

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 662 017 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
08.01.1997 Patentblatt 1997/02

(21) Anmeldenummer: **93919021.1**

(22) Anmeldetag: **20.09.1993**

(51) Int. Cl.⁶: **B21B 37/00**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE93/00894

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 94/06578 (31.03.1994 Gazette 1994/08)

(54) VERFAHREN ZUM UNTERDRÜCKEN DES EINFLUSSES VON WALZENEXZENTRIZITÄTEN AUF DIE REGELUNG DER WALZGUTDICKE IN EINEM WALZGERÜST

PROCESS FOR SUPPRESSING THE INFLUENCE OF ROLL ECCENTRICITIES ON THE REGULATION OF THE ROLLED PRODUCT THICKNESS IN A ROLL STAND

PROCEDE VISANT A SUPPRIMER L'INFLUENCE QU'EXERCENT LES EXCENTRICITES DES ROULEAUX SUR LE REGLAGE DE L'EPAISSEUR DES PRODUITS A LAMINER PASSES DANS UNE CAGE DE LAMINOIR

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT DE

(30) Priorität: **22.09.1992 DE 4231615**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.07.1995 Patentblatt 1995/28

(73) Patentinhaber: **SIEMENS
AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)**

(72) Erfinder: **BERGER, Klaus-Dieter
D-91315 Höchstadt (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:

**EP-A- 0 446 036 EP-A- 0 534 221
EP-A- 0 560 688 DE-B- 2 643 686
US-A- 4 580 224**

- STAHL UND EISEN. Bd. 95, Nr. 19 , 11. September 1975 , DUSSELDORF DE Seiten 879 - 884 P. BOHLÄNDER ET AL.: 'Neue Möglichkeiten der Banddickenregelung in Kaltwalzstrassen mit hydraulischen Anstellantrieben'
- STAHL UND EISEN. Bd. 93, Nr. 10 , 10. Mai 1973 , DUSSELDORF DE Seiten 429 - 435 H. STEFFENS ET AL.: 'Systemstudie, Ausführung und Ergebniskontrolle einer Dickenregelung mit hydraulischem Stellglied für eine Kaltwalzumkehrstrasse'

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 0 662 017 B1

Beschreibung

Verfahren zum Unterdrücken des Einflusses von Walzenexzentrizitäten auf die Regelung der Walzgutdicke in einem Walzgerüst.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Unterdrücken des Einflusses von Walzenexzentrizitäten auf die Regelung der Walzgutdicke in einem Walzgerüst, wobei in der Regelung eine für von den Walzenexzentrizitäten verursachte Signalschwankungen unempfindliche Totzone vorgesehen ist, deren Zonenbreite in Abhängigkeit von der Größe der Signalschwankungen variiert wird.

Bei der Regelung der Walzgutdicke in einem Walzgerüst besteht die Schwierigkeit, daß die Walzgutdicke als interessierende Regelgröße nicht ohne weiteres regeltechnisch auswertbar am Ort ihrer Entstehung, nämlich dem Walzspalt, gemessen werden kann und daher nicht zur unmittelbaren Ausregelung von Störungen, wie z.B. Exzentrizitäten der Walzen, herangezogen werden kann. Nach dem sogenannten Gagemeter-Prinzip kann jedoch die momentane Walzgutdicke h_a im Bereich des Walzspaltes rechnerisch aus der Anstellposition s der Walzen, der Walzkraft F_W und der Federkonstanten c_G des Walzgerüsts zu

$$h_a + \Delta R = s + F_W/c_G \quad (1)$$

bestimmt werden. Bei dem sogenannten AGC-(automatic gauge control-) Verfahren wird ausgehend von dieser Beziehung mittels eines Walzlastdetektors die Walzkraft detektiert und zur Regelung der Walzgutdicke herangezogen. Wenn sich der Walzspalt beispielsweise aufgrund einer Erhöhung der Einlaufdicke des Walzguts vergrößert, führt dies zu einem Anstieg der Walzkraft F_W ; dieser Anstieg wird detektiert, wobei durch die Regelung die Anstellposition s der Walzen verringert wird, so daß die Walzkraft F_W weiter erhöht und die Walzgutdicke wieder auf ihren Sollwert zurückgeregelt wird. Wie jedoch Gleichung (1) zeigt, steht die Walzgutdicke h_a nicht allein, sondern nur zusammen mit der Walzenexzentrizität ΔR zur Verfügung, die beim Walzprozeß eine periodische Zu- und Abnahme der Walzkraft F_W verursacht. Die durch die Exzentrizitäten verursachten Zu- und Abnahmen der Walzkraft F_W werden jedoch durch das AGC-System fälschlicherweise als Zunahme bzw. Abnahme des Walzspaltes interpretiert, wodurch automatisch über die Anstellposition s die Walzkraft F_W vergrößert bzw. verringert wird und damit die Exzentrizitäten in ihrem vollen Umfang in das Walzgut eingewalzt werden.

Um diesen negativen Einfluß der Walzenexzentrizitäten auf die Regelung der Walzgutdicke zu verhindern, ist es aus der DE-PS 26 43 686 bekannt, in der Regelung eine Totzone vorzusehen, die gegenüber den von den Walzenexzentrizitäten hervorgerufenen Signalschwankungen unempfindlich ist. Dabei wird die Breite der Totzone in Abhängigkeit von den Amplituden der Signalschwankungen variiert und so an das Ausmaß der Exzentrizitäten angepaßt. Zur Erfassung der Ampli-

tuden der Signalschwankungen werden Grenzwertmelder mit gestaffelten Ansprechwerten und den Grenzwertmeldern nachgeordnete Kippstufen verwendet, wodurch der Genauigkeit Grenzen gesetzt sind.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Anpassung der Breite der Totzone in Abhängigkeit von den auftretenden Exzentrizitäten zu optimieren.

Gemäß der Erfindung wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß bei dem Verfahren der eingangs angegebenen Art die Variation der Zonenbreite in Abhängigkeit von einer laufenden statistischen Auswertung der Signalschwankungen erfolgt. Auf diese Weise wird dem Umstand Rechnung getragen, daß der Einfluß der Walzenexzentrizitäten auf die Regelung der Walzgutdicke und damit die entsprechenden Signalschwankungen in der Regelung nicht ohne weiteres vorhersagbare Größen sind, weswegen ihre Erfassung und Auswertung für die Regelung in vorteilhafter Weise durch die statistische Signalauswertung erfolgt.

Entsprechend einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird zur Bestimmung der Zonenbreite die Standardabweichung der Signalschwankungen von ihrem Mittelwert herangezogen. Mit der Standardabweichung wird eine das aktuelle Ausmaß der exzentrizitätsabhängigen Signalschwankungen optimal wiedergebende Größe zur Einstellung der Totzone ermittelt. Außerdem ist die Bestimmung der Standardabweichung rechentechnisch besonders einfach durchzuführen, wodurch der hardware- bzw. softwaremäßige Aufwand zur Realisierung dieser Rechenfunktion vergleichsweise gering ist.

Um bei der Anpassung der Breite der Totzone auch außerhalb der Standardabweichung auftretende Restschwankungen berücksichtigen zu können, werden die für die Standardabweichung laufend ermittelten Werte mit einem vorgegebenen Faktor in der Größenordnung von etwa 1 bis 4, vorzugsweise 2 bis 3 gewichtet.

Um sicherzustellen, daß bei der Signalauswertung auch tatsächlich diejenigen Signalschwankungen herangezogen werden, die auf Exzentrizitäten der Walzen beruhen, ist in vorteilhafter Weise vorgesehen, daß der statistischen Auswertung der Signalschwankungen ein Beobachtungszeitraum zugrunde liegt, der der Walzenumlaufdauer oder einem Mehrfachen davon entspricht. Auf diese Weise wird berücksichtigt, daß die Signalschwankungen trotz ihrer nicht vorhersehbaren, also statistischen Natur mit der Walzenumdrehung korrelieren.

Aus demselben Grund ist entsprechend einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, daß von den Signalschwankungen für ihre statistische Auswertung Stützwerte mit einer Abtastfrequenz erfaßt werden, die in einem festen Verhältnis zur Walzendrehzahl steht. Dadurch ergibt sich eine von der Walzendrehzahl unabhängige Anzahl von Stützwerten innerhalb des Beobachtungszeitraums, wodurch es möglich ist, für die statistische Auswertung eine bestimmte Rechenkapazität fest vorzugeben.

Grundsätzlich können innerhalb der Regelung an

verschiedenen Stellen auftretende Signalschwankungen zur Breitereinstellung der Totzone herangezogen werden, soweit sie mit den Walzenexzentrizitäten korrelieren. Da jedoch die Totzone zur Unterdrückung solcher Signalschwankungen vorgesehen ist, werden zur statistischen Auswertung vorzugsweise die an der Totzone eingangsseitig anliegenden Signalwerte herangezogen.

Zur Erläuterung der Erfindung wird im folgenden auf die Figuren der Zeichnung Bezug genommen; im einzelnen zeigen:

- Fig. 1 ein Blockschaltbild für die Regelung der Walzgutdicke in einem Walzgerüst,
 Fig. 2 ein Beispiel für die Einstellung der Breite der Totzone in Abhängigkeit von der Standardabweichung der erfaßten Signalschwankungen und
 Fig. 3 ein Beispiel für den Verlauf der Signalschwankungen und die daran angepaßte Totzone,

Fig. 1 zeigt das Blockschaltbild einer AGC- (automatic gauge control -) Regelung für ein Walzgerüst 1 mit einer oberen und unteren Stützwalze 2 bzw. 3, zwei Arbeitswalzen 4 und 5, einer über ein Steuerventil 6 betätigbaren hydraulischen Anstellvorrichtung 7 zur Einstellung der Anstellposition s und einer die Elastizität des Walzgerüsts 1 nachbildenden Feder c_G . Das Walzgut 8, dem im Walzspalt eine äquivalente Materialfeder c_M zugeordnet werden kann, wird durch die beiden Walzen 4 und 5 von einer Einlaufdicke h_e auf eine Auslaufdicke h_a heruntergewalzt. Die Walzenexzentrizitäten können durch eine effektive Änderung des Walzenradius ΔR beschrieben werden.

Die Anstellposition s wird mit einem Positionsaufnehmer 9 an der Anstellvorrichtung 7 gemessen; die Stützwalzendrehzahl n wird mittels eines Drehzahlmessers 10 an der Stützwalze 3 erfaßt und die Walzkraft F_W wird mittels eines Druckfühlers 11 am Walzgerüst 1 abgegriffen.

Der gemessene Istwert der Walzkraft F_W wird einem die Gerüstkennlinie c_G nachbildenden Anpaßverstärker 12 zugeführt, der ausgangsseitig den Auffederungsistwert F_W/c_G erzeugt. Der Auffederungsistwert F_W/c_G ist mit einem negativen Vorzeichen einem Summierpunkt 13 zugeführt, an dem entsprechend der oben angegebenen Gleichung (1) der Sollwert h_a^* für die Auslaufdicke des Walzgutes 8 mit dem mit der Walzenexzentrizität ΔR überlagerten Istwert h_a verglichen wird, wobei $h_a + \Delta R = s + F_W/c_G$ ist. Aus untenstehend näher angegebenen Gründen wird dem Summierpunkt 13 jedoch anstelle des Istwertes der Anstellposition s ein Wert s_V^* zugeführt. Das Differenzsignal am Ausgang des Summierpunktes 13 enthält also nicht nur die Differenz Δh zwischen dem Sollwert h_a^* und dem Istwert h_a der Walzgutdicke, sondern auch von den Exzentrizitäten ΔR hervorgerufene Signalschwankungen. Um diese Signalschwankungen ΔR innerhalb der

Regelung zu unterdrücken, ist das Differenzsignal am Ausgang des Summierpunktes 13 mit positivem Vorzeichen direkt einem weiteren Summierpunkt 14 zugeführt, dem zusätzlich dasselbe Differenzsignal über einen Begrenzer 15 mit negativem Vorzeichen zugeführt ist. Der Begrenzer 15 überträgt von dem ihm zugeführten Signal nur diejenigen Signalamplituden, die innerhalb eines vorzugsweise den Amplituden der Exzentrizitäten ΔR entsprechenden Bereich x liegen, so daß genau dieser Amplitudenbereich am Ausgang des Summierpunktes 14 nicht erscheint. Der Begrenzer 15 bildet also zusammen mit dem weiteren Summierglied 14 eine Totzone für alle Signalamplituden, die innerhalb des Bereiches b liegen. Wie untenstehend näher erläutert wird, wird die Breite b der Totzone so eingestellt, daß sie für die von den Walzenexzentrizitäten ΔR verursachten Signalschwankungen unempfindlich ist.

Das von den exzentrizitätsabhängigen Signalschwankungen R befreite Signal am Ausgang des Summierpunktes 14 wird einem Walzspaltregler 16 mit einem nachgeordneten Korrekturverstärker 17 zugeführt, an dessen Ausgang ein Sollwert s^* für die Anstellposition erscheint. In dem Korrekturverstärker 17 wird das Ausgangssignal des Walzspaltreglers 16 mit dem Faktor $1 + c_M/c_G$ multipliziert, um so den Einfluß der Streckenverstärkung des Regelkreises mit $h_a/s = c_G/(c_M + c_G)$ auszugleichen. Der Sollwert s^* am Ausgang des Korrekturverstärkers 17 wird über eine Verzögerungseinrichtung 18 mit einer der Eigenzeit der Positionsregelung (Positionsregler 22) entsprechenden Verzögerung als Signal s_V^* an den Summierpunkt 13 zurückgekoppelt. Das Ausgangssignal s^* des Korrekturverstärkers 17 ist mit positivem Kennzeichen und das Ausgangssignal des Begrenzers 15 über einen Anpaßverstärker 19 mit negativem Vorzeichen als Zusatzsollwert Δs^* einem weiteren Summierpunkt 20 zugeführt, an dessen Ausgang ein endgültiger Sollwert für die Anstellposition s^* erzeugt wird. Am Summierpunkt 20 wird unterschieden, ob eine Zu- oder Abnahme der Walzkraft F_W durch eine Vergrößerung bzw. Verringerung des Walzspaltes aufgrund beispielsweise der sich ändernden Einlaufdicke h_e des Walzgutes 8 hervorgerufen wird oder ob sie umgekehrt durch eine Verringerung bzw. Vergrößerung des Walzspaltes 8 durch die Walzenexzentrizitäten ΔR verursacht wird. Dabei dient der von dem Begrenzer 15 kommende und über den Anpaßverstärker 19 dem Summierpunkt 20 zugeführte Zusatzsollwert Δs^* zur Kompensation der Walzenexzentrizitäten ΔR .

Der endgültige Sollwert für die Anstellposition am Ausgang des Summierpunktes 20 wird an einem zusätzlichen Summierpunkt 21 mit dem von dem Positiongeber 9 gelieferten Istwert s verglichen, wobei das Vergleichsergebnis über einen Positionsregler 22 und einen nachgeordneten Stellantrieb 23 zur Betätigung des Steuerventils 6 und damit zur Einstellung der Anstellposition s herangezogen wird.

Um die Breite der von dem Begrenzer 15 zusammen mit dem Summierpunkt 14 erzeugten Totzone b an

die jeweilige Amplitude der Walzenexzentrizitäten ΔR anpassen zu können, werden zunächst von dem Differenzsignal am Ausgang des Summierpunkts 13 mittels eines Abtastglieds 24 Stützwerte x_i erfaßt und einer Einrichtung 25 zur statistischen Auswertung der Stützwerte x_i zugeführt. In der Einrichtung 25 wird über einen Beobachtungszeitraum von N Stützwerten x_i deren Standardabweichung σ vom Mittelwert $\bar{x}$ mit $(1/N \cdot \sum x_i^2 - \bar{x}^2)^{1/2}$ ermittelt. Zur Herausfilterung der von den Exzentrizitäten ΔR herrührenden Signalschwankungen aus dem abgetasteten Differenzsignal erfolgt die Abtastung in Abhängigkeit von der Walzendrehzahl n . Dazu ist ein das Abtastglied 24 steuernder Steuerimpulsgeber 26 vorgesehen, dessen ausgangsseitige Steuerimpulsfrequenz in Abhängigkeit von der mit dem Drehzahlmesser 10 gemessenen Walzendrehzahl n gesteuert wird. Da der der statistischen Auswertung der Signalschwankungen zugrunde liegende Beobachtungszeitraum aus einer vorgegebenen Anzahl von N Stützwerten x_i besteht, ist automatisch auch der Beobachtungszeitraum an die jeweilige Walzenumlaufdauer angepaßt.

In Fig. 2 ist in einem Diagramm ein Beispiel für die statistische Häufigkeitsverteilung 27 der Stützwerte x_i in einem vorgegebenen Beobachtungszeitraum dargestellt. Ferner ist in dem Diagramm die dazugehörige Standardabweichung σ eingetragen. Um auch die außerhalb der Standardabweichung liegenden Restschwankungen der Stützwerte x_i hinreichend zu berücksichtigen, wird der ermittelte Wert für die Standardabweichung σ in einem der Einrichtung 25 nachgeordneten Korrekturglied 28 mit einem vorgegebenen Faktor im Bereich zwischen 2 und 3 multipliziert, bevor er einem Steuereingang 29 des Begrenzers 15 zur Einstellung der Zonenbreite b zugeführt wird.

In Fig. 3 ist ein Beispiel für den Verlauf der von den Exzentrizitäten ΔR hervorgerufenen Signalschwankungen am Ausgang des Summierpunkts 13 zusammen mit der in Abhängigkeit davon geregelten Zonenbreite b dargestellt.

Patentansprüche

- Verfahren zum Unterdrücken des Einflusses von Walzenexzentrizitäten (ΔR) auf die Regelung der Walzgutdicke (h_a) in einem Walzgerüst (1), wobei in der Regelung eine für von den Walzenexzentrizitäten (ΔR) verursachte Signalschwankungen unempfindliche Totzone (14, 15) vorgesehen ist, deren Zonenbreite (b) in Abhängigkeit von der Größe der Signalschwankungen variiert wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Variation der Zonenbreite (b) in Abhängigkeit von einer laufenden statistischen Auswertung der Signalschwankungen erfolgt.
- Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Bestimmung der Zonenbreite (b) die Standardabweichung (σ) der Signalschwankun-

gen von ihrem Mittelwert ($\bar{x}$) herangezogen wird.

- Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die für die Standardabweichung (σ) laufend ermittelten Werte mit einem vorgegebenen Faktor in der Größenordnung von etwa 1 bis 4, vorzugsweise 2 bis 3 gewichtet werden.
- Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der statistischen Auswertung der Signalschwankungen ein Beobachtungszeitraum zugrunde liegt, der der Walzenumlaufdauer oder einem Mehrfachen davon entspricht.
- Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß von den Signalschwankungen für ihre statistische Auswertung Stützwerte (x_i) mit einer Abtastfrequenz erfaßt werden, die in einem festen Verhältnis zur Walzendrehzahl (n) steht.
- Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur statistischen Auswertung die an der Totzone (14, 15) eingangsseitig anliegenden Signalschwankungen herangezogen werden.

Claims

- Method for suppressing the influence of roll eccentricities (ΔR) on the regulation of the rolled stock thickness (h_a) in a roll stand (1), whereby in the regulation a neutral zone (14, 15) which is insensitive to signal fluctuations caused by the roll eccentricities (ΔR) is provided, the zone width (b) of which is varied in dependence upon the magnitude of the signal fluctuations, characterized in that the variation of the zone width (b) takes place in dependence upon a continuous statistical evaluation of the signal fluctuations.
- Method according to claim 1, characterized in that the standard deviation (σ) of the signal fluctuations from their mean value ($\bar{x}$) is used to determine the zone width (b).
- Method according to claim 2, characterized in that the values continuously determined for the standard deviation (σ) are weighted by a given factor in the order of magnitude of about 1 to 4, preferably 2 to 3.
- Method according to one of the preceding claims, characterized in that an observation period underlies the statistical evaluation of the signal fluctuations, which period corresponds to the roll revolution duration or to a multiple thereof.

5. Method according to one of the preceding claims, characterized in that from the signal fluctuations for their statistical evaluation supporting values (x_i) are detected by a scanning frequency which is in a fixed ratio to the roll speed (n). 5
6. Method according to one of the preceding claims, characterized in that the signal fluctuations present at the neutral zone (14, 15) on the input side are used for the statistical evaluation. 10

Revendications

1. Procédé de suppression de l'influence d'excentricités (ΔR) de cylindres sur la régulation de l'épaisseur (h_a) de produits laminés dans une cage (1) de laminoir, une zone (14, 15) d'insensibilité à des fluctuations de signaux dues aux excentricités (ΔR) des cylindres, dont on fait varier la largeur (b) de zone en fonction de la grandeur des fluctuations du signal, étant prévue dans la régulation, caractérisé en ce que l'on fait varier la largeur (b) de la zone en fonction d'une exploitation statistique continue des fluctuations du signal. 15 20 25
2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'on utilise l'écart type (σ) des fluctuations du signal par rapport à sa valeur moyenne (x) pour déterminer la largeur (b) de la zone. 30
3. Procédé suivant la revendication 2, caractérisé en ce que l'on pondère les valeurs déterminées en continu pour l'écart type (σ) par un facteur prescrit de l'ordre d'à peu près 1 à 4, de préférence 2 à 3. 35
4. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'exploitation statistique des fluctuations du signal est basée sur un laps de temps d'observation qui correspond à la durée de rotation des cylindres ou à un multiple de celle-ci. 40
5. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'on détecte parmi les fluctuations du signal, pour leur exploitation statistique, des valeurs (x_i) d'appui à une fréquence d'échantillonnage, qui est en rapport fixe avec la vitesse (n) de rotation des cylindres. 45
6. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'on utilise, pour l'exploitation statistique, les fluctuations de signal présentes en entrée dans la zone (14, 15) d'insensibilité. 50 55

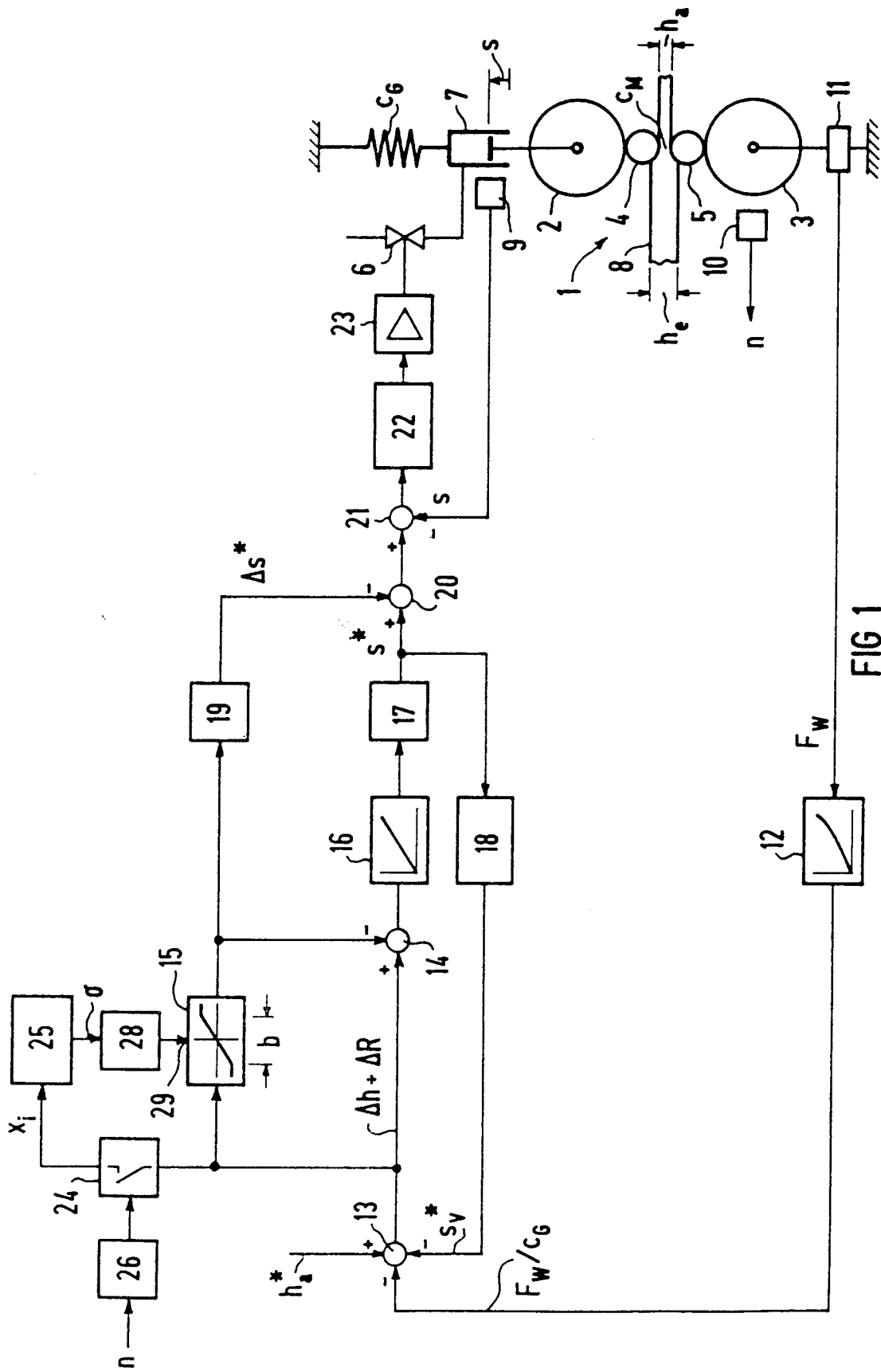


FIG 1

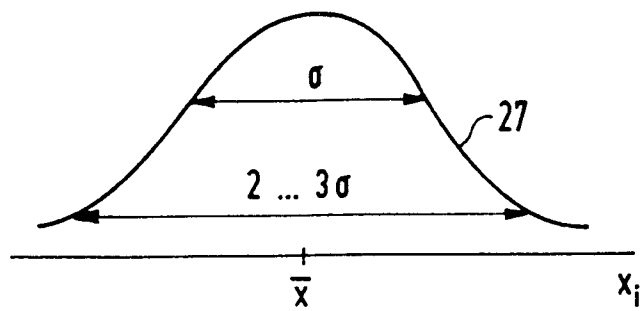


FIG 2

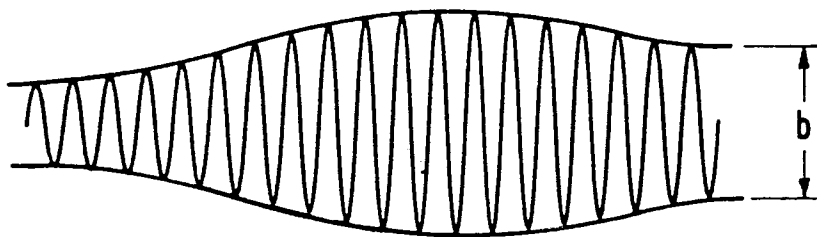


FIG 3