedene Walzprogramme,
- Adaption der Verschleißkoeffizienten und Bewertung der Wärmeströme,
- getrennte Berechnung des thermischen Crowns sowie des Arbeitswalzenverschleißes für die obere (1) und untere Arbeitswalze (1') unter Online-Bedingungen mit Berücksichtigung von Randbedingungen wie Bandbreite (B), Walzzeit, Pausenzeit, Verschiebepositionen, Kühlwirkung an den Arbeitswalzen,
- Errechnen des Walzspaltes für den verschobenen Zustand der Arbeitswalzen (1, 1') sowie Errechnen der Schräglage und/oder Keilform des Walzspaltes im Bereich der Bandbreite bei Vorliegen der Formen der beiden Arbeitswalzen (1, 1'),
- Auswerten der Keilform des Walzenspaltes und dessen Schräglage für den Kontaktbereich ( $L_{Kont}$ ) zwischen Arbeits- und Stützwalzen,
- Umrechnen der ermittelten Keilformen für die entsprechenden Wirkbereiche linear auf den Abstand der Anstellungen bzw. den Lagerabstand ( $L_A$ ) und Aufsummieren des Betrages entsprechend der folgenden Beziehung:

$$S = K_{WS} \cdot S_{WS} \cdot L_A / B + K_{AS} \cdot S_{AS} \cdot L_A / L_{Kont}$$

mit:

B: Bandbreite  
 $K_{WS}$ : Wichtungsfaktor des Betrages im Walzspalt  
 $K_{AS}$ : Wichtungsfaktor des Effekts zwischen Arbeits- und Stützwalze  
 $L_A$ : Lagerabstand bzw. Abstand der Anstellungen  
 $L_{Kont}$ : Kontaktlänge zwischen Arbeits- und Stützwalze  
S: Schwenkbetrag  
 $S_{WS}$ : Schräglage im Walzspalt  
 $S_{AS}$ : Anteil Schräglage zwischen Arbeits- und Stützwalze

2. Regelverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Form der Arbeitswalzen (1, 1') nicht errechnet, sondern online gemessen und daraus der Schwenkbetrag (S) oder/und die entsprechende Walzenverschiebeposition bestimmt wird.
3. Regelverfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** anstelle einer Schwenkung des Walzensatzes die analoge Wirkung durch Einsatz unterschiedlicher Arbeitswalzenbiegekräfte der linken und rechten Seite realisiert wird.

4. Regelverfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der online ermittelte Schwenkbetrag (S) bzw. die Differenzbiegekraft vor Anstich des Bandes eingestellt und bei Bedarf über die Bandlänge verändert wird.
5. Regelverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der errechenbare Betrag des Schwenkwinkels ( $\alpha$ ) bzw. der Schwenkbetrag (S) zur Kompensation ungleicher Walzbedingungen im Walzspalt zwischen Ober- (1) und Unterwalze (1') eines Arbeitswalzensatzes (1, 1') ein an einer der Walzen, bevorzugt an der Oberwalze (1'), eingestellt wird.
10. Regelverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Unterstützung der Wirkung des Verfahrens ein Schwenkbetrag (S) eines Walzensatzes (1, 1') bzw. (2, 2') an einem Gerüst vorgenommen wird, dessen Arbeits- (1, 1') oder Zwischenwalzen (3, 3') unterschiedlich weit um einen Betrag U bzw. U' axial gegeneinander verschoben sind.
15. Regelverfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schwenken des Walzensatzes auf den Bodybereich des Bandes und das Einstellen unterschiedlicher Verschiebepositionen mehr auf die Bandkante ausgerichtet sind.
20. Regelverfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** im ersten Schritt die Schiebeposition optimiert und im zweiten Schritt der Schwenkbetrag festgelegt wird.
25. Regelverfahren nach Anspruch 6, 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Berücksichtigung von unterschiedlichem elastischen Verhalten der Walzen eines Walzensatzes bei ungleichen Verschiebeträgen oben und unten bzw. rechts und links unterschiedliche Biegekräfte eingestellt werden bzw. der Schwenkbetrag (S) korrigiert wird.
30. 10. Regelverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** für mehrere Bänder eines Walzprogramms die obere und untere Arbeitswalze zur positiven Beeinflussung der Verschleißform zyklisch unterschiedlich weit verschoben werden.
35. 11. Regelverfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** vorzugsweise für die Walze mit größerem Verschleiß bzw. größerem thermischen Crown eine größere Verschiebeamplitude eingestellt wird.
12. Regelverfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Differenzbetrag zwischen den beiden Walzen für einzelne Bänder in einem vorgegebenen zulässigen Suchbereich so eingestellt wird, dass die Asymmetrie vornehmlich im Bandkantenbereich minimiert wird.

### Claims

1. Regulating method for rolling a strip in a roll stand, comprising at least one pair of working rolls (1, 1'), backing rolls (2, 2') as well as if needed also intermediate rolls, wherein in order to provide compensation for an operationally caused asymmetrical rolling gap and for improvement in the strip running one of the rolls of a roll set of working rolls (1, 1') and/or backing rolls (2, 2') is pivoted relative to the counter roll by an angular amount ( $\alpha$ ) corresponding with a pivot amount (S), **characterised in that** the pivot amount (S) is ascertained by the following working steps:
45. - measurement of the thermal crown as well as the wear state at the working roll pair (1, 1') for different rolling programs,  
   - adaptation of the wear coefficients and evaluation of the heat flows,  
   - separate calculation of the thermal crown as well as the working roll wear for the upper working roll (1) and lower working roll (1') under on-line conditions with consideration of boundary conditions such as strip width (B), rolling time, pause time, displacement positions, cooling effect at the working rolls,  
   - calculation of the rolling gap for the displaced state of the working rolls (1, 1') as well as calculation of the skew position and/or wedge shape of the rolling gap in the region of the strip width with presence of the profiles of the two working rolls (1, 1'),  
   - evaluation of the wedge shape of the rolling gap and the skew position thereof for the contact region ( $L_{Kont}$ ) between working rolls and backing rolls,  
   - recalculations of the ascertained wedge shapes for the corresponding effective regions linearly to the spacing of the adjustments or the bearing spacing ( $L_A$ ) and summation of the amount in correspondence with the following equation:

$$S = K_{WS} \cdot S_{WS} \cdot L_A / B + K_{AS} \cdot S_{AS} \cdot L_A / L_{Kont}$$

5 wherein:

B = strip width

$K_{WS}$  = weighting factor of the amount in the rolling gap

$K_{AS}$  = weighting factor of the effect between working roll and backing roll

$L_A$  = bearing spacing or spacing of the adjustments

$L_{Kont}$  = contact length between working roll and backing roll

S = pivot amount

$S_{WS}$  = skew position in the rolling gap

$S_{AS}$  = proportion of skew position between working roll and backing roll

- 10
- 15 2. Regulating method according to claim 1, **characterised in that** the form of the working rolls (1, 1') is not calculated, but measured on line and the pivot amount (S) and/or the corresponding roll displacement position is or are determined therefrom.
  - 20 3. Regulating method according to claim 1 or 2, **characterised in that** instead of pivotation of the roll set the analogous effect is realised by use of different working roll bending forces of the lefthand side and righthand side.
  - 25 4. Regulating method according to claim 3, **characterised in that** the pivot amount (S) determined on line or the difference bending force is set prior to the initial pass of the strip and in the case of need is varied over the strip length.
  - 30 5. Regulating method according to one of claims 1 to 4, **characterised in that** the calculable amount of the pivot angle ( $\alpha$ ) or the pivot amount (S) for compensation of non-uniform rolling conditions in the rolling gap between upper roll (1) and lower roll (1') of a working roll set (1, 1') is set at one of the rolls, preferably at the upper roll (1').
  - 35 6. Regulating method according to one of claims 1 to 5, **characterised in that** in order to assist the effect of the method a pivot amount (S) of a roll set (1, 1' or 2, 2') is undertaken at a stand, the working rolls (1, 1') or intermediate rolls (3, 3') of which are axially displaced relative to one another to a different extent by an amount U or U'.
  - 40 7. Regulating method according to claim 6, **characterised in that** the pivotation of the roll set onto the body region of the strip and the setting of different displacement positions are oriented more to the strip edge.
  - 45 8. Regulating method according to claim 7, **characterised in that** the displacement position is optimised in the first step and the pivot amount is fixed in the second step.
  - 50 9. Regulating method according to claim 6, 7 or 8, **characterised in that** different bending forces are set at the top and bottom or at the right and the left or the pivot amount (S) is corrected in order to take into consideration different elastic behaviours of the rolls of a roll set in the case of non-uniform displacement amounts.
  10. Regulating method according to one of claims 1 to 9, **characterised in that** for several strips of a rolling program the upper and lower working rolls are cyclically displaced to different extents for positive influencing of the wear pattern.
  11. Regulating method according to claim 10, **characterised in that** a larger displacement amplitude is set for the rolls with greater wear or greater thermal crown.
  12. Regulating method according to claim 11, **characterised in that** the difference amount between the two rolls for individual strips is so set in a predetermined permissible search range that the asymmetry is minimised primarily in the strip edge region.

55 **Revendications**

1. Procédé de régulation pour le laminage d'une bande dans une cage de laminage, comprenant au moins une paire

de cylindres de travail (1, 1'), des cylindres d'appui (2, 2') ainsi que selon le cas des cylindres intermédiaires, dans lequel, pour compenser une fente de laminage asymétrique suite au fonctionnement et pour améliorer l'avancement d'une bande, un des cylindres d'une série de cylindres de travail (1, 1') et/ou d'appui (2, 2') est pivoté d'une valeur angulaire ( $\alpha$ ), correspondant à une valeur de pivotement (S), par rapport au contre-cylindre, caractérisé en ce que la valeur de pivotement (S) est déterminée à l'aide des étapes de travail suivantes :

- . Mesure du bombement thermique ainsi que de l'état d'usure sur une paire de cylindres de travail (1, 1') pour différents programmes de laminage,
- . Adaptation du coefficient d'usure et évaluation des flux thermiques,
- . Calcul séparé du bombement thermique ainsi que de l'usure des cylindres de travail pour le cylindre de travail supérieur (1) et inférieur (1') dans des conditions en ligne, en tenant compte des conditions limites, telles que la largeur de la bande (B), le temps de laminage, le temps de pause, les positions de déplacement, l'effet de refroidissement sur les cylindres de travail,
- . Calcul de la fente de laminage pour l'état déplacé des cylindres de travail (1, 1') ainsi que calcul de la position en biais et/ou de la forme de coin de la fente de laminage dans la zone de la largeur de la bande lorsque ces formes existent pour les deux cylindres de travail (1, 1')
- . Evaluation de la forme de coin de la fente de laminage et de sa position en biais pour la zone de contact ( $L_{cont}$ ) entre les cylindres de travail et d'appui,
- . Conversion des formes de coin déterminées pour les zones actives correspondantes linéairement sur la distance des réglages ou la distance entre les paliers (LA) et addition de la valeur selon la relation suivante :

$$S = K_{ws} \cdot S_{ws} \cdot L_A/B + K_{AS} \cdot S_{AS} \cdot L_A/L_{Cont}$$

avec :

B :Largeur de bande

$K_{ws}$  :Facteur de pondération de la valeur dans la fente de laminage

$K_{AS}$  :Facteur de pondération de l'effet entre les cylindres de travail et les cylindres d'appui

LA :Distance entre les paliers ou distance des réglages

$L_{Cont}$  :Longueur du contact entre les cylindres de travail et les cylindres d'appui

S :Valeur de pivotement

$S_{ws}$  :Position en biais dans la fente de laminage

$S_{AS}$  :Proportion de position en biais entre les cylindres de travail et les cylindres d'appui

2. Procédé de régulation selon la revendication 1, caractérisé en ce que la forme des cylindres de travail (1, 1') n'est pas calculée, mais mesurée en ligne et qu'on en déduit la valeur de pivotement (S) et/ou la position de déplacement correspondante des cylindres.
3. Procédé de régulation selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'on réalise, au lieu d'un pivotement de la série de cylindres, l'effet analogue par l'utilisation de forces de flexion des cylindres de travail différentes du côté gauche et du côté droit.
4. Procédé de régulation selon la revendication 3, caractérisé en ce que la valeur de pivotement (S) déterminée en ligne ou la force de flexion différentielle est réglée avant la passe initiale de la bande et est si nécessaire modifiée sur la longueur de la bande.
5. Procédé de régulation selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la valeur calculable de l'angle de pivotement ( $\alpha$ ) ou de la valeur de pivotement (S) pour la compensation de conditions de laminage inégales entre le cylindre supérieur (1) et le cylindre inférieur (1') d'une série de cylindres de travail (1, 1') est réglée sur un des cylindres, de préférence sur le cylindre supérieur (1').
6. Procédé de régulation selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que pour soutenir l'effet du procédé, on réalise une valeur de pivotement (S) d'une série de cylindres (1, 1') ou (2, 2') sur une cage, dont les cylindres de travail (1, 1') ou les cylindres intermédiaires (3, 3') sont déplacés axialement l'un par rapport à l'autre d'une valeur différente U resp. U'.

7. Procédé de régulation selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** le pivotement de la série de cylindres est transmis sur la zone du corps de la bande et le réglage des différentes positions de déplacement est plus transmis sur les bords de la bande.
- 5      8. Procédé de régulation selon la revendication 7, **caractérisé en ce que**, dans la première étape, on optimise la position de déplacement et, dans la deuxième étape, on fixe la valeur de pivotement.
- 10     9. Procédé de régulation selon la revendication 6, 7 ou 8, **caractérisé en ce que**, pour tenir compte du comportement élastique différent des cylindres d'une série de cylindres, à des valeurs de déplacement différentes, on règle au-dessus et au-dessous resp. à droite et à gauche des forces de flexions différentes ou on corrige la valeur de pivotement (S).
- 15     10. Procédé de régulation selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que**, pour plusieurs bandes d'un programme de laminage, les cylindres de travail supérieurs et inférieurs sont déplacés cycliquement à une distance différente pour influencer positivement la forme d'usure.
- 20     11. Procédé de régulation selon la revendication 10, **caractérisé en ce qu'** on règle de préférence une amplitude d'usure plus grande pour des cylindres avec une usure plus élevée ou avec un bombement thermique plus élevé.
- 25     12. Procédé de régulation selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** la valeur différentielle entre les deux cylindres pour différentes bandes est réglée dans une zone de recherche autorisée prédéfinie de telle manière que l'asymétrie est essentiellement minimisée dans la zone des bords de la bande.

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

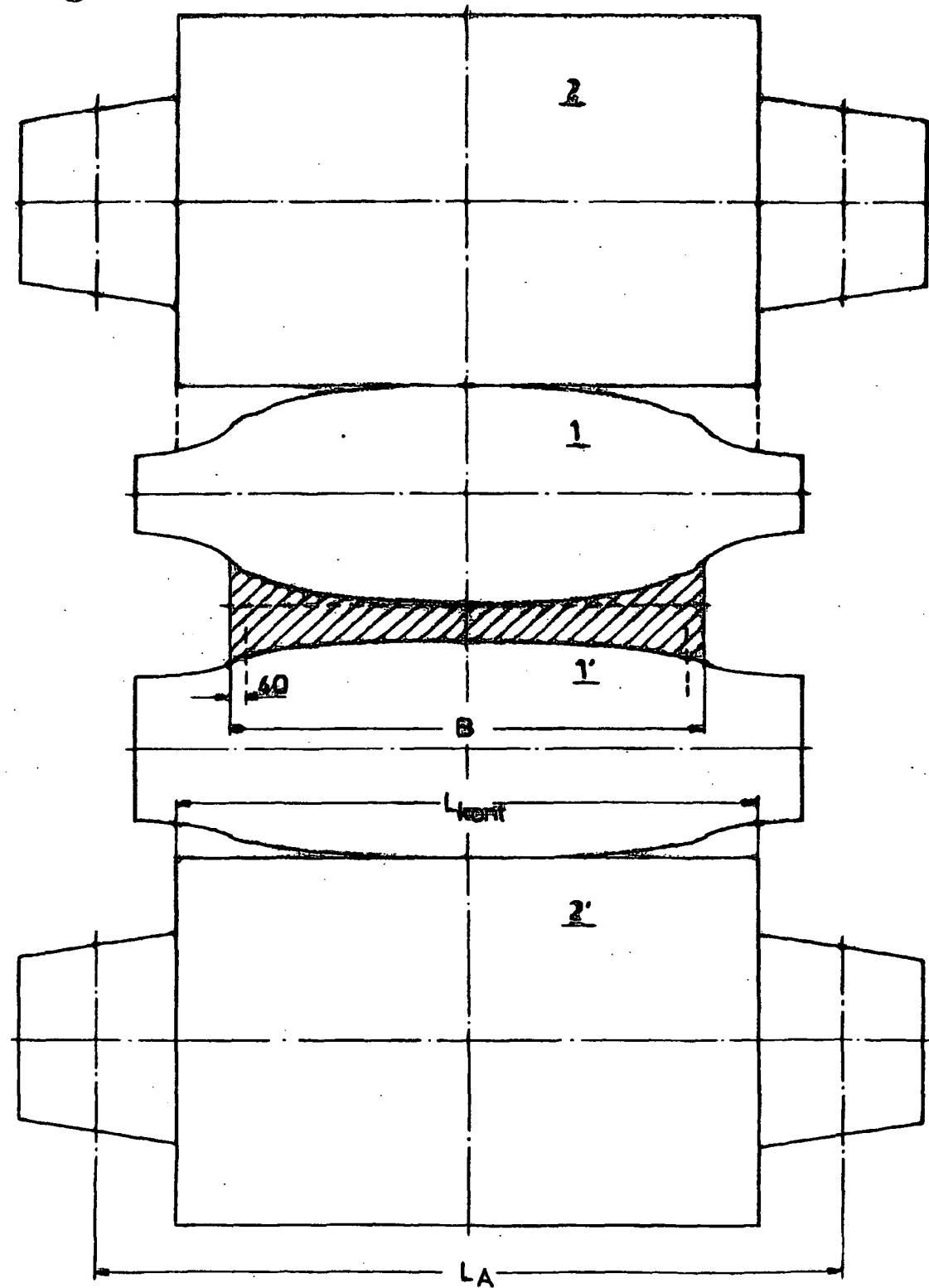
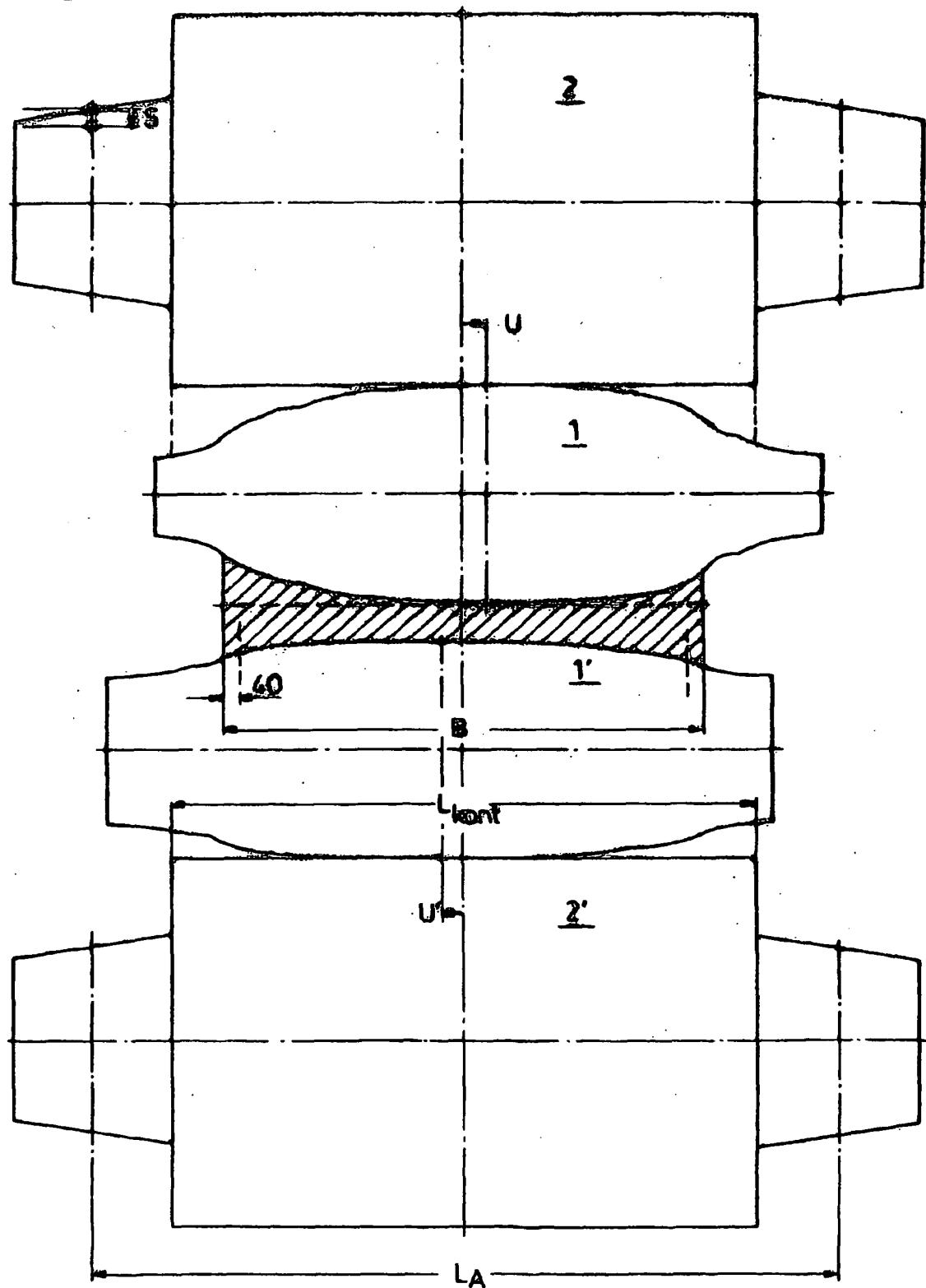
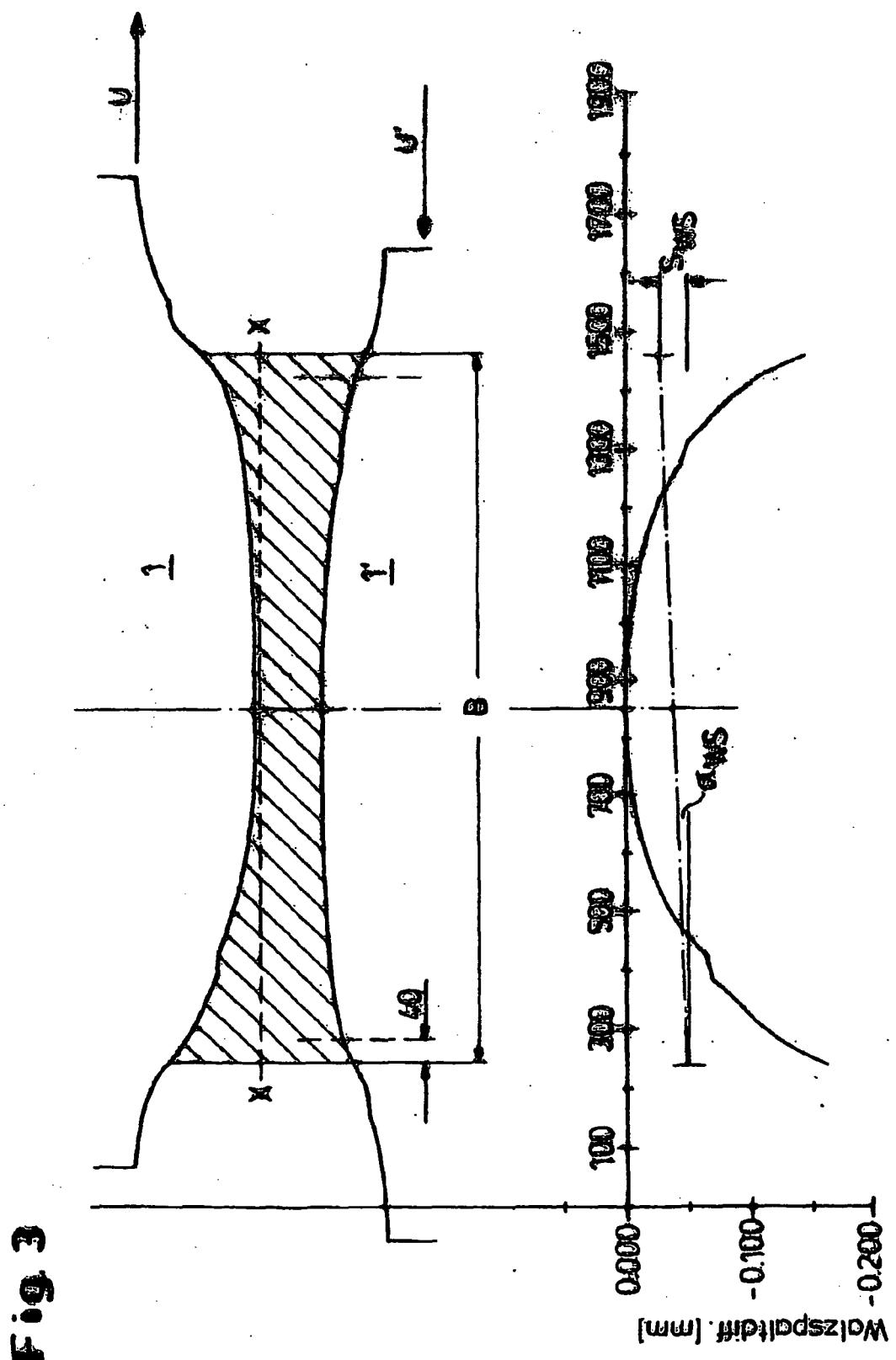
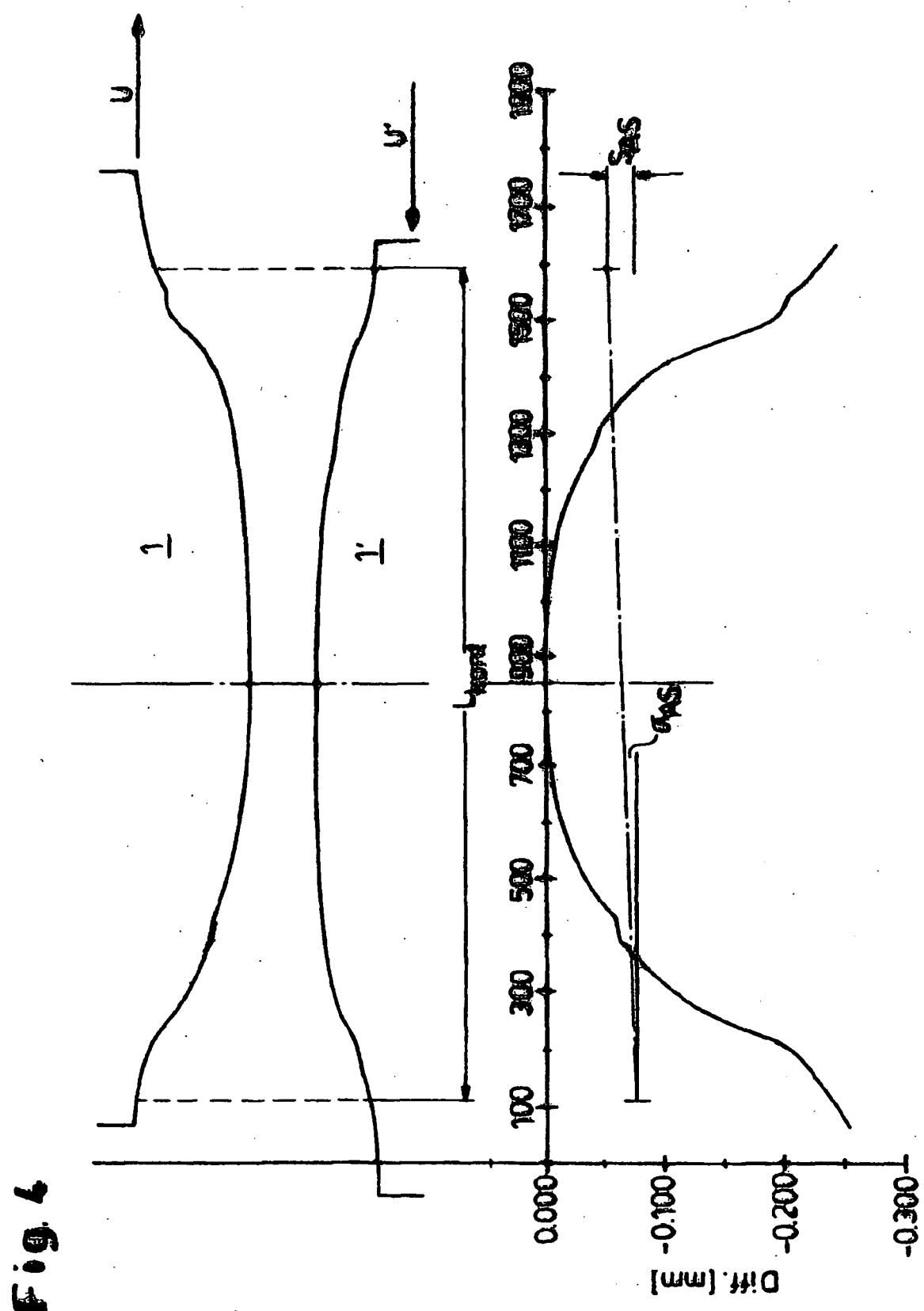
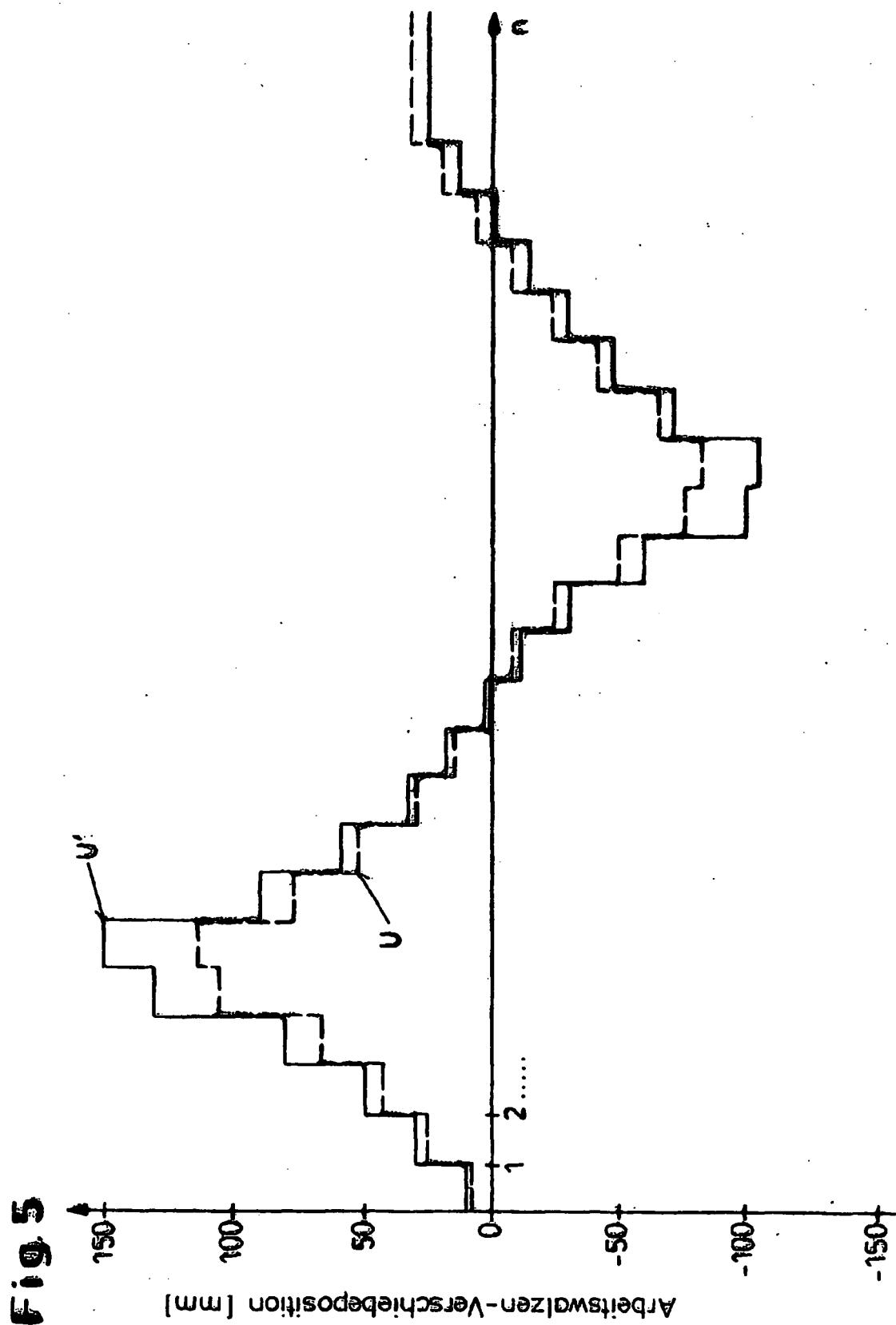


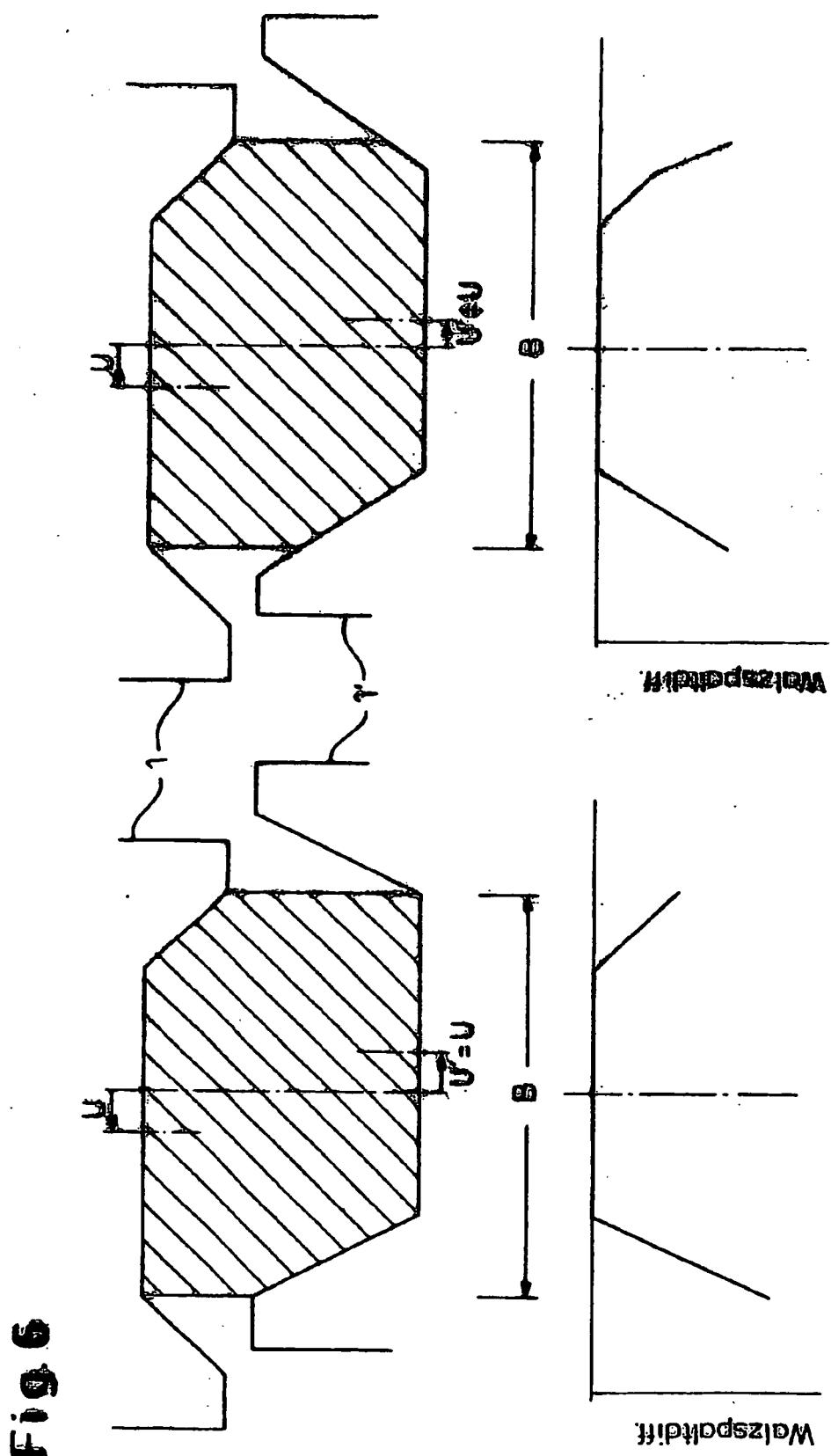
Fig. 2











**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 19618712 A1 [0005]
- JP 57202912 A [0007]
- WO 9519591 A [0008]
- EP 0618020 B1 [0022]
- EP 0850704 A1 [0022]