

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 424 709 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
18.09.1996 Patentblatt 1996/38

(51) Int. Cl.⁶: **B21B 37/00**

(21) Anmeldenummer: **90119151.0**

(22) Anmeldetag: **05.10.1990**

(54) **Verfahren zur Kompensation von durch Walzenexzentrizitäten verursachten Störungen**

Method for compensating failures due to roll eccentricity

Procédé pour compenser des défauts causés par des excentricités de cylindres

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE DE ES FR GB IT NL SE

• **Latzel, Siegfried**
W-5900 Siegen (DE)

(30) Priorität: **25.10.1989 DE 3935434**

(74) Vertreter: **Müller, Gerd, Dipl.-Ing. et al**
Patentanwälte
Hemmerich-Müller-Grosse
Pollmeier-Valentin-Gihske
Hammerstrasse 2
57072 Siegen (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.05.1991 Patentblatt 1991/18

(73) Patentinhaber: **SMS SCHLOEMANN-SIEMAG**
AKTIENGESELLSCHAFT
D-40237 Düsseldorf (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 170 016 **EP-A- 0 252 731**
EP-A- 0 407 628 **WO-A-85/00998**
DE-A- 2 605 183

(72) Erfinder:
• **Wolters, Hermann**
W-5912 Hilchenbach-Müsen (DE)

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 0 424 709 B1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Dickenregelung von Walzband und zur Kompensation von durch Walzenexzentrizitäten verursachten Störungen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

In den letzten Jahren nahmen die Forderungen nach zunehmend engeren Toleranzen in Bezug auf die Dicke gewalzter Bänder ständig zu. Es wurde bald festgestellt, daß sich bei dem Versuch, diese enge Toleranzen einzuhalten, der Einfluß von Walzenexzentrizitäten nachteilig auswirkt. Aus diesem Grunde wurden Schaltungen entwickelt, die den die Walzbandqualität minimierenden Einfluß durch Walzenexzentrizitäten kompensieren sollten.

Es ist z.B. bekannt, die Exzentrizität der Walzen zunächst bei zusammengefahrenen Walzen zu messen, diese Meßwerte abzuspeichern und diese Meßwerte während des Walzvorgangs zur Kompensation der Walzenexzentrizität wieder heranzuziehen. Änderungen in den Exzentrizitäten der Walzen durch Walzenverschleiß, thermisch beeinflusste Veränderungen, Veränderungen durch Schlupf usw. können durch dieses Kompensationsverfahren nicht mehr erkannt werden, so daß eine Kompensation, wenn überhaupt, nur unzureichend erfolgen kann.

Durch die EP-PS 0170016 gehört ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Kompensation des Einflusses von Walzenexzentrizitäten zum Stand der Technik, nach dem aus dem Istwert der Walzkraft, der Walzanstellung und der Gerüstfederkonstanten unter Zuhilfenahme der Stützwalzendrehzahl ein Störsignal herausgefiltert und über Oszillatoren nachgebildet wird. Das nachgebildete Störsignal dient zur Steuerung des Dickenreglers für das Walzgerüst.

Die Ursachen für Exzentrizitäten liegen in Schleifungenauigkeiten der Walzen, ungleichförmigem Verschleiß, Druckschwankungen in den Lagern der Walzen, thermisch bedingte Exzentrizitäten und andere mehr. Alle diese Störungen können an jeder Walze des Gerüsts auftreten und überlagern sich, so daß sich sehr komplexe Störsignalverläufe ergeben, die sich nur mit erheblichem Aufwand an Oszillatoren einigermaßen genau nachbilden lassen. Hinzu kommt, daß die verwendeten Walzen unterschiedliche Durchmesser aufweisen, daher mit unterschiedlichen Drehzahlen betrieben werden, so daß ein durch die Stützwalzendrehzahl gesteuertes Filter nicht für alle Walzen optimal eingestellt werden kann. Damit lassen sich auch nach diesem Verfahren Exzentrizitäten nur unzureichend kompensieren.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Dickenregelung von Walzband und zur Kompensation von Walzenexzentrizitäten aufzuzeigen, mit dem auch durch Überlagerung mehrerer Störeinflüsse entstandene komplexe Walzenexzentrizitäten exakt kompensiert werden können. Der Erfindung liegt weiterhin die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Durch-

führung des Verfahrens zur Walzenexzentrizitätskompensation weiterzubilden.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der Ansprüche 1 und 5 gelöst. Weiterbildende Merkmale lassen sich den Unteransprüchen entnehmen.

Die Erfindung wird anhand einer Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen

Figur 1 die schematische Darstellung eines Walzgerüsts mit Regeleinrichtungen,

Figur 2 die schematische Darstellung des Walzenexzentrizitäts-Kompensationskreises.

In Fig. 1 ist ein Walzgerüst 1 schematisch dargestellt. Das Walzgerüst 1 weist einen Aufnehmer 2 für die Istwalzkraft F_i und einen Aufnehmer 3 für die Istanstellung S_i auf. Dem Walzgerüst 1 ist ein Aufnehmer 4 für die Istbanddicke h_i des auslaufenden Bandes nachgeschaltet. Der Gerüstmodul M ist durch eine Feder dargestellt. Dem Walzgerüst 1 ist eine Dickenregelung zugeordnet, die aus einem Monitorregelkreis 5, einem Gaugemeterregelkreis 6 und einem Positionsregelkreis 7 besteht. Zusätzlich ist ein Walzenexzentrizitäts-Kompensationsregelkreis 8 vorgesehen. Über eine Eingabeinheit E läßt sich die Solldicke h_s des Bandes eingeben.

Fig. 2 zeigt den schematischen Aufbau des Walzenexzentrizitäts-Kompensationskreises 8. Der Kompensationskreis 8 besitzt einen A/D-Wandler 9 am Eingang sowie einen D/A-Wandler 10 am Ausgang. Ein nichtlineares Filter 11 ist mit dem A/D-Wandler 9 gekoppelt. Gleichzeitig ist der Ausgang des Gaugemeterkreises 6, an dem ein Positionsvorgabewert S_{AGC} abgreifbar ist über ein Verzögerungsglied 17, das dem Positionsvorgabewert S_{AGC} das dynamische Verhalten des Positionsregelkreises 7 aufprägt, an das Filter 11 geschaltet. Der A/D-Wandler 9 arbeitet weiterhin auf einen Negierer 12, der mit einem Addierer 13 verbunden ist. Auch der Ausgang des Filters 11 ist auf den Addierer 13 geschaltet. Der Ausgang des Addierers 13 ist mit einem Identifikationsglied 14 gekoppelt, das wiederum auf ein Rechenglied 15 zur Berechnung von Reglerparametern arbeitet. Die Ausgänge des Schaltkreises 15 und des Addierers 13 sind mit einem Regler 16 verbunden. Der Ausgang des Reglers 16 ist über den Begrenzer 18 und das Filter 19 einerseits auf das Identifikationsglied 14 und andererseits auf den D/A-Wandler 10 geführt.

Im folgenden wird die Funktion des Kompensationsregelkreises 8 beschrieben.

Der Kompensationsregelkreis 8 benötigt als Eingangssignale das Walzkraftsignal F_i sowie den vom Gaugemeterkreis 6 gebildeten Positionsvorgabewert S_{AGC} . Damit werden lediglich Signale benötigt, die bereits für die herkömmliche Dickenregelung zur Verfügung stehen, so daß zusätzliche Aufnehmer z.B. für die Drehzahl usw. nicht notwendig werden.

Das analoge Walzkraft-Istsignal F_i wird im A/D-Wandler 9 digitalisiert und dem Filter 11 aufgeschaltet. Es handelt sich bei dem Filter 11 um ein nichtlineares Tiefpaßfilter. Um das Walzkraft-Istsignal gut zu glätten, d.h. das höherfrequente Störsignal abzutrennen, gleichzeitig aber auch schnell auf Amplitudenänderungen des Eingangssignals reagieren zu können, wird das Filter 11 vom Positionsvorgabewert S_{AGC} gesteuert, wobei gleichzeitig das dynamische Verhalten des Positionsregelkreises 7 berücksichtigt wird. Das am Ausgang des Filters anstehende Walzkraftsignal wird im Addierer 13 zum im Negierer 12 negierten Walzkraft-Istsignal F_i addiert. Am Ausgang des Addierers 13 steht somit das durch die Walzenexzentrizitäten verursachte Störsignal F_s an.

Im Identifikationsglied 14 wird das dynamische Verhalten des Störsignals F_s identifiziert, d.h. die Z-Übertragungsfunktion des Störsignals F_s

$$\frac{F_s(Z)}{S_k(Z)} = \frac{b_1 Z^{-1} + \dots + b_n Z^{-n}}{1 + a_1 Z^{-1} + \dots + a_m Z^{-m}} \quad (1)$$

wird ermittelt.

Die unbekannten Parameter a_{1-m} , b_{1-n} werden dabei mit Hilfe eines rekursiven Parameterschätzverfahrens geschätzt.

Durch die vielen sich überlagernden Exzentrizitäten muß ein sehr komplexes Störsignal F_s nachgebildet werden, wodurch eine Differentialgleichung hoher Ordnung entstehen würde. Durch Vereinfachung läßt sich die Ordnung des Störsignals in dem Modell (1) ohne große Nachteile bei der Nachbildung erheblich reduzieren, so daß die Parameter des Signalmodells On-line geschätzt werden können. Durch die Vereinfachung muß die Abtastfrequenz erhöht werden; moderne Rechner werden jedoch diesen Anforderungen gerecht.

Im Rechenglied 15 werden in Abhängigkeit von der ermittelten Störsignal-Übertragungsfunktion (1) und unter Zuhilfenahme eines Reglersyntheseverfahrens die Parameter des Reglers 16 berechnet. Damit wird der Regler 16 an das aktuelle Störsignalverhalten adaptiert, und es werden unter Berücksichtigung des gewünschten Regelkreisverhaltens und des ermittelten Störsignals F_s Kompensationssignale S_k erzeugt. Damit keine zu großen Amplituden des Kompensationssignals S_k , die die Dicke des Walzbandes nachteilig beeinflussen könnten, auf den Positionsregelkreis 7 geschaltet werden, wird das Kompensationssignal S_k im Begrenzer 18 auf festlegbare maximale Amplituden begrenzt. Zur Beruhigung des Reglerausgangs kann das Kompensationssignal S_k mit einem Filter 19 geglättet werden. Nach D/A-Wandlung wird das Kompensationssignal S_k zum Positionsvorgabewert S_{AGC} des Gagemeterkreises 6 addiert. Das Kompensationssignal S_k wird gleichzeitig zum Identifikations-

Bezugszeichenübersicht

1	Walzgerüst
2	Aufnehmer F_i
3	Aufnehmer S_i
4	Aufnehmer h_i
5	Monitor-Regelkreis
6	Gagemeterkreis
7	Positionsregelkreis
8	Walzenexzentrizitäts-Kompensationsregelkreis
9	A/D-Wandler
10	DA-Wandler
11	Filter
12	Negierer
13	Addierer
14	Identifikationsglied
15	Rechenglied
16	Regler
17	Verzögerngsglied
18	Begrenzer
19	Filter

Patentansprüche

- Verfahren zur Dickenregelung von Walzband unter Anwendung des Gagemeterverfahrens sowie zur Kompensation von durch Walzenexzentrizitäten verursachten Störungen, bei dem die Größe des Walzspaltes, die Walzkraft und der Gerüstmodul berücksichtigt werden,
gekennzeichnet durch
 - a) die Trennung des auf der Exzentrizität von Walzen beruhenden Störsignals (F_s) vom Walzkraftistsignal (F_i),
 - b) die Nachbildung des so gewonnenen Störsignals (F_s) durch ein Modell und Bestimmung von Parametern für die Übertragungsfunktion dieses Modells mittels des Parameteridentifikationsverfahrens, wobei das Störsignals (F_s) sowie das rückgeführte Kompensationssignal (S_k) der Parameteridentifikation unterworfen wird,
 - c) die anschließende Berechnung der Reglerparameter in Abhängigkeit von den ermittelten Parametern der Störsignalmodell-Übertragungsfunktion und unter Zuhilfenahme eines Reglersyntheseverfahrens,
 - d) die Ermittlung des Kompensationssignals (S_k) aus dem Störsignal (F_s) und den entsprechenden Reglerparametern in einem adaptiven Regler (16) zur Kompensation der Exzentrizitätsstörung,
 - e) sowie die Aufschaltung des Kompensationssignals (S_k) auf einen Positionsregelkreis (7).
- Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß aus dem Walzkraftistsignal (F_i) über ein nichtli-

neares Filter (11), welches unter Berücksichtigung des dynamischen Verhaltens (Verzögerungsglied (17) des Positionsregelkreises (7) mit dem Positionsvorgabewert (S_{agc}) angesteuert wird, das Stör-signal (F_s) herausgefiltert wird, und daß durch Addition des so erhaltenen Walzkraftsignals mit dem Walzkraftistsignal (F_i) das Stör-signal (F_s) ermittelt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Stör-signalverlauf im Zuge der adaptiven Regelung durch Schätzung der Parameter mittels eines rekursiven Parameterschätzverfahrens als Übertragungsfunktion online nachgebildet wird.

4. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
daß aufgrund des Stör-signals (F_s) und von aus der Übertragungsfunktion abgeleiteten Reglerparametern ein Positionskorrektursignal (S_k) erzeugt wird, welches mit dem Positionsvorgabewert (S_{AGC}) des Gaugemeterkreises (6) zum Positionssollwert (S_{soll}) addiert wird.

5. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Positionskorrektursignal (S_k) in seiner Amplitude begrenztbar ist, und
daß durch Filtern des Reglerausgangs hochfrequente Kompensationssignale geglättet werden können.

6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, mit einem Monitor-Regelkreis (5), einem Gaugemeterregelkreis (6), einem Positionsregelkreis (7) sowie einem Exzentrizitäts-Regelkreis (8),
gekennzeichnet durch
einen Filter (11), welches aus dem Walzkraftistsignal (F_i), in Abhängigkeit vom positionsvorgabewert (S_{AGC}) des Gaugemeterkreises (6) das Stör-signal (F_s) herausgefiltert, wobei ein Verzögerungsglied (17) dem Positionsvorgabewert (S_{AGC}) das dynamische Verhalten des Positionsregelkreises (7) aufprägt, einen Addierer (13), der zum so erhaltenen Walzkraftsignal das negierte Walzkraftistsignal (F_i) addiert,
einen Identifikationskreis (14), in dem Parameter für die Übertragungsfunktion eines den Verlauf des Stör-signales (F_s) nachbildenden Modells ermittelt wird,
ein Rechenglied (15), das aus der Übertragungsfunktion des Stör-signal-Modells Reglerparameter ableitet, und einen adaptiven Regler (16), der aufgrund seiner Reglerstruktur der Reglerparameter und des Stör-signals (F_s) ein Positions-Korrektursi-

gnal (S_k) erzeugt, und dessen Ausgang mit dem Ausgang des Gaugemeterkreises (6) auf den Position-Regelkreis (7) geschaltet ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß ein A/D-Wandler (9) vorgesehen ist, der das Walzkraftistsignal (F_i) digitalisiert, und daß als Filter (11) ein nichtlineares digitales Tiefpaßfilter Anwendung findet.
8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7,
dadurch gekennzeichnet,
daß dem adaptiven Regler (16) ein Begrenzer (18) für das Positionskorrektursignal (S_k) sowie ein Filter (19) nachgeschaltet sind.

Claims

1. Method for the regulation of thickness of roll strip with use of the gauge metering process as well as for the compensation for disturbances caused by roll eccentricities, in which the magnitudes of the roll gap, roll force and stand module are taken into consideration, characterised by
- a) the separation of the disturbance signal (F_s), which is based on the eccentricity of rolls, from the actual roll force signal (F_i),
 - b) the simulation of the thus obtained disturbance signal (F_s) by a model and determination of parameters for the transfer function of this model by means of the parameter identification method, wherein the disturbance signal (F_s) as well as the compensation signal (S_k), which is fed back, is subjected to the parameter identification,
 - c) the subsequent calculation of the regulator parameter in dependence on the ascertained parameters of the transfer function of the disturbance signal model and with use of a regulator synthesising process,
 - d) the ascertaining of the compensation signal (S_k) from the disturbance signal (F_s) and the corresponding regulator parameters in an adaptive regulator (16) for the compensation for the eccentricity disturbance.
 - e) and the application of the compensation signal (S_k) to a position regulation circuit (7).
2. Method according to claim 1, characterised thereby that the disturbance signal (F_s) is filtered from the actual roll force signal (F_i) by way of a non-linear filter (11), which is controlled by the preset position value (S_{agc}) with consideration of the dynamic behaviour (delay element (17)) of the position regulating circuit (7) and that the disturbance signal (F_s) is ascertained by addition of the thus obtained roll force signal to the actual roll force signal (F_i)

3. Method according to claim 1 or 2, characterised thereby that the course of the disturbance signal is simulated on-line as transfer function in the course of the adaptive regulation by estimation of the parameter by means of a recursive parameter estimation process. 5
4. Method according to at least one of claims 1 to 3, characterised thereby that a position correction signal (S_k), which together with the preset position value (S_{AGC}) of the gauge metering circuit (6) is added to the target position value (S_{sol}), is produced on the basis of the disturbance signal (F_s) and of regulator parameters derived from the transfer function. 10 15
5. Method according to at least one of claims 1 to 4, characterised thereby that the position correction signal (S_k) can be limited in its amplitude and that high-frequency compensation signals can be smoothed by filtering the regulator output. 20
6. Device for carrying out the method according to at least one of claims 1 to 5, with a monitor regulating circuit (5), a gauge metering circuit (6), a position regulating circuit (7) as well as an eccentricity regulating circuit (8), characterised by a filter (11), which filters the disturbance signal (F_s) from the actual roll force signal (F_i) in dependence on the preset position value (S_{AGC}) of the gauge metering circuit (6), wherein a delay member (17) imposes the dynamic behaviour of the position regulating circuit (7) on the preset position value (S_{AGC}), an adder (13) which adds the negative actual roll force signal (F_i) to the thus obtained roll force signal, an identification circuit (14) in which a parameter for the transfer function of a model simulating the course of the disturbance signal (F_s) is ascertained, a computing member (15) which derives the regulator parameter from the transfer function of the disturbance signal model, and an adaptive regulator (16) which produces a position correction signal (S_k) on the basis of its regulation structure, the regulator parameter and the disturbance signal (F_s) and the output of which together with the output of the gauge metering circuit (6) is connected to the position regulating circuit (7). 25 30 35 40 45
7. Device according to claim 6, characterised thereby that an analog-to-digital converter (9) is provided, which digitalises the actual roll force signal (F_i), and that a non-linear digital low-pass filter is used as filter (11). 50
8. Device according to claim 6 or 7, characterised thereby that a limiter (18) for the position correction signal (S_k) as well as a filter (19) are connected downstream of the adaptive regulator (16). 55

Revendications

1. Procédé pour la régulation de l'épaisseur de feillard laminé en utilisant le procédé de jaugemètres ainsi que pour la compensation de défauts provoqués par des excentricités de cylindres, en tenant compte de la largeur de la fente de laminage, de la force de laminage et du module de la cage, caractérisé
 - a) par la séparation du signal de défaut (F_s) basé sur l'excentricité des cylindres du signal instantané de la force de laminage (F_i)
 - b) par la reproduction du signal de défaut (F_s) ainsi obtenu par un modèle et la détermination de paramètres pour la fonction de transmission de ce modèle à l'aide du procédé d'identification des paramètres, le signal de défaut (F_s) ainsi que le signal de compensation (S_k) sortant étant soumis à l'identification des paramètres,
 - c) par le calcul consécutif des paramètres de régulation en fonction des paramètres déterminés de la fonction de transmission du modèle du signal de défaut et à l'aide d'un processus de synthèse de régulation,
 - d) par la détermination du signal de compensation (S_k) à partir du signal de défaut (F_s) et des paramètres de régulation correspondants dans un régulateur d'adaptation (16) pour la compensation du défaut d'excentricité,
 - e) ainsi que par l'envoi du signal de compensation (S_k) dans un cycle (7) de régulation de la position.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on obtient le signal de défaut (F_s) en filtrant le signal instantané de la force de laminage (F_i) via un filtre (11) non linéaire, qui est commandé en tenant compte du comportement dynamique (élément de retard (17)) du cycle de régulation de la position (7) avec la valeur prévue de la position (S_{AGC}) et en ce qu'on détermine le signal de défaut (F_s) par addition du signal de la force de laminage ainsi obtenu avec le signal instantané de la force de laminage (F_i).
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'allure du signal de défaut, en vue de la régulation d'adaptation, est reproduit en temps réel par une estimation des paramètres à l'aide d'un processus d'estimation des paramètres par récurrence comme fonction de transmission.
4. Procédé selon une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que sur base du signal de défaut (F_s) et des paramètres de régulation déduits à partir de la fonction de transmission, on obtient un signal de correction de la position (S_k) qui est addi-

tionné à la valeur prévue de la position (S_{AGC}) du cycle (6) des jauge-mètres pour former la valeur de consigne de la position (S_{soll}).

5. Procédé selon une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'amplitude du signal de correction de la position (S_k) est limitée et en ce que des signaux de compensation à fréquence élevée peuvent être lissés en filtrant la sortie du régulateur. 5
10

6. Dispositif pour la réalisation du procédé selon au moins une quelconque des revendications 1 à 5, comportant un cycle de régulation de surveillance (5), un cycle de régulation de jauge-mètres (6), un cycle de régulation de la position (7) et un cycle de régulation de l'excentricité (8), caractérisé par un filtre (11) qui détermine, par filtration du signal instantané de la force de laminage (F_i), le signal de défaut (F_s) en fonction de la valeur prévue de la position (S_{AGC}) du cycle de jauge-mètres (6), un élément de retard (17) appliquant le comportement dynamique du cycle de régulation de la position (7) sur la valeur prévue de la position (S_{AGC}), par un totalisateur (13) qui additionne le signal de la force de laminage ainsi obtenu au signal instantané de la force de laminage (F_i) inversé, par un cycle d'identification (14), dans lequel on détermine les paramètres pour la fonction de transmission d'un modèle reproduisant l'allure du signal de défaut (F_s), par un élément de calcul (15) qui détermine les paramètres de régulation à partir de la fonction de transmission du modèle du signal de défaut et par un régulateur d'adaptation (16) qui obtient, sur base de sa structure de régulation, les paramètres de régulation et le signal de défaut (F_s), un signal de correction de la position (S_k) et dont la sortie est connectée avec la sortie du cycle de jauge-mètres (6) sur le cycle de régulation de la position (7). 15
20
25
30
35
40

7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'on a prévu un transformateur analogique/digital (9) qui digitalise le signal instantané de la force de laminage (F_i) et en ce qu'on utilise comme filtre (11) un filtre passe-bas digital non linéaire. 45

8. Dispositif selon la revendication 6 ou 7, caractérisé en ce qu'on dispose après le régulateur d'adaptation (16), un limiteur (18) pour le signal de la correction de la position (S_k) ainsi qu'un filtre (19). 50

55

Fig.1



