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

(11) EP 1 307 302 B1

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
06.10.2004 Patentblatt 2004/41

(21) Anmeldenummer: **01960551.8**

(22) Anmeldetag: **25.07.2001**

(51) Int Cl.[7]: **B21B 13/14**, B21B 27/02

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2001/008581

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2002/011916 (14.02.2002 Gazette 2002/07)

(54) WALZGERÜST MIT EINEM CVC-WALZENPAAR

ROLL STAND COMPRISING A CROWN-VARIABLE-CONTROL (CVC) ROLL PAIR

CAGE DE LAMINOIR COMPRENANT UNE PAIRE DE CYLINDRES CVC

(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: **10.08.2000 DE 10039035**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
07.05.2003 Patentblatt 2003/19

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

(72) Erfinder:
- **HARTUNG, Hans-Georg**
  50259 Pulheim (DE)
- **KLAMMA, Klaus**
  57072 Hilchenbach (DE)
- **ROHDE, Wolfgang**
  41542 Dormagen (DE)
- **SEIDEL, Jürgen**
  57223 Kreuztal (DE)

(74) Vertreter: **Valentin, Ekkehard**
Patentanwälte
Valentin-Gihske-Grosse
Hammerstrasse 2
57072 Siegen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-B- 0 294 544

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 01, 28. Februar 1995 (1995-02-28) -& JP 06 285518 A (KOBE STEEL LTD), 11. Oktober 1994 (1994-10-11)**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 166 (M-593), 28. Mai 1987 (1987-05-28) -& JP 61 296904 A (NIPPON STEEL CORP), 27. Dezember 1986 (1986-12-27)**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 307 302 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Walzgerüst mit einem CVC-Walzenpaar, vorzugsweise einem CVC-Arbeitswalzenpaar und einem Stützwalzenpaar, die einen Kontaktbereich aufweisen, in dem ein horizontal wirkendes Moment wirkt, das zu einer Verschränkung der Walzen und dadurch zu Axialkräften in den Walzenlagern führt.

[0002] Die EP 0 049 798 B1 beschreibt ein Walzwerk mit Arbeitswalzen, die sich gegebenenfalls an Stützwalzen oder Stützwalzen und Zwischenwalzen abstützen, wobei die Arbeitswalzen und/oder Stützwalzen und/oder Zwischenwalzen gegeneinander axial verschiebbar sind und jede Walze wenigstens eines dieser Walzenpaare mit einer in Richtung zu einem Ballenende hin verlaufenden, gekrümmten Kontur versehen ist, die sich an den beiden Walzen jeweils nach entgegengesetzten Seiten über einen Teil der Walzgutbreite erstreckt. Hierbei wird der Walzbandquerschnitt praktisch ausschließlich durch die Axialverschiebung der mit der gekrümmten Kontur versehenen Walzen beeinflusst, so dass sich der Einsatz einer Walzenbiegung erübrigt. Die gekrümmte Kontur beider Walzen verläuft über deren gesamte Ballenlänge und hat eine Gestalt, die sich in einer bestimmten Axialstellung beider Walzen komplementär ergänzt.

[0003] Aus der EP 0 294 544 B1 sind Walzenformen bekannt, deren Kontur durch ein Polynom fünfter Ordnung beschrieben ist. Diese Walzenform gestattet noch weitergehende Korrekturen des Walzbandes.

[0004] Um Lagerkräfte und schief wirkende Walzkräfte beträchtlich zu minimieren, wird in der JP-A-61-296904 vorgeschlagen, die Konturen der Arbeitswalzen mit einer solchen Krümmung zu versehen, dass sie eine parallel zur Walzenachse verlaufende Linie dreimal schneidet. Die gekrümmten Konturen erstrecken sich dabei an beiden Walzen jeweils so nach entgegengesetzten Seiten, dass der aus beiden Walzen gebildete Gesamtdurchmesser über die gesamte Walzenlänge gleich bleibt.

[0005] In den vorgenannten Dokumenten wird jedoch nicht beachtet, dass beim Walzvorgang mit CVC-Walzen nicht nur die Walzspaitform und der Profilstellbereich eine Rolle spielen. Insbesondere der Bauaufwand der Walzenlager wird durch Axialkräfte der Walzen beeinflusst, die beim Einsatz einer ungeeigneten Schliff-Form entstehen können.

[0006] Bedingt durch den - wenn auch kleinen - Durchmesserunterschied über der Ballenlänge einer CVC-Walze ergeben sich unterschiedliche Kontaktkräfte und Umfangsgeschwindigkeiten.

[0007] An den Stellen der gepaarten Walzen, die gleichen Durchmesser aufweisen, sind deren Umfangsgeschwindigkeiten gleich. An den anderen Stellen des Walzenkontaktbereichs sind der Durchmesser und damit die Umfangsgeschwindigkeit einer Walze jeweils kleiner oder größer als deren gepaarte Walze. Daraus ergibt sich je nach Festlegung der Koordinatenrichtung ein negativer oder positiver Geschwindigkeitsunterschied zwischen den gepaarten Walzen über deren Kontaktbereich.

[0008] Die unterschiedlich großen und unterschiedlich gerichteten Relativgeschwindigkeiten führen zu unterschiedlich großen und unterschiedlich gerichteten Umfangs-kräften. Diese Verteilung der Walzenumfangskräfte verursacht ein Moment um die Gerüstmitte, das zum Schränken der Walzen und damit zu Axialkräften in den Walzenlagern führen kann.

[0009] Aus der JP-A-6-285518 ist es bekannt, die Kontur von gegeneinander axial verschiebbaren Arbeitswalzen nach einem Polynom höherer Ordnung auszubilden, wobei der höchste Term die Distanz von der Walzenmitte in Richtung der Walzenachsen und drei weitere Terme die Punktsymmetrie betreffen. Die Konturen der Arbeitwalzen sind dabei so ausgebildet, dass die Integration des Produkts aus dem Walzenradius und der Distanz von der Walzenmitte in Richtung der Walzenachsen über die gesamte Kontaktlänge mit einer anderen Walze, beispielsweise einer Stützwalze, den Wert Null ergeben. Durch eine derartige Kontur der Arbeitswalzen können auftretenden Lagerkräfte, die u. a. durch die Schiefstellung der Arbeitwalzen erzeugt werden, erniedrigt werden.

[0010] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einem gattungsgemäßen Walzgerüst Maßnahmen anzugeben, durch die die Axialkräfte der Walzenlager minimiert werden. Die Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Allein durch Änderung der Formgebung der CVC-Walzen können die in horizontaler Richtung wirkenden Momente ohne Zusatzaufwand minimiert werden.

[0011] Eine geeignete Änderung der Formgebung wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass der Radiusverlauf der CVC-Walze durch den Polynomansatz

$$R(x) = a_0 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2 + ...+ a_n \cdot x^n$$

beschrieben und vorzugsweise der sogenannte Keilfaktor a_1 als Optimierungsparameter verwendet ist. Die Kontur einer CVC-Walze wird definiert durch ein Polynom dritter Ordnung:

$$R(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3$$

mit

L = Radius der CVC-Walze
a_i = Polynomkoeffizienten
x = Koordinate in Ballen-Längsrichtung

[0012] Bei CVC-Walzen höherer Ordnung werden noch weitere Polynomglieder (a_4, a_5, etc.) berücksichtigt.

[0013] Der Polynomkoeffizient a_0 ergibt sich durch den aktuellen Walzenradius. Die Polynomkoeffizienten a_2, a_3 sowie a_4 a_5, etc. werden so festgelegt, dass sich der gewünschte Stellbereich für das CVC-System ergibt. Der Polynomkoeffizient a_1 ist unabhängig von Stellbereich und Linienbelastung zwischen den Walzen und somit frei wählbar. Dieser Keilfaktor bzw. Linearanteil a_1 kann so gewählt werden, dass beim Einsatz von CVC-Walzen minimale Axialkräfte entstehen.

[0014] Aus Gründen der Praktikabilität wird der optimale Keilfaktor a_1 offline und als Mittelwert aus verschiedenen Schiebepositionen der CVC-Walzen (z. B. minimale, neutrale und maximale Schiebeposition) bestimmt. Durch die Mittelwertbildung wird zwar keine vollständige Kompensation der Axialkräfte der Walzenlager erreicht, aber ein im gesamten Verstellbereich der Walzen minimaler Wert derselben.

[0015] Bei optimierter Keiligkeit des CVC-Schliffs verlaufen die Tangenten, die einen Enddurchmesser an der konkaven Seite der Walze und die konvexe Partie der Walze berühren und die Tangente, die den anderen Enddurchmesser (an der konvexen Seite der Walze) und die konkave Partie der Walze berühren, zueinander parallel und gegenüber den Walzenachsen um den optimalen Keilwinkel geneigt. Bei konventionell geschliffenen CVC-Arbeitswalzen, die mit dem Ziel kleinster Durchmesserdifferenzen ausgelegt wurden, verlaufen diese Tangenten dagegen auch parallel zur Walzenachse.

[0016] Aufgrund mathematischer Überlegungen und empirischer Daten hat sich als vorteilhaft herausgestellt, dass der Keilfaktor a_1 für eine Walze mit einem Polynomansatz 3. Ordnung im Bereich von

$$a_1 = -\frac{1}{20} \; bis \; -\frac{5}{20} \cdot a_3 \cdot b^2_{cont}$$

liegt.

[0017] Entsprechende Überlegungen führen dazu, dass der Keilfaktor a_1 für eine Walze mit einem Polynomansatz 5.Ordnung durch den Ausdruck

$$a_1 = f_1 \cdot a_3 \cdot b^2_{cont} + f_2 \cdot a_5 \cdot b^4_{cont}$$

beschreibbar ist, mit

$$f_1 = -\frac{1}{20} \; bis \; -\frac{5}{20}$$

und

$$f_2 = 0 \; bis -\frac{7}{112}$$

[0018] Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Patentansprüchen und der nachfolgenden Beschreibung sowie der Zeichnung, in der Ausführungsbeispiele der Erfindung schematisch dargestellt sind.

[0019] Es zeigen:

Fig. 1a, 1b und 1c	ein CVC-Arbeitswalzenpaar in unterschiedlicher Verschiebeposition und mit Stützwalzen sowie die Linienlastverteilung im Walzspalt und zwischen den Walzen,
Fig. 2	Umfangskraftverteilung im Kontaktbereich zweier Walzen,
Fig. 3	CVC-Arbeitswalzenpaar mit konventionellem Schliff,
Fig. 4	CVC-Arbeitswalzenpaar mit optimaler Keiligkeit.

[0020] In den Figuren 1a, 1b und 1c sind CVC-Arbeitswalzen 1 in unterschiedlichen Verschiebepositionen dargestellt. Die Arbeitswalzen 1 sind von Stützwalzen 2 gestützt. Zwischen den Arbeitswalzen 1 befindet sich ein Walzband 3.

[0021] Die Last im Walzspalt wird als konstant über dem Walzband 3 und unabhängig von der Verschiebeposition der Arbeitswalzen 1 angenommen. Sie ist durch Pfeile 4 dargestellt. Die Last zwischen den CVC-Arbeitswalzen 1 und den Stützwalzen 2 ist über deren Kontaktbereich b_{cont} ungleich verteilt und ändert sich mit der Verschiebeposition der Arbeitswalzen 1. Diese Last ist durch Pfeile 5 dargestellt. Die Summe der durch die Pfeile 4 und 5 dargestellten Lasten ist gleich und entgegengerichtet.

[0022] Die sich aus den Walzenformen ergebenden Lastpfeile 5 und die lokale positive oder negative Relativgeschwindigkeit führen gemäß Figur 2 zu unterschiedlichen Umfangskräften Q_i über die Kontaktbreite b_{cont}. Diese Verteilung der Walzenumfangskraft Q_i verursacht ein Moment M um die Walzengerüstmitte 6, was zum Schränken der Walzen 1, 2 und damit zu Axialkräften in deren Lagern führen kann.

[0023] Dies wird verhindert durch eine entsprechende Walzenschliff-Form. Bei CVC-Walzen mit der Walzenkontur nach einem Polynomansatz dritten Grades gemäß

$$R(x) = a_0 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2 + a_3 \cdot x^3$$

steht nur der Faktor a_1, der sogenannte Keilfaktor für eine Variation des Schliffbildes zur Verfügung, weil der Polynomkoeffizient a_0 den jeweiligen Walzenradius und die Polynomkoeffizienten a_2, a_3, a_4, a_5 usw. den gewünschten Stellbereich des CVC-Systems bestimmen. Lediglich der Keilfaktor a_1 ist unabhängig von Stellbereich und Linienbelastung zwischen den Walzen und somit frei wählbar. Bei CVC-Walzen, deren Kontur durch ein Polynom dritter Ordnung definiert ist, führt der Keilfaktor a_1 zu einem minimalen Moment M, wenn er im Bereich

$$a_1 = -\frac{1}{20} \; bis \; -\frac{5}{20} \cdot a_3 \cdot b^2_{cont}$$

liegt.

[0024] Für CVC-Walzen, deren Kontur durch ein Polynom 5. Ordnung definiert ist, erreicht das Moment M ein Minimum, wenn der Keilfaktor

$$a_1 = f_1 \cdot a_3 \cdot b^2_{cont} + f_2 \cdot a_5 \cdot b^4_{cont}$$

beträgt mit

$$f_1 = -\frac{1}{20} \; bis \; -\frac{5}{20}$$

und

$$f_2 = 0 \; bis -\frac{7}{112}$$

[0025] In Figur 3 ist ein konventionell geschliffenes CVC-Arbeitswalzenpaar dargestellt, das mit dem Ziel kleinster Durchmesserdifferenzen ausgelegt wurde. Die einen Enddurchmesser 7 und die konvexe Partie der Walze berührende Tangente 8 und die den anderen Enddurchmesser 9 und die konkave Partie der Walze berührende andere Tangente 10 verlaufen parallel zu den Achsen der konventionell geschliffenen Arbeitswalzen. Demgegenüber verlaufen die entsprechenden Tangenten der CVC-Walzen gemäß Figur 4, die mit optimierter Keiligkeit ausgelegt wurden, parallel, jedoch gegenüber den Walzenachsen um den optimalen Keilwinkel • (alpha) geneigt.

Bezugszeichenliste

[0026]

1, 1'	CVC-Arbeitswalzen
2	Stützwalzen
3	Walzband
4	Pfeil (Last im Walzspalt)

5	Pfeil (Last zwischen Arbeitswalze 1 und Stützwalze 2)
6	Walzgerüstmitte
7, 7'	Enddurchmesser
8, 8'	Tangente
9, 9'	anderer Enddurchmesser
10, 10'	andere Tangente

Patentansprüche

1. Walzgerüst mit einem CVC-Walzenpaar, vorzugsweise einem CVC-Arbeitswalzenpaar (1, 1') und einem Stützwalzenpaar (2), die einen Kontaktbereich (b_{cont}) aufweisen, in dem ein horizontal wirkendes Moment (M) wirkt, das zu einer Verschränkung der Walzen (1, 2) und dadurch zu Axialkräften in den Walzenlagem führt, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Moment (M) durch einen geeigneten CVC-Schliff der Walzen (1, 1') minimiert ist mit einem Radiusverlauf (Kontur) der CVC-Walzen (1, 1'), der durch den Polynomansatz:

$$R(x) = a_0 + a_1 \bullet x + a_2 \bullet x^2 + ...+ a_n \bullet x^n$$

definiert ist mit:

R(x) =	Radiusverlauf
x =	Koordinate in Ballen-Längsrichtung
a_0 =	aktueller Walzenradius
a_1 =	Optimierungsparameter (Keilfaktor), der offline als Mittelwert aus verschiedenen Schiebepositionen der CVC-Walzen (z. B. minimale, neutrale und maximale Schiebeposition) gebildet ist
a_2 bis a_n =	Stellbereich des CVC-Systems,

wobei der CVC-Schliff bei optimierter Keiligkeit so ausgebildet ist, dass die Tangente (8'), die einen Enddurchmesser (7') und die konvexe Partie der Walze (1') und die Tangente (10'), die den anderen Enddurchmesser (9') und die konkave Partie der Walze (1') berühren, zueinander parallel und gegenüber den Walzenachsen um den optimalen Keilwinkel (α) geneigt verlaufen.

2. Walzgerüst nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Optimierungsparameter a_1 für eine Walze (1,1') mit einem Radiusverlauf nach einem Polynomansatz 3. Ordnung im Bereich von

$$a_1 = f_1 \bullet a_3 \bullet b^2_{cont}$$

und für eine Walze (1, 1') mit einem Radiusverlauf nach einem Polynomansatz 3. Ordnung im Bereich von

$$a_1 = f_1 \bullet a_3 \bullet b^2_{cont} + f_2 \bullet a_5 \bullet b^4_{cont}$$

liegt mit:

$$f_1 = -\frac{1}{20} \textit{ bis } -\frac{5}{20} \text{ und } f_2 = 0 \textit{ bis } -\frac{7}{112}$$

Claims

1. Roll stand with a CVC roll pair, preferably a CVC working roll pair (1, 1') and a backing roll pair (2), which have a contact region (b_{cont}) in which a horizontally acting moment (M), which leads to crossing of the rolls (1, 2) and thereby to axial forces in the roll bearings, acts, **characterised in that** the moment (M) is minimised by an appropriate CVC grinding of the rolls (1, 1') with a radial course (contour) of the CVC rolls (1, 1') defined by the polynomial equation:

$$R(x) = a_0 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2 + ... + a_n \cdot x^n,$$

wherein

R(x) = radial course

x = co-ordinates in longitudinal direction of circumferential surface

a_0 = actual roll radius

a_1 = optimisation parameter (wedge factor) which is formed off-line as a mean value of different displacement positions of the CVC rolls (for example minimum, neutral and maximum displacement positions) and

a_2 to a_n = setting range of the CVC system,

wherein the CVC grinding for optimised amount of wedge is so formed that the tangents (8'), one end diameter (7') and the convex part of the roll (1') and the tangents contacting the other end diameter (9') and the convex part of the roll (1') extend parallel to one another and at an inclination relative to the roll axes by the optimum wedge angle (α).

2. Roll stand according to claim 1, **characterised in that** the optimisation angle a_1 for a roll (1, 1') with a radial course according to a polynomial equation of 3rd order lies in the region of

$$a_1 = f_1 \cdot a_3 \cdot b^2_{cont}$$

and for a roll (1, 1') with a radial course according to a polynomial equation of 5th order lies in the region of

$$a_1 = f_1 \cdot a_3 \cdot b^2_{cont} + f_2 \cdot a_5 \cdot b^4_{cont},$$

wherein f_1 = 1/20 to 5/20 and f_2 = 0 to 7/112.

Revendications

1. Cage de laminage avec une paire de cylindres CVC, de préférence une paire de cylindres de travail CVC (1, 1') et une paire de cylindres d'appui (2), qui présentent une zone de contact (b_{cont}), dans laquelle agit un couple (M) horizontal, qui conduit à un croisement des cylindres (1, 2) et donc à des forces axiales dans les paliers des cylindres, **caractérisée en ce que** le couple (M) est minimisé par un meulage CVC approprié des cylindres (1, 1') avec un profil de rayon (contour) des cylindres CVC (1, 1') défini par le polynôme

$$R(x) = a_0 + a_1.x + a_2.x^2 + ... + a_n.x_n$$

avec

R(x) = l'allure du rayon
x = coordonnées dans le sens longitudinal de la table
a_0 = rayon actuel du cylindre
a_1 = paramètre d'optimisation (facteur de biais), formé hors ligne comme valeur moyenne à partir de différentes positions de déplacement des cylindres CVC (par exemple une position de déplacement minimale, neutre et maximale)
a_2 à a_n = plage de réglage du système CVC

le meulage CVC étant réalisé dans le cas d'un biais optimisé de telle manière que la tangente (8') qui touche un

diamètre final (7') et la partie convexe du cylindre (1') et la tangente (10') qui touche l'autre diamètre final (9') et la partie concave du cylindre (1') s'étendent parallèlement l'une par rapport à l'autre et de manière inclinée par rapport aux axes des cylindres avec un angle de biais (α) optimal.

2. Cage de laminage selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** le paramètre d'optimisation a_1 pour un cylindre (1, 1') avec un profil de rayon selon un polynôme du 3ème degré se situe dans la plage de

$$a_1 = f_1.a_3.b^2_{cont}$$

et pour un cylindre (1, 1') avec un profil de rayon selon un polynôme du 5ème degré se situe dans la plage de

$$a_1 = f_1.a_3.b^2_{cont} + f_2.a_5.b^4_{cont}$$

avec

$$f_1 = -\frac{1}{20} \text{ à } -\frac{5}{20} \text{ et } f_2 = 0 \text{ à } -\frac{7}{112}$$

FIG.1c

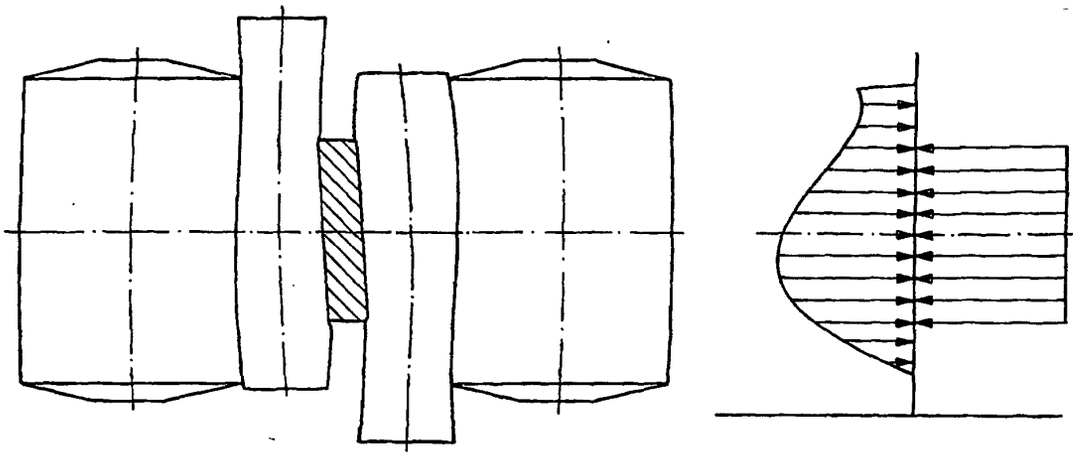


FIG.1b

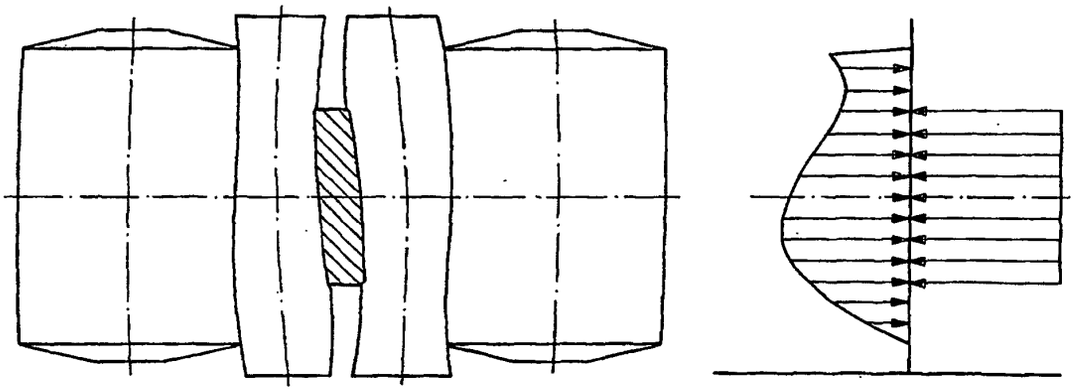


FIG.1a

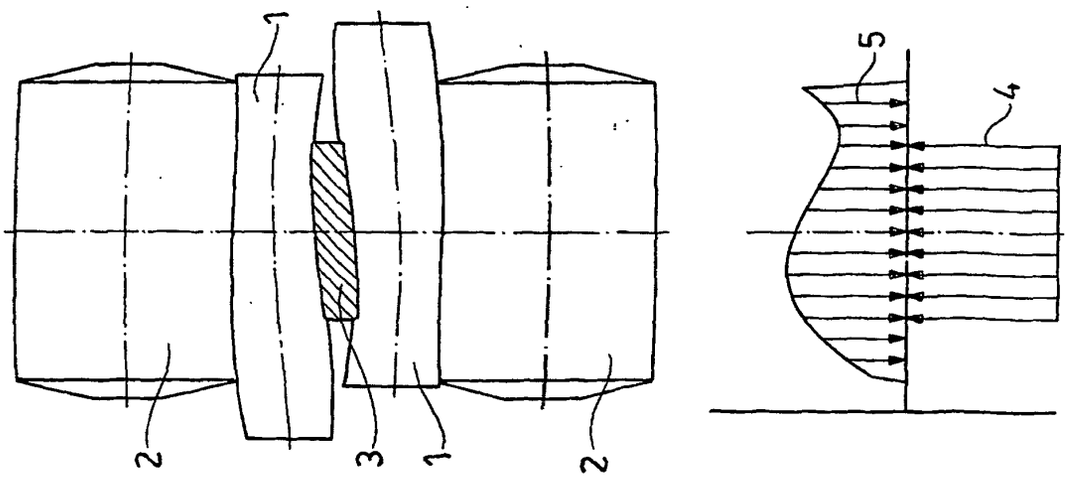


FIG.2

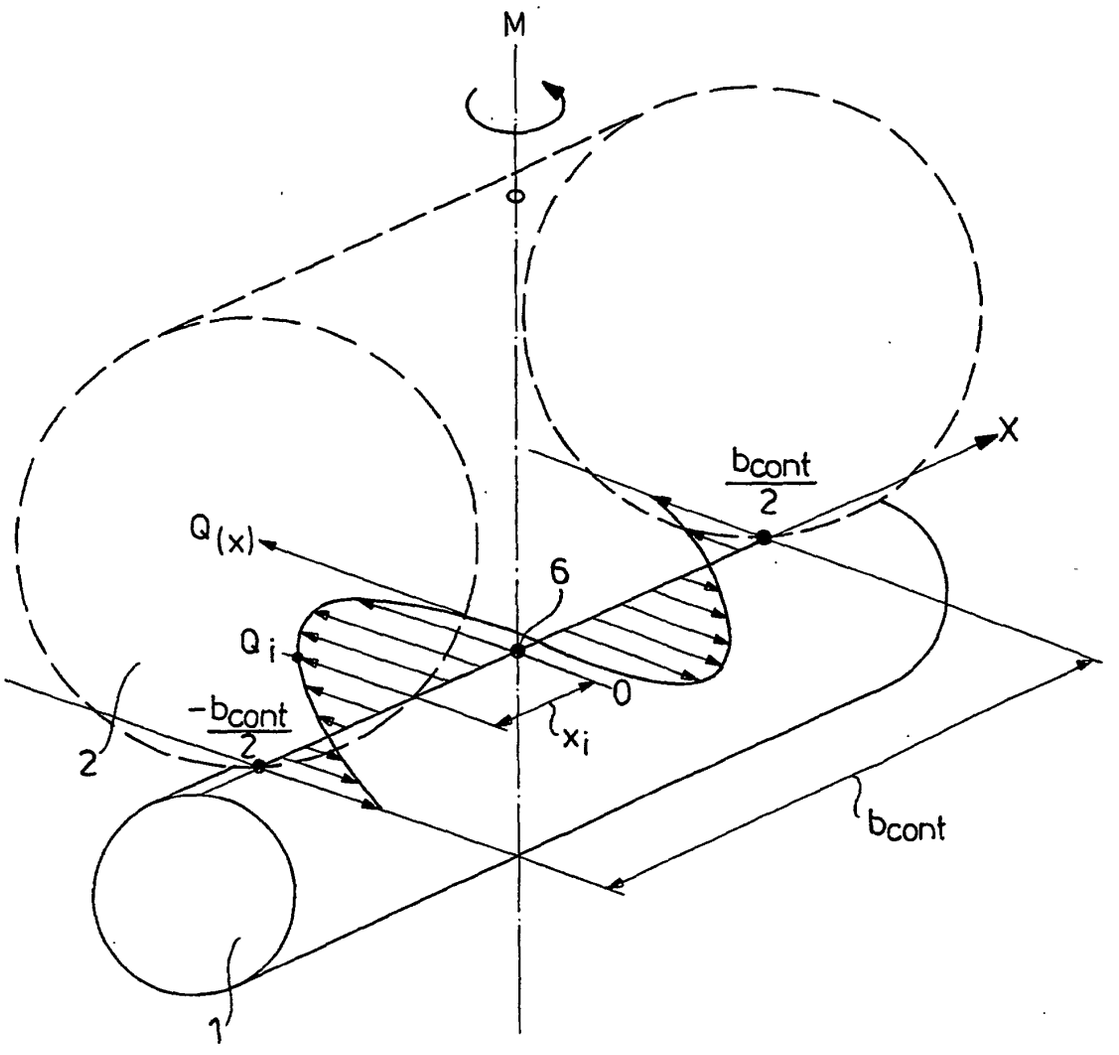


FIG.3

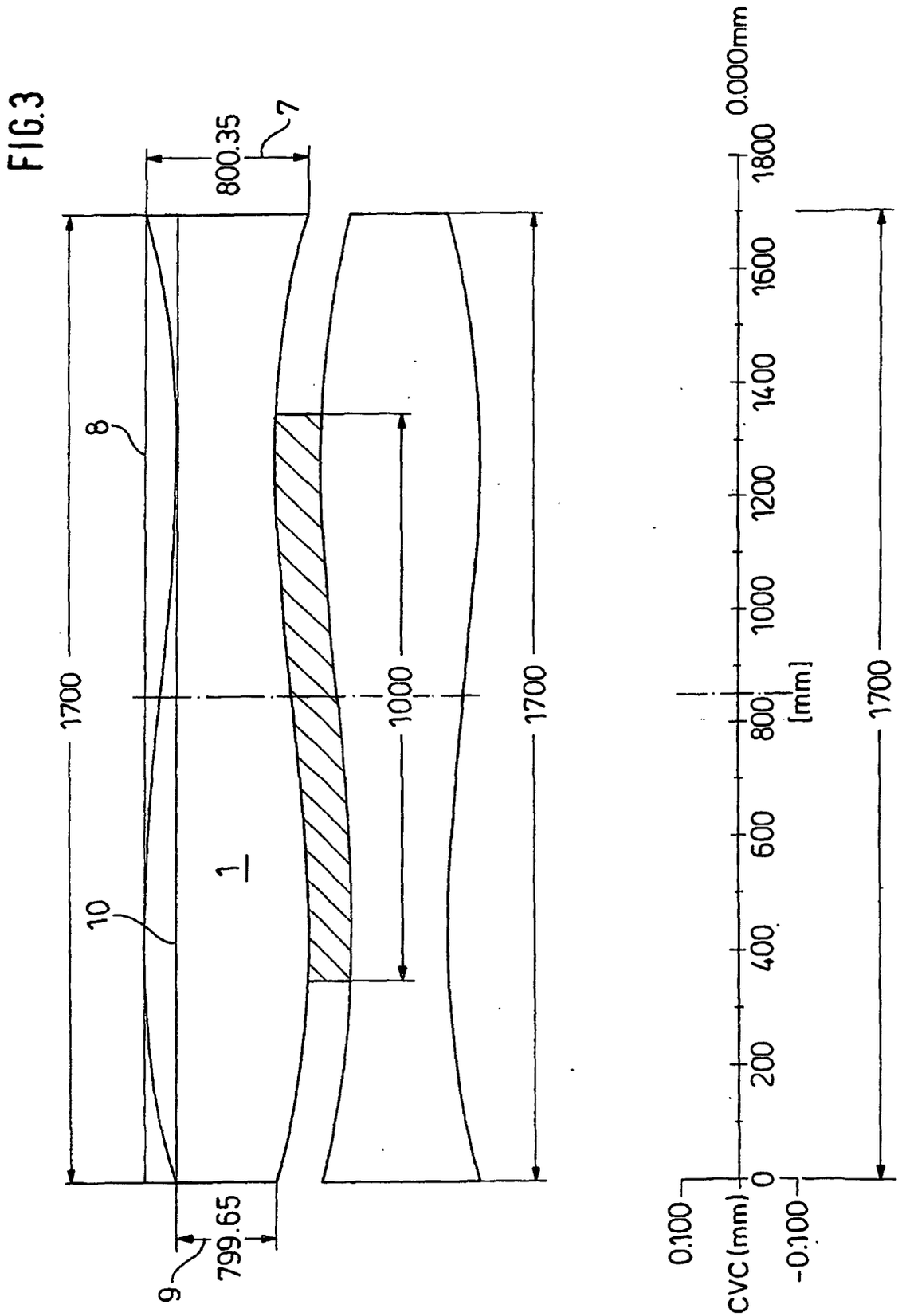
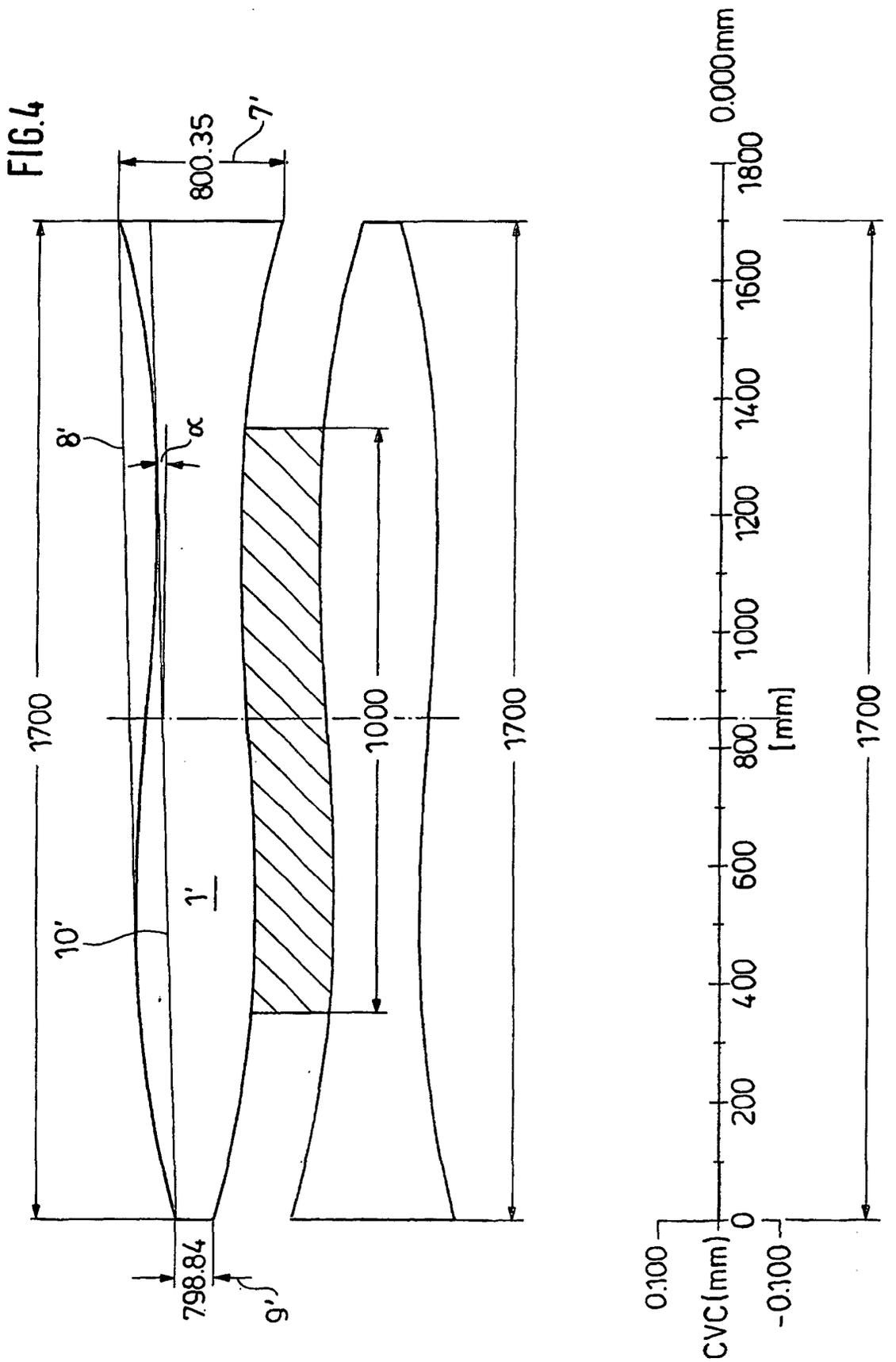

800.35
7
8
1700
1000
1700
1
10
9
799.65
0.000mm
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
[mm]
1700
0.100
CVC(mm)
-0.100

FIG.4


800.35
7'
8'
α
1700
1000
1700
1'
10'
798.84
9'
0.000mm
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
[mm]
1700
0.100
CVC(mm)
-0.100