

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 188 493 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

20.03.2002 Patentblatt 2002/12(51) Int Cl.7: **B21B 37/68, B21B 37/28**(21) Anmeldenummer: **01120214.0**(22) Anmeldetag: **23.08.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

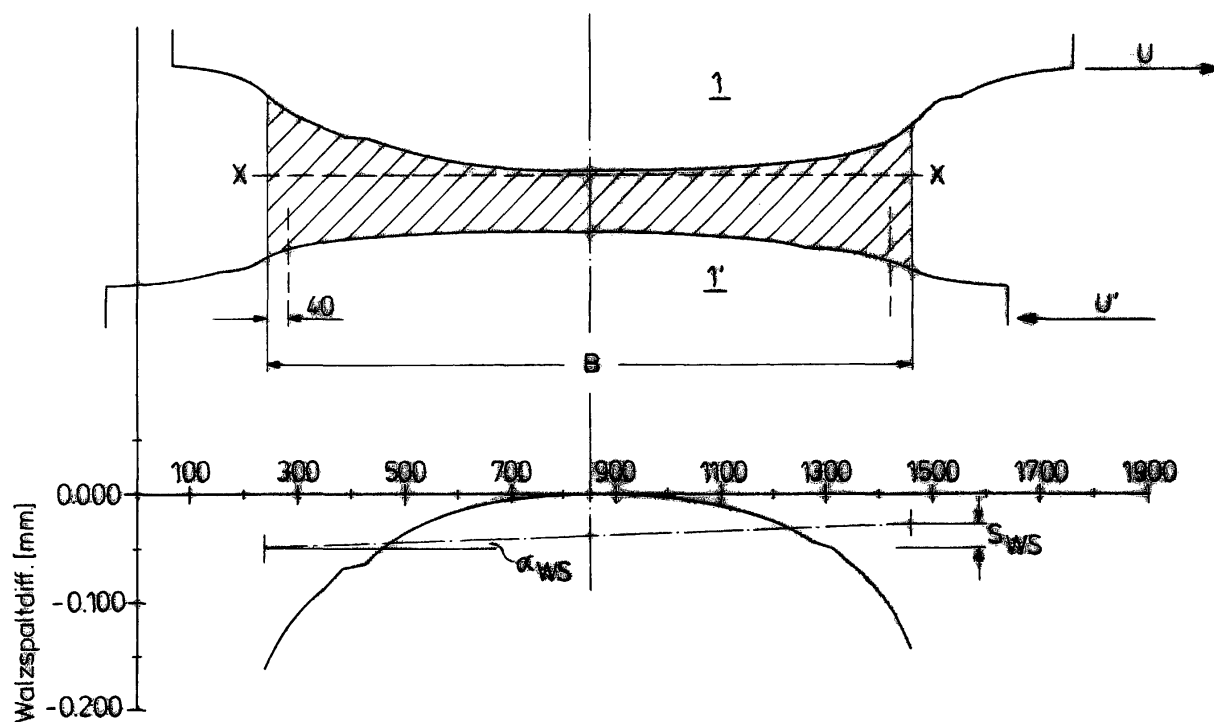
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL LT LV MK RO SI(30) Priorität: **13.09.2000 DE 10045259**(71) Anmelder: **SMS Demag AG****40237 Düsseldorf (DE)**(72) Erfinder: **Seidel, Jürgen****57223 Kreuztal (DE)**(74) Vertreter: **Valentin, Ekkehard, Dipl.-Ing.****Patentanwälte Hemmerich & Kollegen,
Hammerstrasse 2****57072 Siegen (DE)**(54) **Regelverfahren zum Walzen eines Bandes in einem Walzgerüst**

(57) Ein Regelverfahren zum Walzen eines Bandes in einem Walzgerüst, umfassend zumindest ein Paar Arbeitswalzen (1, 1'), Stützwalzen (2, 2') sowie fallweise auch Zwischenwalzen (3, 3') ist dadurch gekennzeichnet, dass 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 Winkelbetrag (α) relativ zur Gegenwalze geschwenkt wird. Zur Unterstützung der Wirkung des Verfahrens können die obere und untere Arbeitswalze unterschiedlich weit verschoben werden.

Fig. 3

EP 1 188 493 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Regelverfahren zum Walzen eines Bandes in einem Walzgerüst, umfassend zumindest ein Paar Arbeitswalzen, Stützwalzen sowie fallweise auch Zwischenwalzen.

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

[0008] Zur Lösung wird für den Fall, dass sich infolge äußerer Zwänge keine gleichen Bedingungen an Ober- und Unterwalze einstellen lassen, ein automatisches Schwenken des Walzensatzes vorgeschlagen, um diesen negativen Effekt zu kompensieren.

[0009] Dabei wird erfindungsgemäß so vorgegangen, dass zur Kompensation eines betriebsbedingt asymmetrischen Walzspaltes und zur Verbesserung des Bandlaufs eine der Walzen eines Walzensatzes von Arbeits- und/oder Stützwalzen um einen Winkelbetrag relativ zur Gegenwalze geschwenkt wird.

[0010] Eine Ausgestaltung des Verfahrens sieht vor, dass zur Kompensation ungleicher Walzbedingungen im Walzspalt zwischen Ober- und Unterwalze eines Arbeitswalzensatzes ein errechenbarer Betrag eines Schwenkwinkels α an einer der Walzen, bevorzugt an der Oberwalze, eingestellt wird.

[0011] Eine weitere Ausgestaltung sieht vor, dass ein Schwenkbetrag eines Walzensatzes, beispielsweise an einem Gerüst vorgenommen wird, dessen Arbeits- oder Zwischenwalzen axial verschoben sind.

[0012] 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.

[0013] Ein Regelverfahren nach der Erfindung entsprechend den vorhergehenden Merkmalen ist gekennzeichnet durch die im Anspruch 6 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, im Anspruch angegebene Beziehung.

[0014] Eine ergänzende Maßnahme, die Asymmetrie zu minimieren, besteht darin, die Ober- und Unterwalze unterschiedlich weit zu verschieben, so dass U ungleich ($\neq$) U' beträgt. Dies kann für mehrere Bänder eines Walzprogramms oder nur für ausgewählte Bänder erfolgen.

[0015] 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.

[0016] Beim Presetting für das jeweilige Band ist der Differenz-Schiebebetrag zwischen den beiden Walzen in einem vorgegebenen zulässigen Suchbereich so ein-

zustellen, dass die Asymmetrie vornehmlich im Bandkantenbereich minimiert wird.

[0017] 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.

[0018] Der Regelalgorithmus berücksichtigt auch das unterschiedliche elastische Verhalten bei unterschiedlichen Verschiebebeträgen an Ober- und Unterwalze, so dass diese zusätzlichen Einflüsse, z. B. durch unterschiedliche Biegekräfteniveaus, auf der rechten und linken Seite oder Schwenken kompensiert werden.

[0019] 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. Vorzugsweise wird zuerst die Verschiebeposition optimiert und im zweiten Schritt der Schwenkbetrag festgelegt.

[0020] Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachstehenden Erläuterung einiger in den Zeichnungen schematisch dargestellter Ausführungsbeispiele.

[0021] Es zeigen:

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,

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,

Fig. 5 eingestellte Verschiebepositionen an Ober- und Unterwalze in Abhängigkeit der Anzahl gewalzter Bänder,

Fig. 6 Arbeitswalzen-Verschiebepositionen und Walzspaltdifferenzen bei unterschiedlichen Verschiebestrategien.

[0022] Hierin bedeuten:

B : Bandbreite
 L_{Kont} : Kontaktlänge zwischen Arbeits- und Stützwalzen
 L_A : Lagerabstand/Abstand der Anstellung der Stützwalzen
 S : Schräglage/Schwenkbetrag

U : Arbeitswalzen-Verschiebung der Oberwalze
 U' : Arbeitswalzen-Verschiebung der Unterwalze (in Gegenrichtung)
 n : Anzahl der Bänder
 α : Schwenkwinkel

[0023] 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'.

[0024] 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 Schiebestandsänderung von Band zu Band (beispielsweise $U = 60$ 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.

[0025] Ziel der erfindungsgemäßen Maßnahmen ist es, die Bedingungen einer solchen Asymmetrie zu vermindern bzw. zu eliminieren. Lassen sich diese mit den bekannten Mitteln wie unterschiedliche Kühlung oder Walzspaltschmierung nicht reduzieren, so wird nach der Erfindung ein automatisches Schwenken des Walzensatzes vorgeschlagen, um den unerwünschten Effekt der Asymmetrie zu kompensieren.

[0026] 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.

[0027] 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 α_{WS} (Alpha) ergibt für den Bereich der Bandbreite B den erforderlichen Anteil des Schwenkbetrages " S_{WS} " im Walzspalt. Dieser Betrag lässt sich durch einfache Umrechnung auf den Abstand der Anstellungen hochrechnen.

[0028] 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".

[0029] 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 Verschiebebeträge (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.

[0030] 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.

[0031] 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 (3, 3'), **dadurch gekennzeichnet, dass** 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 Winkelbetrag (α) relativ zur Gegenwalze geschwenkt wird.
2. Regelverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Unterstützung der Wirkung des Verfahrens die obere (1) und untere Arbeitswalze (1') unterschiedlich weit verschoben werden.
3. Regelverfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Kompensation ungleicher Walzbedingungen im Walzspalt zwischen Ober- (1) und Unterwalze (1') eines Arbeitswalzensatzes (1, 1') ein errechenbarer Betrag des Schwenkwinkels (α) an einer der Walzen, bevor-

zugt an der Oberwalze (1'), eingestellt wird.

4. Regelverfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Schwenkbetrag (S) eines Walzensatzes (1, 1') bzw. (2, 2') an einem Gerüst vorgenommen wird, dessen Arbeits- (1, 1') oder Zwischenwalzen (3, 3') um einen Betrag U bzw. U' axial gegeneinander verschoben sind.
5. Regelverfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Schwenkbetrag (S) eines Walzensatzes (1, 1') bzw. (2, 2') an einem Gerüst vorgenommen wird, dessen Arbeits- (1, 1') oder Zwischenwalzen (3, 3') nicht verschoben sind.
6. Regelverfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schwenkbetrag (S) mit den 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,
- bei Vorliegen der Formen der beiden Arbeitswalzen (1, 1') Errechnen des Walzspaltes für den verschobenen Zustand der Arbeitswalzen (1, 1') sowie Schräglage und/oder Keilform des Walzspaltes im Bereich der Bandbreite,
- Auswerten der Keilform des Walzspaltes und dessen Schräglage im Kontaktbereich (K) 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:

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

Darin bedeuten:

- B : Bandbreite
 K_{WS} : Wichtungsfaktor des Betrages im Walzspalt
 K_{AS} : Wichtungsfaktor des Effekts zwischen Arbeits- und Stützwalze
 L_A : Lagerabstand bzw. Abstand der Anstel-

lungen
 L_{Kont} : Kontaktlänge zwischen Arbeits- und Stützwalze
 S : Schwenkbetrag
 S_{WS} : Schräglage im Walzspalt
 S_{AS} : Anteil Schräglage zwischen Arbeits- und Stützwalze

7. Regelverfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Form der Arbeitswalzen (1, 1') nicht errechnet, sondern online gemessen und daraus der Schwenkbetrag (S) oder/und die Walzenverschiebeposition nach dem erläuterten Schema bestimmt wird. 10
8. Regelverfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** anstelle einer Schwenkung des Walzensatzes die analoge Wirkung durch Einsatz unterschiedlicher Arbeitswalzenbiegekräfte der linken und rechten Seite realisiert wird. 20
9. Regelverfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der online ermittelte Schwenkbetrag bzw. die Differenzbiegekraft vor Anstich des Bandes eingestellt und bei Bedarf über die Bandlänge verändert wird. 25
10. Regelverfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** für mehrere Bänder eines Walzprogramms die obere und untere Arbeitswalze zur positiven Beeinflussung der Verschleißform zyklisch unterschiedlich weit verschoben werden. 30
11. Regelverfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** vorzugsweise für die Walze mit größerem Verschleiß bzw. größerem thermischen Crown eine größere Verschiebeamplitude eingestellt wird. 35
40
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. 45
13. Regelverfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** unterschiedliches elastisches Verhalten der Walzen eines Walzensatzes bei ungleichen Verschiebebeträgen oben und unten berücksichtigt werden. 50
14. Regelverfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** infolge ungleicher Verschiebebeträge durch diesen Effekt oben und unten bzw. rechts und links unterschiedliche Biegekräfte eingestellt werden bzw. der Schwenkbetrag (α) korri-

giert wird.

15. Regelverfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Maßnahmen der Ansprüche 1 und 2 miteinander kombiniert werden, in der Art, dass das Schwenken des Walzensatzes auf den Bodybereich des Bandes und das Einstellen unterschiedlicher Verschiebepositionen mehr auf die Bandkante ausgerichtet sind.
16. Regelverfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** im ersten Schritt die Verschiebeposition optimiert und im zweiten Schritt der Schwenkbetrag festgelegt wird.

Fig. 1

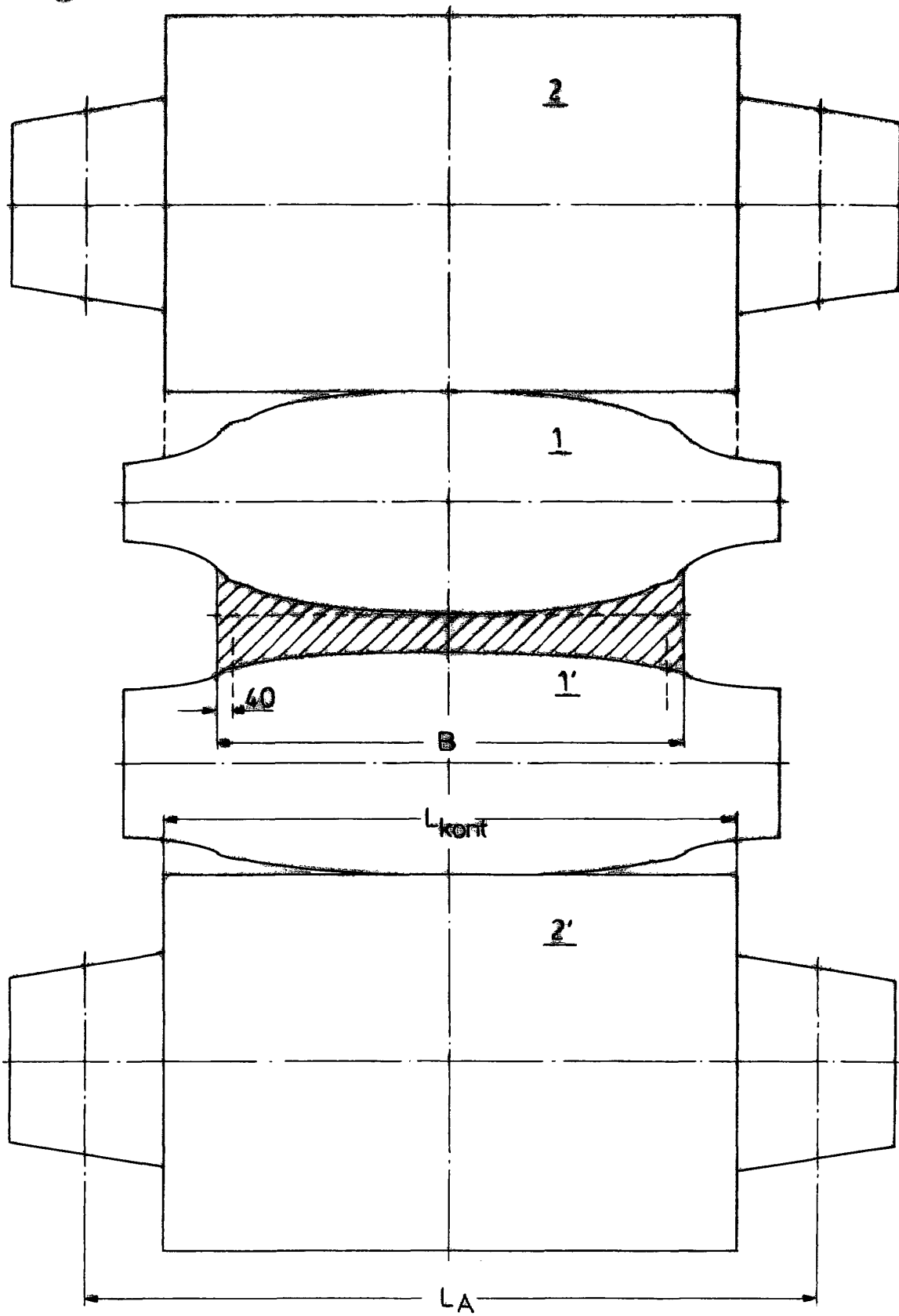


Fig. 2

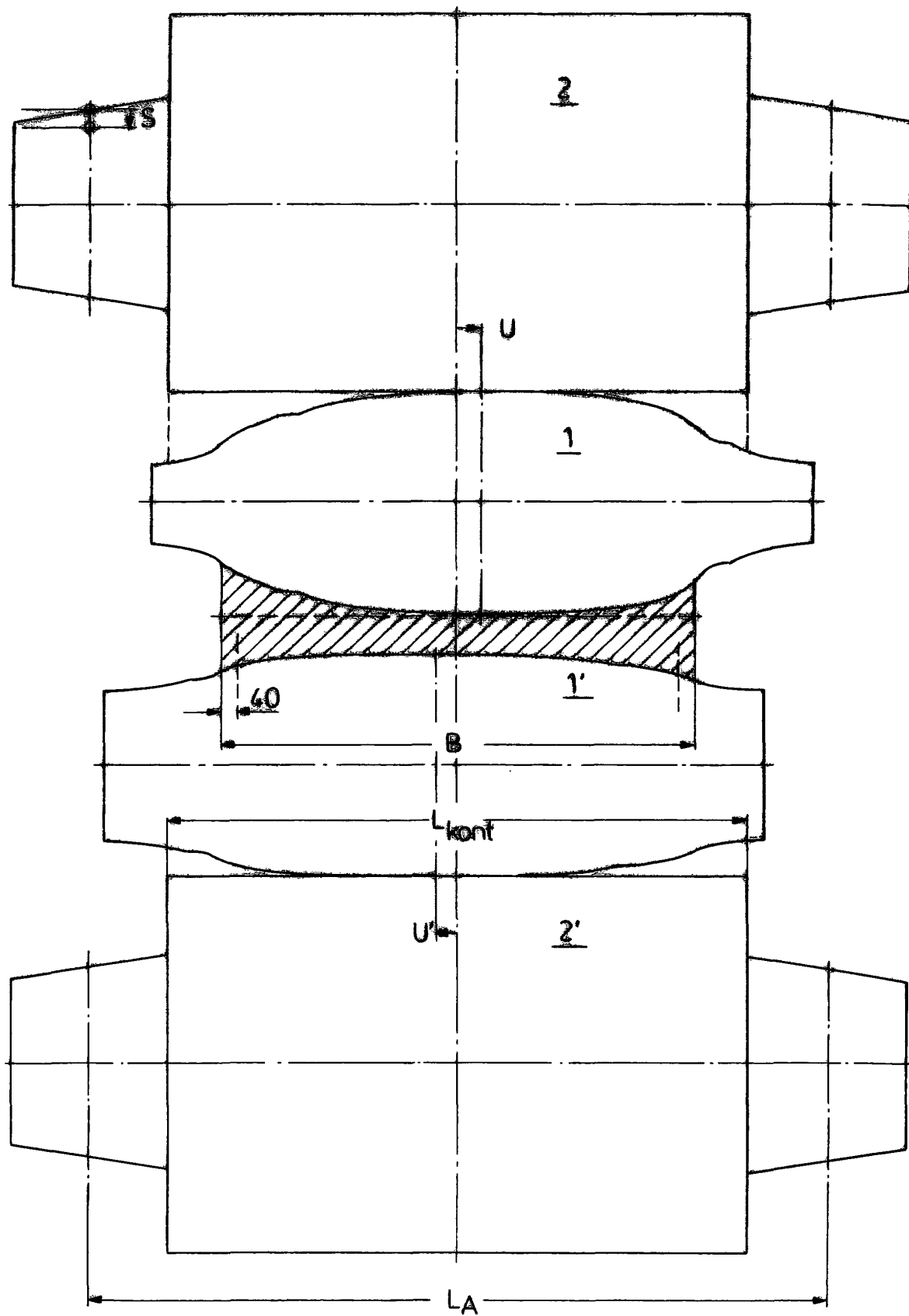


Fig. 3

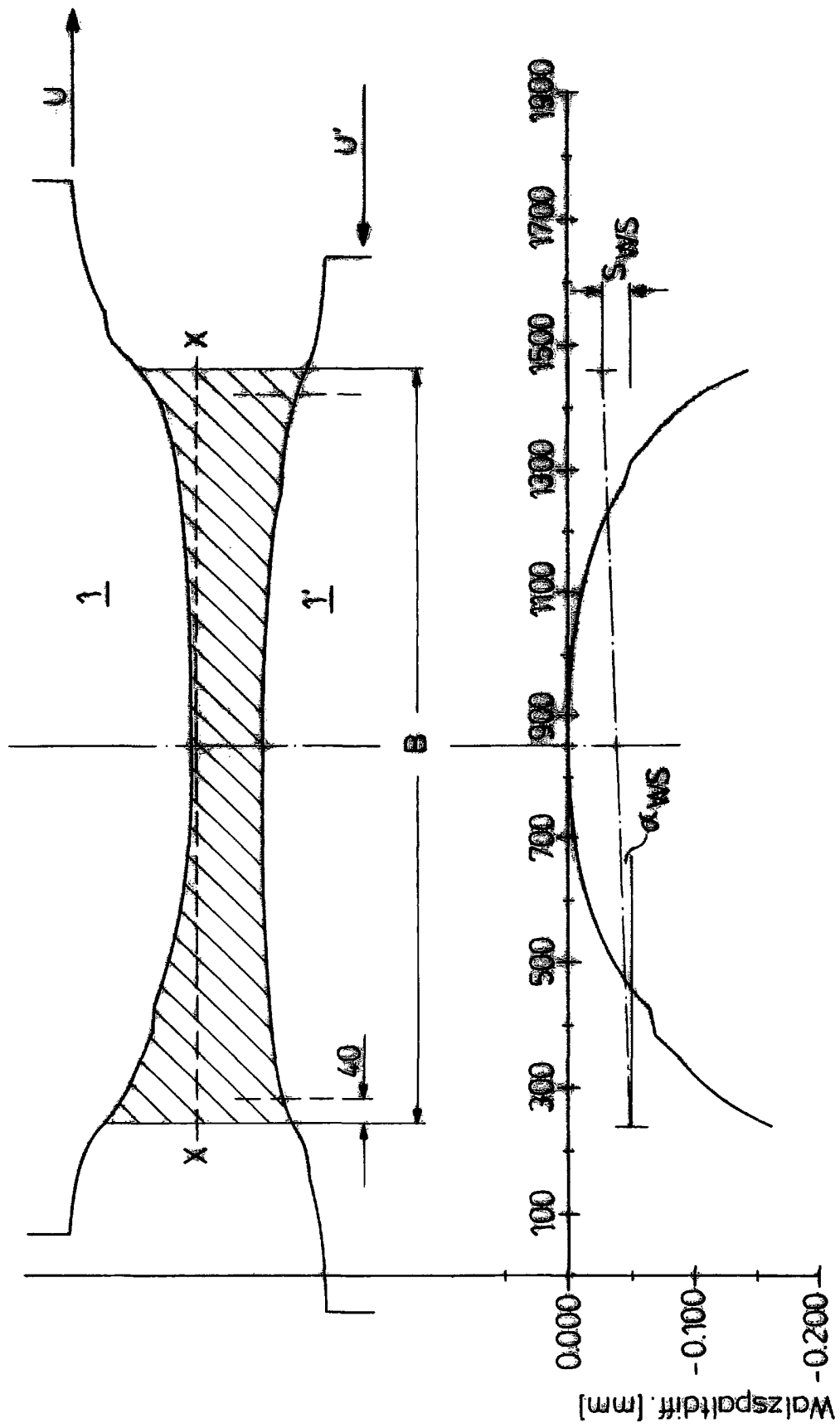
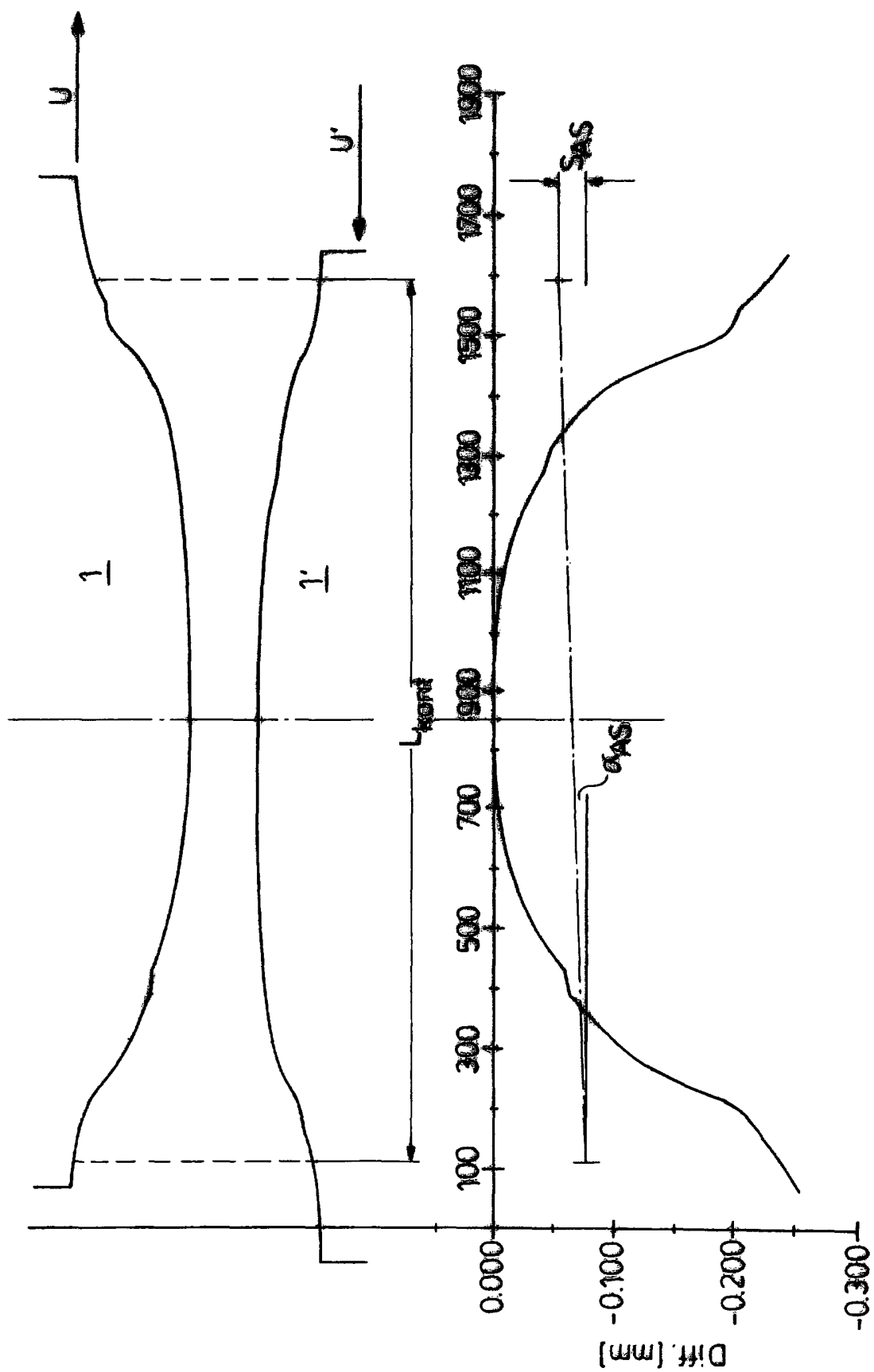


Fig. 4



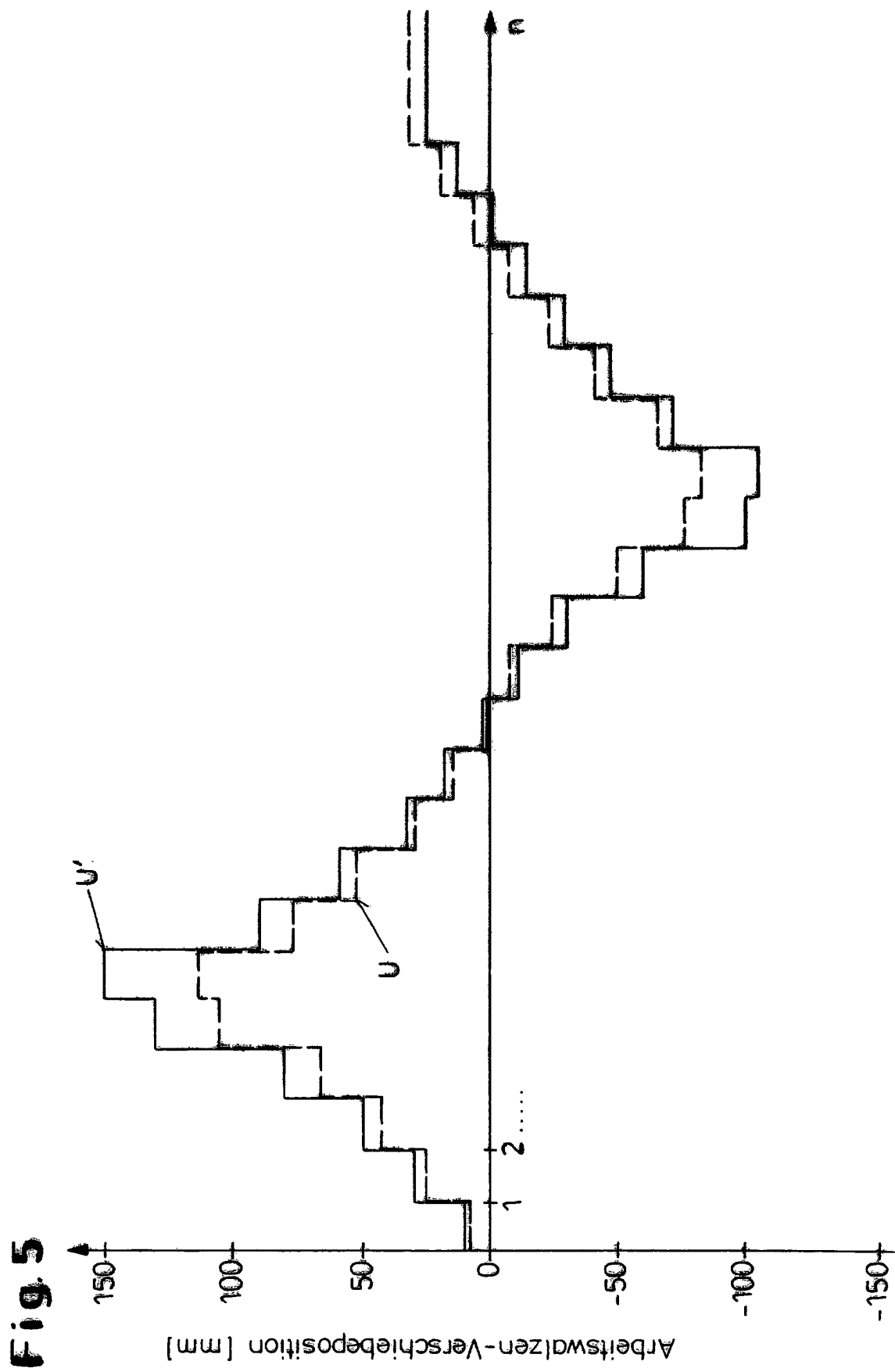


Fig 6

