(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 876 857 A2

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
11.11.1998 Patentblatt 1998/46

(51) Int. Cl.[6]: **B21B 37/40**

(21) Anmeldenummer: **98108139.1**

(22) Anmeldetag: **05.05.1998**

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

(30) Priorität: **08.05.1997 DE 19719318**

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

(72) Erfinder:
- **Rosenthal, Dieter**
  57572 Niederfischbach (DE)
- **Seidel, Jürgen**
  57223 Kreuztal (DE)

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

(54) Verfahren zur Beeinflussung der Bandkontur im Kantenbereich eines Walzbandes

(57) Ein Verfahren zur Beeinflussung der Bandkontur im Kantenbereich eines Walzbandes, bei dem durch Überlagerung eines konventionellen CVC-Schliffes der störende Nebeneffekt einer einseitig verjüngten Walze auf den Bodybereich des Walzspaltes kompensiert wird, ist dadurch gekennzeichnet, dass als Arbeitswalzen (1, 2) Sonder-CVC-Walzen verwendet und deren Crown mit Hilfe einer Offline-Berechnung bestimmt wird.

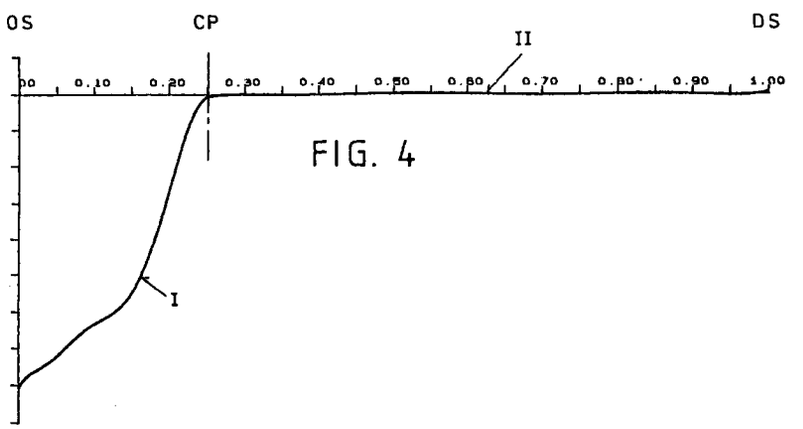

FIG. 4

EP 0 876 857 A2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Beeinflussung der Bandkontur im Kantenbereich eines Walzbandes, bei dem durch Überlagerung eines konventionellen CVC-Schliffes der störende Nebeneffekt einer einseitig verjüngten Walze auf den Bodybereich des Walzspaltes kompensiert wird.

Die bekannte Tapered-Walze mit einseitigem Konus dient beim Walzen von flachen Bändern der Beeinflussung der Bandkontur im Kantenbereich eines Walzbandes. Infolgedessen wird der Tapered-Bereich der Arbeitswalze in der Nähe der Bandkante positioniert, derart, dass er dieser folgt.

Insbesondere in einem Warmwalzprogramm werden Bänder unterschiedlicher Breiten gewalzt und die Walzprogramme zunehmend freier zusammengestellt. Auch für den Einsatz in einer Kaltstraße wird angestrebt, möglichst nur einen Walzentyp für unterschiedliche Walzgutbreiten und Walzbedingungen einzusetzen.

Beim Einsatz der bekannten Tapered-Walze ergeben sich Randbedingungen bei verschiedenen Breiten, wobei das verjüngte Walzenende mehr oder weniger weit unter die Stützwalze geschoben wird, während die Stützwalze unverändert in ihrer horizontalen Position bleibt. Durch den unterschiedlichen Kraftschluss zwischen Arbeits- und Stützwalze in axialer Richtung ändern sich Lastverteilung sowie Abplattungen zwischen Stütz- und Arbeitswalze sowie das Durchbiegeverhalten des Walzensatzes und beeinflussen somit das Profil des Walzspaltes. Damit ergeben sich beim Walzgut unerwünschte Profilformen und Unplanheiten. Hinzu kommt, dass durch andere Einflussgrößen (Walzkraft, thermischer Crown etc.) das elastische Verhalten des gesamten Walzensatzes zusätzlich beeinflusst wird.

Um die Bandqualität bzw. Bandplanheit sicherzustellen, müssen daher zusätzliche Stellglieder, wie Arbeitswalzenbiegung oder Walzkraftumverteilung, eingesetzt werden. Häufig reichen jedoch diese beim Stand der Technik bekannten Maßnahmen nicht aus, um erhöhte Anforderungen insbesondere hinsichtlich der Planheit auch unter extremen Randbedingungen erfüllen zu können. Diese bestehen bei der Erzeugung von Warmband insbesondere darin, Walzprogramme flexibler zusammenstellen zu können, wobei neben größeren Dicken und Materialumstellungen vor allem Breitensprünge in Richtung schmal und breit gewünscht werden (mixed-rolling).

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

Nach der EP 0 276 743 B1 ist es bekannt, zum Steuern der Balligkeit und/oder des Kantenabfalls von Walzband die horizontale Verschiebung der Arbeitswalzen sowie die auf diese wirkenden Biegekräfte einer an der Aufstromseite befindlichen Gruppe von Walzgerüsten eines Tandemwalzwerks nach Maßgabe der Walzbedingungen einschließlich der Breite der Bänder einzustellen.

Aus der DE 22 06 912 C3 ist ein Vorschlag bekannt, bei Sexto-Gerüsten die Zwischenwalzen in Anpassung an die Walzgutbreite so verstellbar auszubilden, dass ein Ende des wirksamen Walzenballens der oberen Zwischenwalze im Bereich der einen Walzgutkante, und das gegenüberliegende Ende des wirksamen Walzenballens der unteren Zwischenwalze im Bereich der unteren Walzgutkante liegt, wodurch jede Arbeitswalze ein vom Andruck der zugehörigen Zwischenwalze freies Endteil erhält und Walzenbiegevorrichtungen an den Enden der Arbeitswalzen angreifen. Die Walzen sind dabei in konventioneller Weise symmetrisch ballig geschliffen bzw. es sind Walzenbiegevorrichtungen vorgesehen. Ein Endteil der Zwischenwalzen ist in einem relativ kurzen Teil konisch verjüngt ausgebildet, mit dem Nachteil einer sprunghaften Änderung der Lastverteilung im Bereich des Überganges vom wirksamen Walzendurchmesser in die Konizität.

Aus der DE 22 60 256 C2 ist ein Walzgerüst mit Einrichtungen zur gegensinnigen Axialverschiebung der Arbeitswalzen bei Änderungen der Walzgutbreite bekannt, damit jeweils ein Ende der Arbeitsfläche einer Arbeitswalze zwischen einer Walzgutkante und dem Ende der zugeordneten Stützwalze gehalten ist. Darüber hinaus sind auch Zwischenwalzen vorgesehen, wobei die obere Zwischenwalze in der gleichen Richtung wie die untere Arbeitswalze und die untere Zwischenwalze in der gleichen Richtung wie die obere Arbeitswalze verschiebbar ist. Auch hier ist wiederum nur eine konische Verjüngung der Enden der Zwischenwalzen vorgesehen, mit der vorgenannten nachteiligen Wirkung.

Ausgehend vom aufgezeigten Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, mit dem eine Walzenform bestimmt wird, bei der der Einfluss einer Axialverstellung einer Walze mit verjüngtem Ende auf das elastische Verhalten des Walzensatzes im Sinne einer unerwünschten Änderung des Body-Walzspaltes kompensiert werden kann, ohne dass es hierzu kostenträchtiger Einrichtungen oder Maßnahmen bedarf.

Die Lösung der Aufgabe gelingt mit der Erfindung bei einem Verfahren der im Oberbegriff von Anspruch 1 genannten Art dadurch, dass als Arbeitswalzen Sonder-CVC-Walzen zur Beeinflussung der Bandkontur im Kantenbereich verwendet werden.

Unter einer Sonder-CVC-Walze zur Beeinflussung der Bandkontur im Kantenbereich wird im Sinne der Erfindung eine Walze mit einer Profilierung verstanden, die ausgehend von einem verjüngten Ende mit stetigem Verlauf übergehende Durchmesserdifferenzen einer Continuously Variable Crown (CVC) aufweist, welche nach der Erfindung ein solches Profil in axialer Richtung aufweist, dass bei ihrer Axialverschiebung der ausgelöste unerwünschte Anteil des

Effektes der konischen Verjüngung, d.h. Änderung des elastischen Verhaltens des Walzensatzes kompensiert wird, und zwar bevorzugt mindestens in solchem Umfange, dass zusätzliche übliche Stellglieder und Maßnahmen wie Umverteilung der Walzkraft oder Walzenbiegung ausreichen, um die gewünschte Geometrie des Walzspaltes über einen weiten Bereich eines Walzprogrammes aufrechterhalten zu können, mit dem Endziel, unerwünschte Profilformen und Unplanheiten zu vermeiden.

Durch den Einsatz dieser Sonder-CVC-Walze werden die eingangs geschilderten Schwierigkeiten, insbesondere beim Walzen eines Programms mit unterschiedlich breiten Walzbändern, wesentlich gemildert.

In Abhängigkeit von einem Walzprogrammaufbau, wie er beispielsweise aus dem angefügten Diagramm der Figur 3.1 ersichtlich ist, ergeben sich zwangsläufig die erforderlichen Schiebepositionen nach Figur 3.2, und zwar deshalb, weil der verjüngte Bereich der Arbeitswalze stets der Bandkante folgt.

Nach der Erfindung lassen sich mit Hilfe einer Offline-Berechnung die Auswirkungen des Effektes der konischen Verjüngung zwischen Stütz- und Arbeitswalze errechnen. Weiterhin ist der dazu gehörige Arbeitswalzencrown zum Kompensieren dieses Effektes ermittelbar. Dieser kann unterschiedlichen Bandbreiten bzw. verschiedenen Schiebepositionen nach der Offline-Berechnung zugeordnet werden. Diese Berechnung erfolgt nach der Gleichung:

$$K_1(B) \cdot \blacktriangle D(SPOS)/2 = K_2(B) \cdot \blacktriangle AW\text{-}Crown(B)$$

Durch Gleichsetzen der Wirkung des Effektes der konischen Verjüngung und der Wirkung des Arbeitswalzen-Crowns ergibt sich der für unterschiedliche Bandbreiten erforderliche AW-Crown:

$$\blacktriangle AW\text{-}Crown(B) = \frac{K_1(B)}{K_2(B)} \cdot \frac{\blacktriangle D(SPOS)}{2}$$

mit:

▲D(SPOS): Durchmesserdifferenz der einseitig verjüngten Walze nach Fig. 4 im Bereich des Arbeits-/Stützwalzenkontaktes

$K_1(B)$: Differenzquotient für die Wirkung des Effektes der konischen Verjüngung zwischen Stütz- und Arbeitswalze

$K_2(B)$: Differenzquotient für den Arbeitswalzen-Crown.

Eine Ausgestaltung des Verfahrens nach der Erfindung sieht vor, dass zusätzlich zur Kompensation des Effektes der konischen Verjüngung weitere von der Breite des Walzgutes und den zuordenbaren Schiebepositionen der Arbeitswalzen abhängige Effekte, die aus dem Walzprogramm resultieren, wie Zielprofil des Walzgutes, Dicke und Festigkeit, sowie das resultierende Walzkraftniveau, berücksichtigt werden.

Weiter sieht das Verfahren vor, dass durch Addition beider Effekte der zu ihrer Kompensation erforderliche Gesamt-CVC-Offset der Arbeitswalze ermittelt wird.

Und schließlich sieht das Verfahren nach der Erfindung vor, dass die Form der Sonder-CVC-Walze mit den folgenden Arbeitsschritten entwickelt wird:

- Wahl des verjüngten Anteils der Arbeitswalze,
- Bestimmung des CVC-Offsets gemäß Anspruch 2 bis 4 und Darstellung der Ergebnisse in Form zweier graphischer Diagramme,
- Bildung der graphischen Summe aus beiden Diagrammen,
- Optimierung des Keilanteils des Gesamt-Walzenschliffes bzw. der Durchmesserdifferenz der Arbeitswalze in einer für deren Einsatz zu schleifenden Form.

Der Einsatz dieser Sonder-CVC-Walze wirkt sich positiv auf das Gerüstverhalten sowie den Bandlauf aus. Die Arbeitswalzenbiegung bleibt im zulässigen Bereich und wird von Presetting-Aufgaben mindestens größtenteils entla-

stet und steht somit zur Online-Regelung zur Verfügung, was auch die Bandqualität positiv beeinflusst.

Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den nachstehenden Zeichnungen von Ausführungsbeispielen und deren Erläuterung.

Es zeigen:

Fig. 1 einen unbelasteten Walzensatz mit je zwei Arbeits- und Stützwalzen bei einer Walzbreite B_2,

Fig. 2 einen unbelasteten Walzensatz gemäß Fig. 1, jedoch mit einer schmaleren Walzbreite B_1,

Fig. 3.1 ein Walzprogramm mit unterschiedlichen Breitenstufen über einer Anzahl von Coils,

Fig. 3.2 ein Diagramm von Schiebepositionen für verschiedene Bandbreiten,

Fig. 3.3 ein Diagramm des erforderlichen AW-Crowns zur Kompensation des Effektes der konischen Verjüngung zwischen Arbeits- und Stützwalzen,

Fig. 3.4 Kennlinien für einen optimalen CVC-Offset,

Fig. 4 ein Profil des verjüngten Anteils einer oberen Arbeitswalze,

Fig. 5 die Form eines CVC-Offsets,

Fig. 6 ein Profil aus Summe von verjüngtem Anteil und CVC-Offset,

Fig. 7 ein Profil aus der Summe von verjüngtem Anteil und CVC-Offset nach Optimierung des Keilanteils des Gesamt-Walzenschliffs.

Die Figuren 1 und 2 zeigen unbelastete Walzensätze in unterschiedlichen Schiebepositionen (SPOS), wobei die Verjüngungen der Arbeitswalzen (1, 2) auf die Walzbandränder ausgerichtet sind. Es ist erkennbar, dass die Nalzenverschiebung lediglich die Arbeitswalzen (1, 2) betreffen, nicht jedoch die Stützwalzen (3, 4).

Figur 3.1 zeigt einen Walzprogrammaufbau über einer Anzahl von Coils mit Breiten zwischen B_1 und B_2, entsprechend den Figuren 1 und 2, wobei die Ordinate die Breite angibt und die Abszisse die Coilanzahl.

Die zugehörigen Schiebepositionen für die verschiedenen Bandbreiten sind in der Figur 3.2 in Form eines Diagrammes dargestellt. Die Schiebepositionen auf der Ordinate ergeben sich zwischen maximal plus $SPOS_{max}$ und maximal minus $SPOS_{min}$, gemessen von der Nulllinie. Diese umfassen Breiten des Walzbandes zwischen B_1 und B_2.

Der zugeordnete erforderliche Arbeitswalzencrown (AW-Crown) auf der Ordinate, um die Wirkung des Effektes der konischen Verjüngung zwischen Arbeitswalze (AW) und Stützwalze (STW) auf den Walzspalt zu kompensieren, ist als Diagramm in Figur 3.3 dargestellt, und zwar für Walzgutbreiten zwischen B_1 und B_2 (Abszisse).

Figur 3.4 zeigt Kennlinien für den CVC-Offset, um den Effekt der konischen Verjüngung zwischen Arbeitswalzen (1, 2) und Stützwalzen (3, 4) zu kompensieren. Die Ordinate stellt dabei den Arbeitswalzencrown und die Abszisse die Arbeitswalzen-Schiebeposition dar. Die obere Kennlinie mit dem Kennzeichen A bezieht sich ausschließlich auf den erforderlichen CVC-Offset zur Kompensation des Effekts der konischen Verjüngung zwischen AW und STW allein. Die untere Kennlinie mit der Bezeichnung B kennzeichnet den optimalen Gesamt-CVC-Offset unter Berücksichtigung zusätzlicher Einflussgrößen entsprechend Anspruch 3 und 4.

Figur 4 kennzeichnet im Diagramm von Teil I das erforderliche Profil der oberen Arbeitswalze (1) mit dem verjüngten Anteil zwischen Walzenende und dem Cut-Point (CP). Die Kontur in dem Bereich II verläuft vergleichsweise flach. Der Cut-Point (CP) wird abhängig vom Breitenaufbau eines Walzprogrammes bzw. Breiten-Einsatzbereiches festgelegt. Die Steilheit des verjüngten Bereiches ergibt sich insbesondere aus der äußersten Walzkraft und der Banddicke des jeweiligen Gerüstes. Mit OS ist die Bedienungsseite und mit DS die Antriebsseite der Walze bezeichnet. Auf der Ordinate ist das Walzenprofil bezogen auf den Walzendurchmesser angegeben; die Abszisse gibt die dimensionslose Länge der Walze an.

Figur 5 zeigt die Form eines CVC-Offsets mit einem Stellbereich für den Arbeitswalzen-Crown zwischen $CRA(SPOS_{min})$ und $CRA(SPOS_{max})$ entsprechend der Kennlinie B in Fig. 3.4. Die gezeigte Kurve bezieht sich ausschließlich auf die CVC-Kontur (Achsenangaben wie Fig. 4).

Figur 6 zeigt ein Profil, das sich aus der Summe des verjüngten Anteils und des CVC-Offset zusammensetzt. (Achsenangaben wie Fig. 4).

Figur 7 zeigt die Profilkurve mit den Anteilen I vor und II nach dem Cut-Point (CP), und zwar als Summe von verjüngtem Anteil und CVC-Offset nach Optimierung des Body-Keilanteils. (Achsenangaben wie Fig. 4).

Patentansprüche

1. Verfahren zur Beeinflussung der Bandkontur im Kantenbereich eines Walzbandes, bei dem durch Überlagerung eines konventionellen CVC-Schliffes der störende Nebeneffekt einer einseitig verjüngten Walze auf den Bodybereich des Walzspaltes kompensiert wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Arbeitswalzen (1, 2) Sonder-CVC-Walzen verwendet und deren Crown mit Hilfe einer Offline-Berechnung bestimmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zur Kompensation des Effektes der konischen Verjüngung nach Maßgabe unterschiedlicher Walzbandbreiten und diesen zuordenbaren Schiebepositionen der Arbeitswalzen (1, 2) erforderliche Crown nach der Gleichung

$$K_1(B) \cdot \blacktriangle D(SPOS)/2 = K_2(B) \cdot \blacktriangle AW\text{-}Crown(B)$$

errechnet wird, wobei durch Gleichsetzen der beiden Effekte sich der für unterschiedliche Bandbreiten erforderliche AW-Crown ergibt:

$$\blacktriangle AW\text{-}Crown(B) = \frac{K_1(B)}{K_2(B)} \cdot \frac{\blacktriangle D(SPOS)}{2}$$

mit:

$\blacktriangle D(SPOS)$: Durchmesserdifferenz der einseitig verjüngten Walze nach Fig. 4 im Bereich des Arbeits-/Stützwalzenkontaktes

$K_1(B)$: Differenzquotient für die Wirkung des Effektes der konischen Verjüngung zwischen Stütz- und Arbeitswalze

$K_2(B)$: Differenzquotient für den Arbeitswalzen-Crown.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass zusätzlich zur Kompensation des Kanten-Effektes weitere von der Breite des Walzgutes und den zuordenbaren Schiebepositionen der Arbeitswalzen (1, 2) abhängige Effekte, die aus dem Walzprogramm resultieren, wie Zielprofil des Walzgutes, Dicke und Festigkeit, sowie das resultierende Walzkraftniveau, berücksichtigt werden.

4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch Addition beider Effekte der zu ihrer Kompensation erforderliche Gesamt-CVC-Offset ermittelt wird.

5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Form der Sonder-CVC-Walze mit den folgenden Arbeitsschritten entwickelt wird:

   - Wahl des verjüngten Anteils der Arbeitswalze (1, 2), abhängig vom Breitenaufbau eines Walzprogramms sowie erwarteter Walzkräfte, Banddicken etc.
   - Bestimmung des CVC-Offsets gemäß Anspruch 2 bis 4 und Darstellung der Ergebnisse in Form zweier graphischer Diagramme,
   - Bildung der graphischen Summe aus beiden Diagrammen,
   - Optimierung des Keilanteils der Gesamt-Walzenkontur bzw. der Durchmesserdifferenz der Arbeitswalze (1, 2) in der für deren Einsatz zu schleifenden Form.

6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die ermittelte Form der Walze aus einem konventionellen CVC-Anteil und einem Sonder-Anteil besteht und mit Hilfe von Polynomfunktionen jeweils für die Bereiche I und II beschrieben wird, wobei an dem Punkt CP ein stetiger Übergang im Funktionswert und Steigung zwischen den beiden Polinomfunktionen besteht.

7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Walze durch Vergabe einer Punktfolge von Längen- und Durchmesserkoordinaten beschrieben wird.

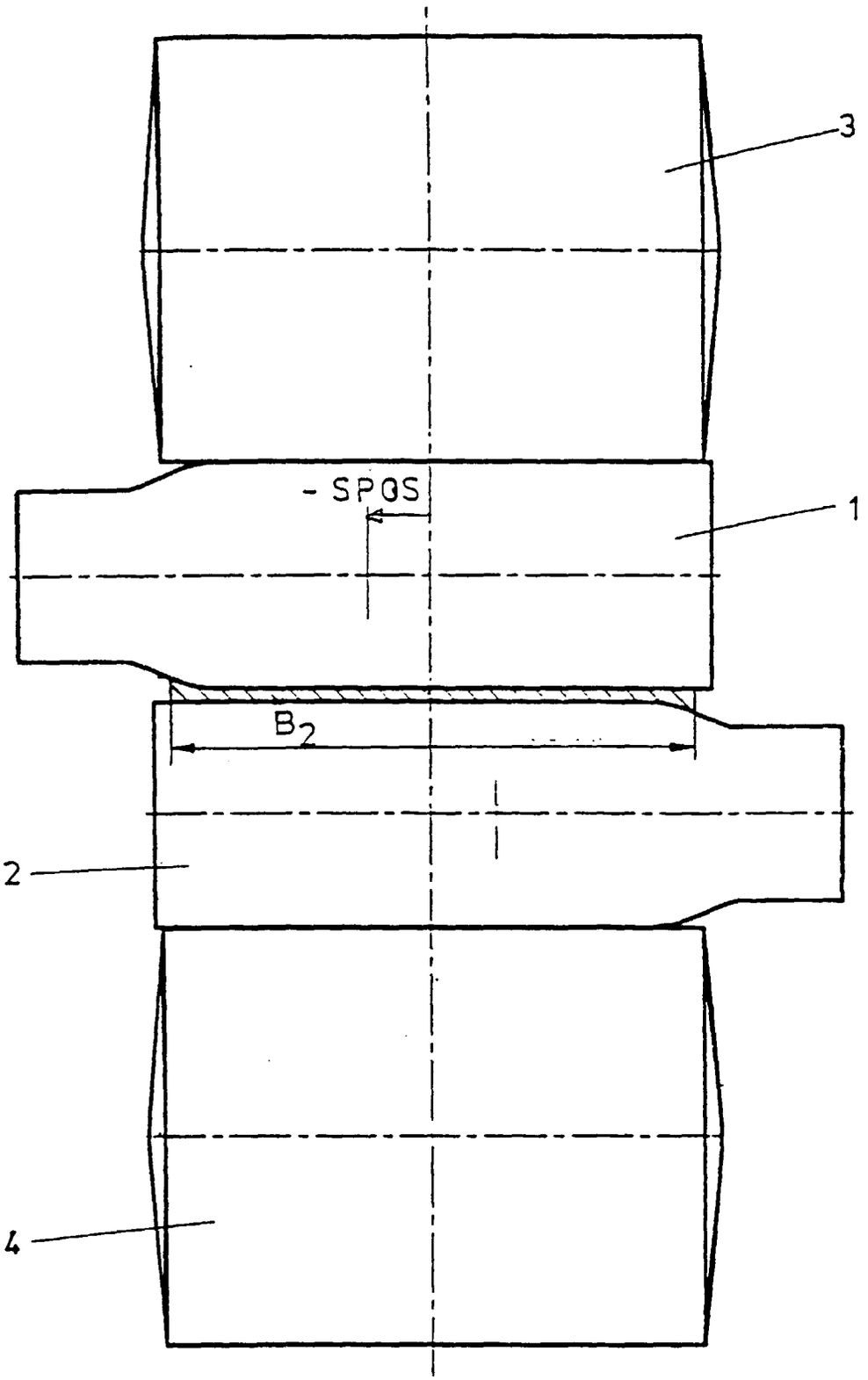

FIG. 1

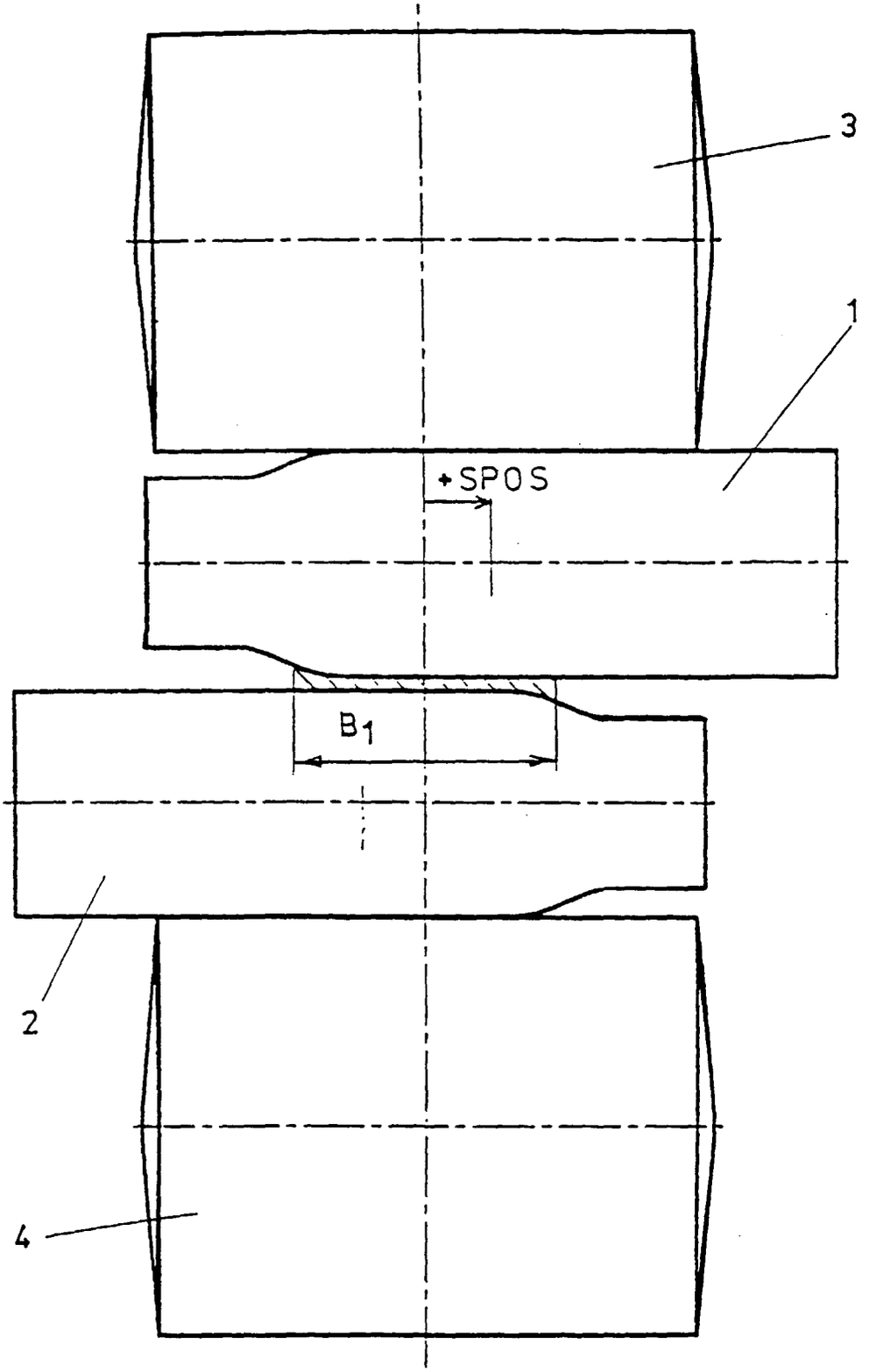

FIG. 2

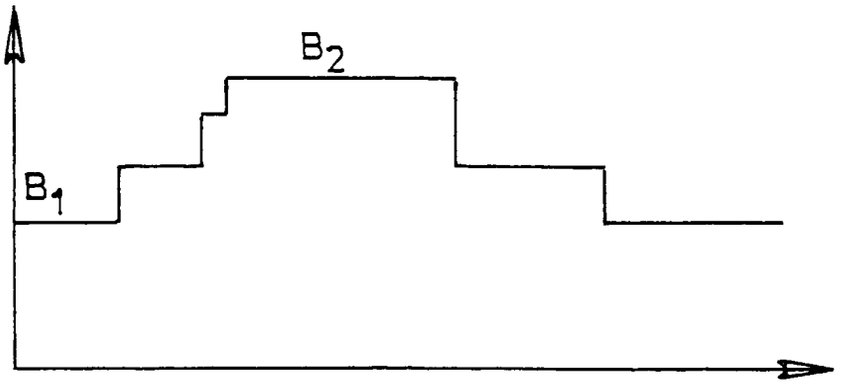

FIG. 3.1

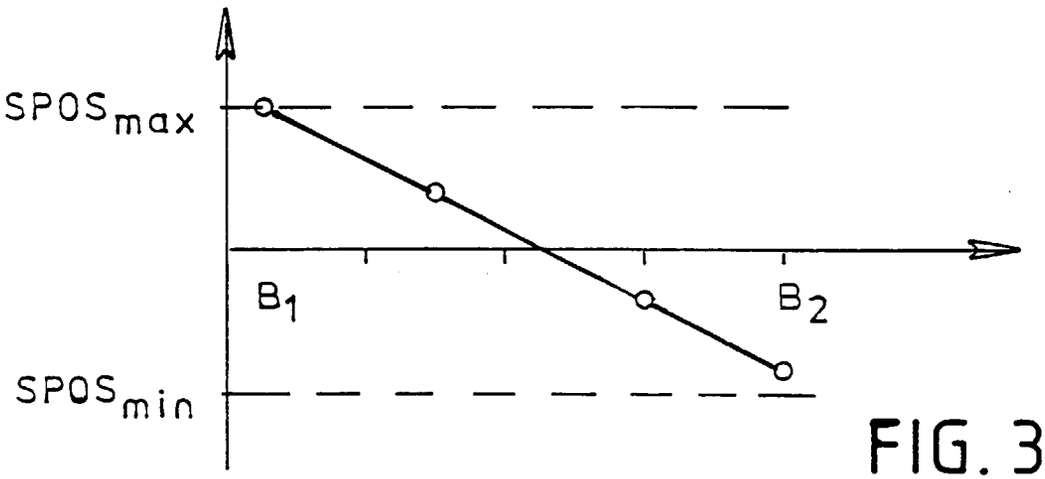

FIG. 3.2

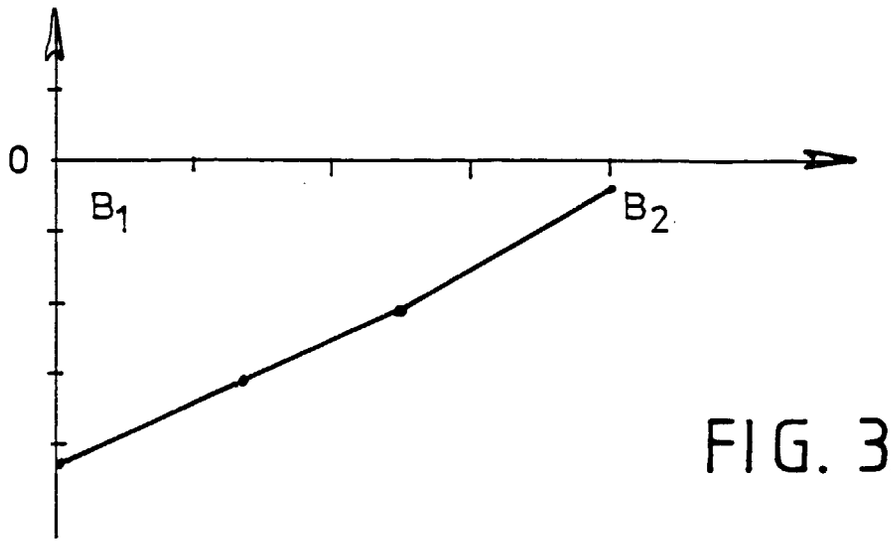

FIG. 3.3

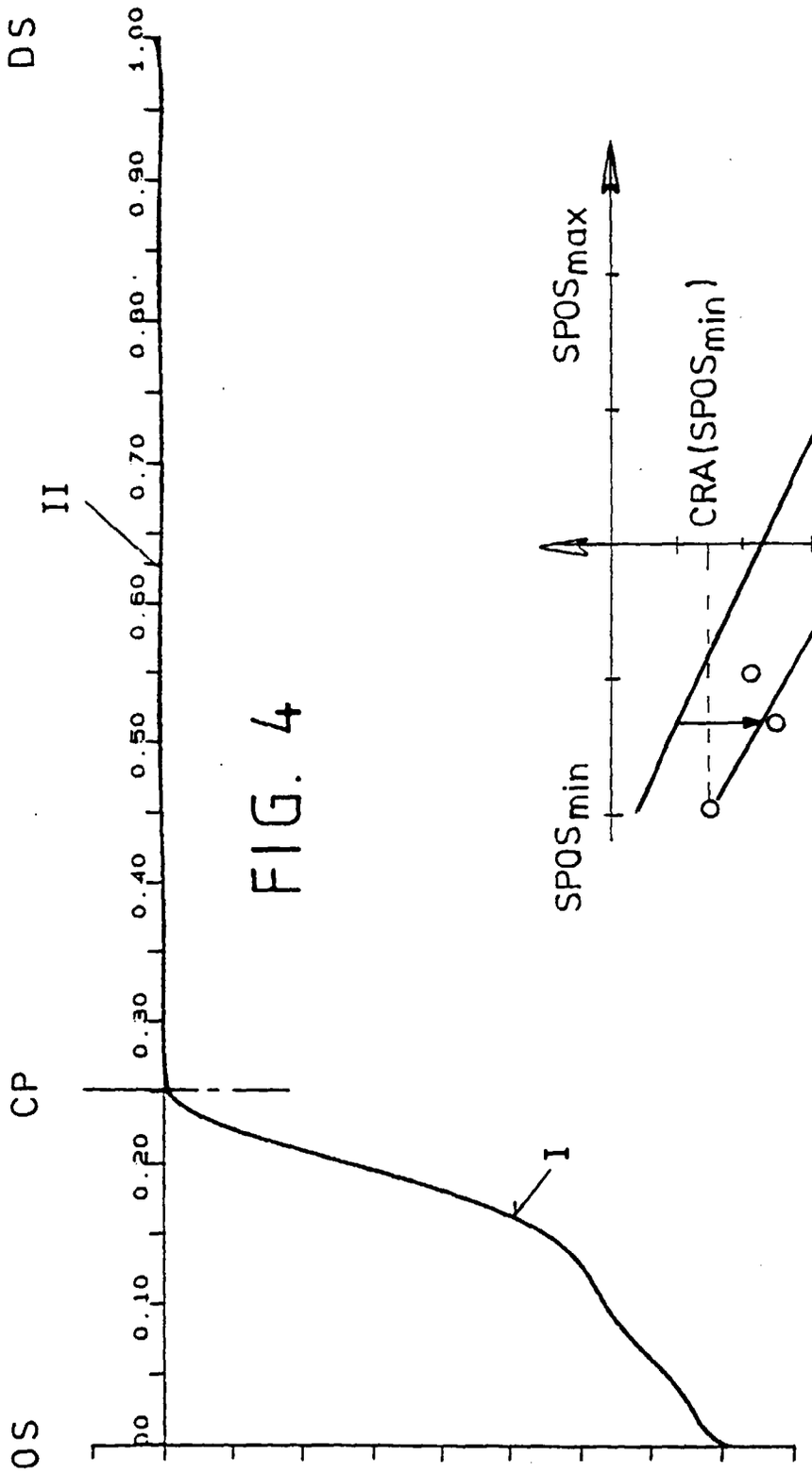
DS
OS
CP
II
I
0.00
0.10
0.20
0.30
0.40
0.50
0.60
0.70
0.80
0.90
1.00

FIG. 4

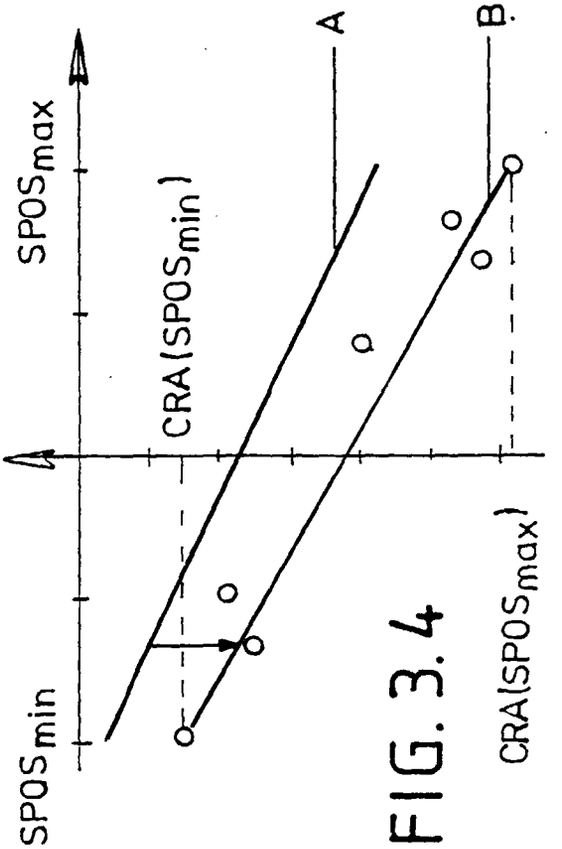
SPOSmax
SPOSmin
CRA(SPOSmin)
CRA(SPOSmax)
A
B

FIG. 3.4

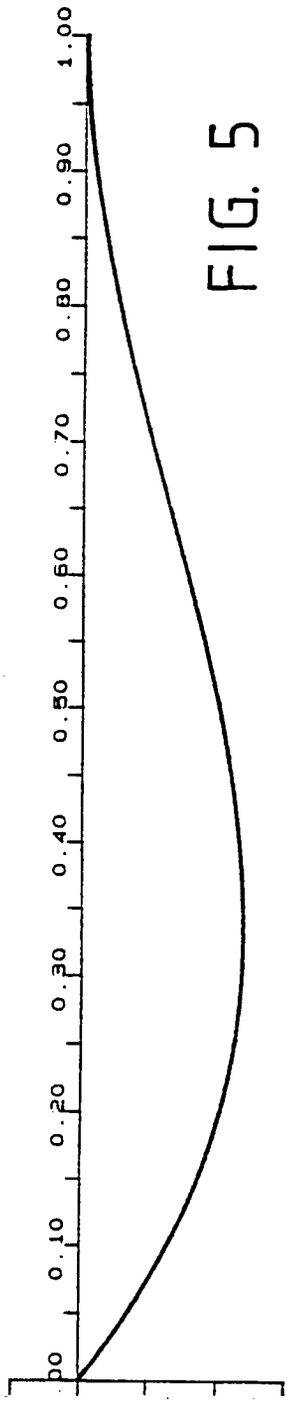
1.00
0.90
0.80
0.70
0.60
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
00

FIG. 5

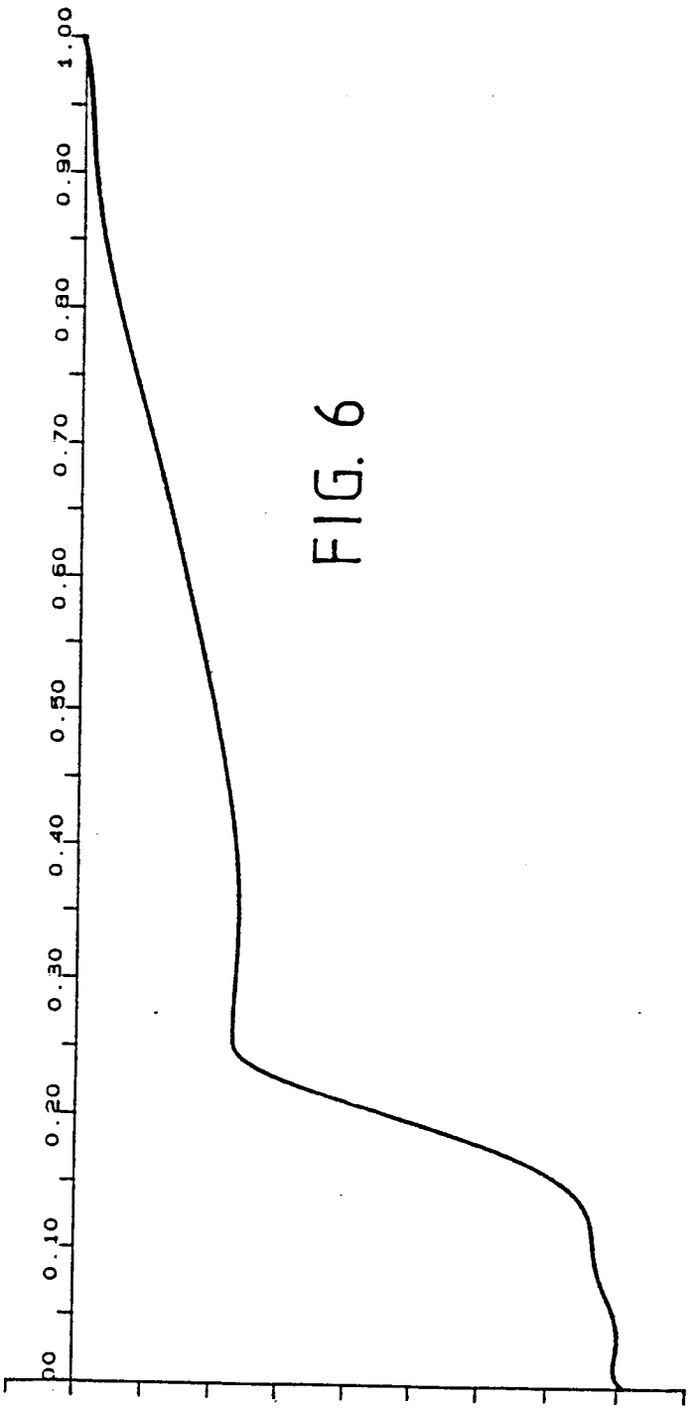
1.00
0.90
0.80
0.70
0.60
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
00

FIG. 6

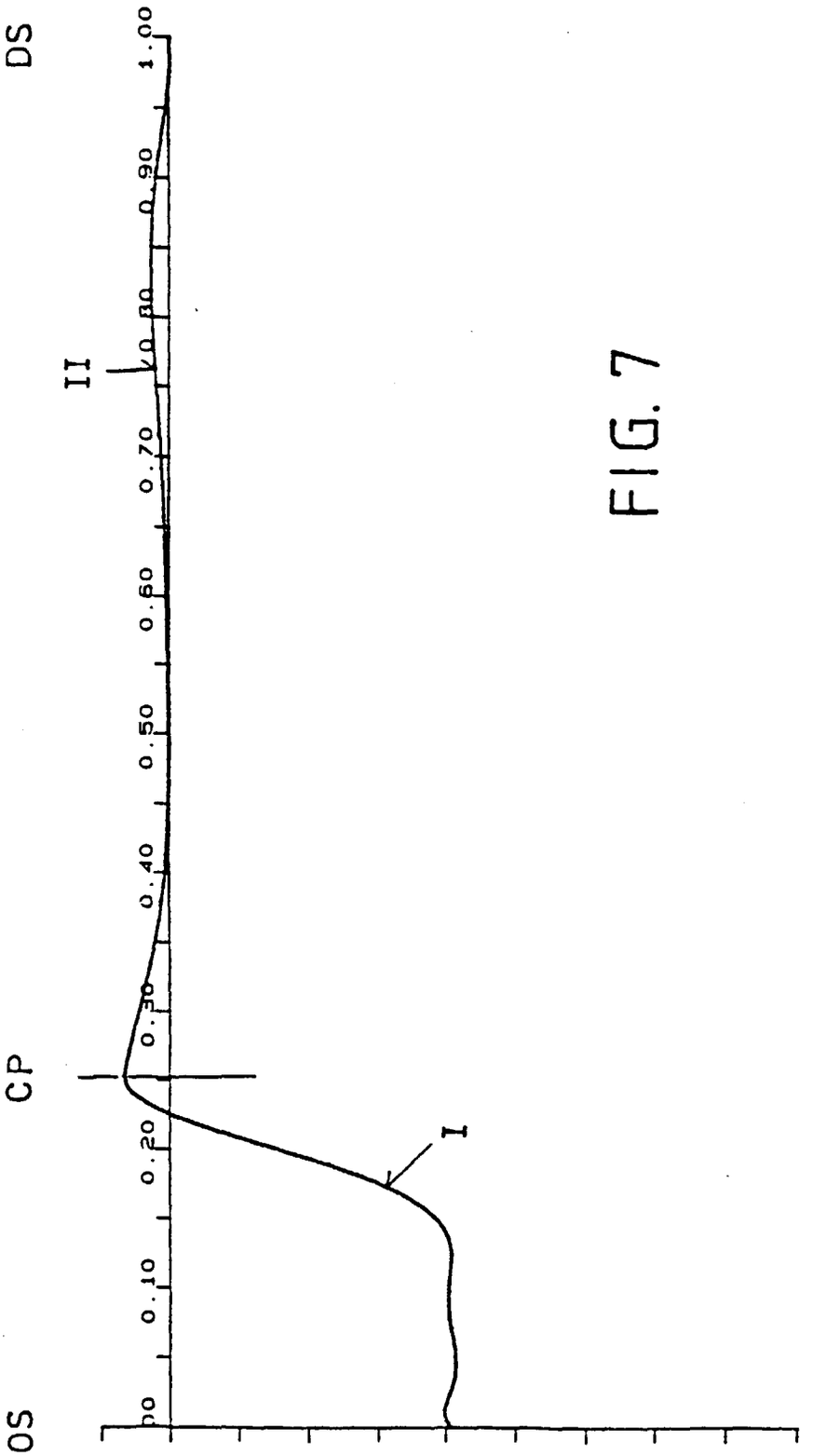

FIG. 7