

(19)



(11)

**EP 1 986 795 B2**

(12)

**NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**  
Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:  
**19.08.2020 Patentblatt 2020/34**

(51) Int Cl.:  
**B21B 37/66 (2006.01)**

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:  
**18.09.2013 Patentblatt 2013/38**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2007/050248**

(21) Anmeldenummer: **07703793.5**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2007/096204 (30.08.2007 Gazette 2007/35)**

(22) Anmeldetag: **11.01.2007**

---

(54) **VERFAHREN ZUR UNTERDRÜCKUNG DES EINFLUSSES VON WALZENEXZENTRIZITÄTEN**  
METHOD FOR SUPPRESSING THE INFLUENCE OF ROLL ECCENTRICITIES  
PROCÉDÉ POUR DIMINUER L'INFLUENCE DES EXCENTRICITÉS DE CYLINDRES

---

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR**

- **NIEMANN, Martin**  
**24943 Flensburg (DE)**
- **WEISSHAAR, Bernhard**  
**91074 Herzogenaurach (DE)**
- **WOHLD, Dietrich**  
**91462 Rauschenberg (DE)**

(30) Priorität: **22.02.2006 DE 102006008574**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**05.11.2008 Patentblatt 2008/45**

(74) Vertreter: **Metals@Linz**  
**Primetals Technologies Austria GmbH**  
**Intellectual Property Upstream IP UP**  
**Turmstraße 44**  
**4031 Linz (AT)**

(73) Patentinhaber: **Primetals Technologies Germany GmbH**  
**91052 Erlangen (DE)**

(72) Erfinder:  
• **HOFBAUER, Josef**  
**91058 Erlangen (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 1 627 695 DE-A1- 1 809 639**  
**JP-A- 4 200 915 US-A1- 4 656 854**

**EP 1 986 795 B2**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Unterdrückung des Einflusses von Walzenexzentrizitäten auf die Auslaufdicke eines Walzgutes, welches ein Walzgerüst durchläuft, wobei die Walzenexzentrizitäten unter Verwendung eines Prozessmodells identifiziert werden und bei der Ermittlung eines Korrektursignals für mindestens eine Steuervorrichtung für ein Stellglied des Walzgerüsts berücksichtigt werden.

**[0002]** In Walzgerüsten finden sich häufig beispielsweise durch ungenau gearbeitete Stützwalzen oder durch nicht exakte Lagerung der Stützwalzen bedingte Exzentrizitäten der Walzen, die die Qualität des gewalzten Bandes beeinträchtigen, wobei sich je nach Steifigkeit des Walzgerüsts und des Walzgutes die Walzenexzentrizitäten mit der Drehzahl der exzentrizitätsbehafteten Walzen, in der Regel der Stützwalzen, in dem Band abbilden. Das Frequenzspektrum der Exzentrizitäten und der von ihnen hervorgerufenen Störungen im Band beinhaltet im Wesentlichen die Grundfrequenzen der oberen und unteren Stützwalzen; es sind aber auch höhere harmonische Oberschwingungen vorhanden, die allerdings häufig nur mit verminderten Amplituden in Erscheinung treten. Aufgrund geringfügig unterschiedlicher Durchmesser und Drehzahlen der oberen und unteren Stützwalze können die den Stützwalzen zugeordneten Frequenzen voneinander abweichen.

**[0003]** Die EP 0 170 016 B1 beschreibt ein Verfahren der eingangs genannten Art, wobei der Einfluss von Walzenexzentrizitäten bei der Position- oder Dickenregelung von Walzgerüsten kompensiert wird, wobei die Walzenexzentrizitäten auf Grundlage einer Messung der Walzkraft im Walzgerüst identifiziert werden. Zur Messung der Walzkraft werden in der Regel Öldruckgeber verwendet, deren Messwerte durch Reibungseinflüsse erheblich verfälscht werden. Dies bedingt, dass keine hinreichend zu verlässige und effektive Unterdrückung des Einflusses von Walzenexzentrizitäten mit Hilfe der Messgeräte erfolgen kann. Zuverlässigere und genauere Messmethoden für die Walzkraft sind zu teuer und zu aufwendig.

**[0004]** Aus der EP 0 698 427 B1 ist es bekannt, bei einem Verfahren zur Unterdrückung des Einflusses von Walzenexzentrizitäten die Auslaufdicke des Walzgutes anstelle der Walzkraft als Messwert zu verwenden. Dickenmessgeber sind jedoch sehr teuer und daher bei mehrgerüstigen Walzstrassen in der Regel nur vor und hinter dem ersten und nach dem letzten Walzgerüst vorgesehen.

**[0005]** Aus der US 4,656,854 A ist ein Verfahren zur Unterdrückung des Einflusses von Walzenexzentrizitäten auf die Auslaufdicke eines Walzgutes bekannt, wobei das Walzgut ein Walzgerüst durchläuft. Die Walzenexzentrizitäten werden unter Verwendung eines Prozessmodells identifiziert und bei der Ermittlung eines Korrektursignals für eine Steuereinrichtung für ein Stellglied des Walzgerüsts berücksichtigt. Zur Identifizierung der Walzenexzentrizitäten werden dem Prozessmodell Mess-

werte der im Walzgut herrschenden Zugkraft zugeführt.

**[0006]** Der JP 04 200 915 A ist ein ähnlicher Offenbarungsgehalt zu entnehmen.

**[0007]** Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Unterdrückung des Einflusses von Walzenexzentrizitäten bereitzustellen, welches die aus dem Stand der Technik bekannten und insbesondere die vorangehend beschriebenen Nachteile vermeidet.

**[0008]** Die Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Unterdrückung des Einflusses von Walzenexzentrizitäten auf die Auslaufdicke eines Walzgutes mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen dieses Verfahrens sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche 2 bis 4.

**[0009]** Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird auch gelöst durch ein Computerprogrammprodukt gemäß Patentanspruch 5.

**[0010]** Nachfolgend werden Vorteile und Einzelheiten der Erfindung beispielhaft und mit Bezug auf die Zeichnungen beschrieben. Es zeigen:

FIG 1 ein Walzgerüst in Verbindung mit einer Regelvorrichtung mit einem Prozessmodell,

FIG 2 eine schematische Darstellung des zum Identifizieren der Walzenexzentrizitäten verwendeten Beobachter-Prinzips,

FIG 3 die Ankopplung der Zugmessung an das Prozessmodell,

FIG 4 eine Einlaufdickenkompensation für die verwendeten Messwerte.

**[0011]** FIG 1 zeigt schematisch und beispielhaft ein Walzgerüst 1 einer Walzstrasse zum Walzen eines Walzgutes 10. Die Walzstrasse zum Walzen des Walzgutes 10 weist ein oder mehrere derartige Walzgerüste 1 auf. Vor oder nach dem Walzgerüst 1 kann ein weiteres Walzgerüst, eine Haspeltvorrichtung, eine Kühlvorrichtung und/oder eine andere Vorrichtung, z.B. zur thermischen und/oder mechanischen Walzgutbeeinflussung und/oder eine Einrichtung zum Transport des Walzgutes 10 vorgesehen sein. Das Walzgut 10 ist vorzugsweise ein Band, ein Profil, ein Draht oder eine Bramme. Z.B. kann das Walzgut 10 ein Metallband, beispielsweise ein Stahlband, ein Buntmetallband oder ein Aluminiumband sein.

**[0012]** Ein Walzgerüst 1 weist mindestens eine obere Stützwalze 4 mit einem Radius  $R_o$  und mindestens eine untere Stützwalze 5 mit einem Radius  $R_u$  auf. Das gezeigte Walzgerüst 1 weist mindestens eine obere Arbeitswalze 2 und mindestens eine untere Arbeitswalze 3 auf, wobei der Durchmesser der Arbeitswalzen 2 bzw. 3 in der Regel kleiner ist als der Durchmesser der Stützwalzen 4 bzw. 5. Im gezeigten Beispiel ist zur Regelung der Anstellposition des Walzgerüsts 1 eine über ein Steuerventil 6 betätigbare hydraulische Anstellvorrichtung 7 vorgesehen. Alternativ oder zusätzlich kann auch ein elektromechanisches Anstellsystem vorgesehen sein. Die Anstellvorrichtung 7 bzw. das nicht näher dargestell-

te Anstellensystem dienen zur Einstellung der Walzenanstellung  $s$ . Die hydraulische Anstellung 7 stützt sich auf dem Gerüststrahlen ab. Der elastische Gerüststrahlen ist symbolisch durch eine Feder mit der Federkonstanten  $C_G$  dargestellt.

**[0013]** Das Walzgerüst 1 wird von dem Walzgut 10 durchlaufen, wobei die Dicke des Walzgutes 10 beim Durchlaufen des Walzspalts unter Zuhilfenahme der Arbeitswalzen 2, 3 von der Einlaufdicke  $h_e$  auf die Auslaufdicke  $h_a$  verringert wird. Das Walzgut 10, dem im Walzspalt eine äquivalente Materialfeder mit der Federkonstanten  $C_M$  zugeordnet wird, läuft mit der Einlaufgeschwindigkeit  $v_{SE}$  in den Walzspalt ein und verlässt den Walzspalt mit der Auslaufgeschwindigkeit  $v_{SL}$ .

**[0014]** Die Walzenexzentrizitäten der oberen Stützwalze 4 bzw. der unteren Stützwalze 5 können ihre Ursache in ungleichmäßiger Walzenabnutzung, Verformungen durch Wärmespannungen und/oder den Abweichungen der geometrischen Zylinderachse der Walzen von den betrieblich sich einstellenden Rotationsachsen haben. Die Walzenexzentrizitäten sind mit  $\Delta R_o$  bzw.  $\Delta R_u$ , d.h. als Abweichungen von den idealen Stützwalzenradien  $R_o$  bzw.  $R_u$  bezeichnet.

**[0015]** Die Messung der Walzendrehzahl  $n_o$  bzw.  $n_u$  der oberen bzw. der unteren Stützwalze 4 bzw. 5 dient zur Ermittlung der Grundschwingung der Walzenexzentrizitäten. Unter der vereinfachenden Voraussetzung, dass sich die Ober- und Unterwalzen des Walzgerüsts 1 gleich schnell drehen, genügt es, die Drehzahl lediglich einer angetriebenen Walze, z.B. der unteren Arbeitswalze 3 mittels eines Drehzahlmessers 11 zu erfassen.

**[0016]** Sind, wie in den meisten Fällen, die Stützwalzen 4 und 5 die exzentrizitätsbehafteten Walzen, so wird in mindestens einer Umrechnungseinheit 14 bzw. 12 die gemessene Drehzahl der Arbeitswalze 2 bzw. 3 über das Verhältnis des Durchmessers der Arbeitswalze 2 bzw. 3 zum Durchmesser der Stützwalze 4 bzw. 5 in die Drehzahl  $n_o$  bzw.  $n_u$  der Stützwalze 4 bzw. 5 umgerechnet. Da in der Regel die Drehzahlen der oberen Walzen 4, 2 und der unteren Walzen 5, 3 aufgrund geringfügig verschiedener Durchmesser unterschiedlich sind, ist bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel sowohl ein Drehzahlmesser 13 oberhalb des Walzgutes 10 als auch ein Drehzahlmesser 11 unterhalb des Walzgutes 10 mit jeweils nachgeordneter Umrechnungseinheit 14 bzw. 12 zur Erfassung der Drehzahl  $n_o$  bzw.  $n_u$  vorgesehen.

**[0017]** Die Walzenanstellung  $s$  wird mit einem Positionsaufnehmer 9 an der Anstellvorrichtung 7 bzw. am Anstellensystem gemessen. Die Walzenanstellung  $s$  wird einer Regelvorrichtung 18 zugeführt. Zur Walzenexzentrizitätsidentifizierung und Unterdrückung wird der Regelvorrichtung 18 mindestens eine Walzendrehzahl  $n_o$  oder  $n_u$  zugeführt. Des Weiteren ist eine Zugmessvorrichtung 8 zur Messung der im Walzgut 10 herrschenden Zugkraft  $F_z$  vor dem Walzgerüst 1 vorgesehen. Die Zugmessvorrichtung 8 kann wie in FIG 1 angedeutet, eine Messrolle zur Zugmessung aufweisen. Diese Messrolle kann vorzugsweise segmentiert ausgebildet sein. Die Zugmess-

vorrichtung 8 kann auch als berührungslos arbeitende Zugmessvorrichtung ausgebildet sein. Eine entsprechende Einrichtung zur berührungslosen Messung der Zugkraft  $F_z$  in einem als Metallband ausgebildeten Walzgut 10 ist beispielsweise in der DE 198 39 286 B4 beschrieben.

**[0018]** Zur Identifizierung und/oder Unterdrückung von Walzenexzentrizitäten weist die Regelvorrichtung 18 ein Prozessmodell 27 auf. Das Prozessmodell 27 basiert auf einem Beobachter und modelliert das Verhalten des Walzspaltes und der Walzen 2 bis 5. Das Prozessmodell 27 wird dabei frequenzmäßig mit Hilfe der Walzgeschwindigkeit, d.h. z.B. mit Hilfe der ermittelten Walzendrehzahlen  $n_o$  bzw.  $n_u$  geführt. Der Zeitverlauf der zu modellierenden Störungen ist zwar periodisch, aber nicht rein sinusförmig. D.h. die zu modellierende Schwingung setzt sich aus einer Grundschwingung und mehreren Oberschwingungen zusammen.

**[0019]** Im Prozessmodell 27 werden den Exzentrizitätsfrequenzen zugeordnete sinusförmige Korrektursollwerte für ein Stellglied des Walzgerüsts 1 mit der passenden Phasenlage und Amplitude für die Position der Walzspaltregelung berechnet. Wie in FIG 1 gezeigt, können die Korrektursollwerte über eine Steuervorrichtung 19 und gegebenenfalls über ein Steuerventil 6 an die Anstellvorrichtung 7 bzw. an ein Anstellensystem gegeben werden. Durch die Verwendung der gemessenen Zugkraft  $F_z$  kann die geforderte Banddicke, d.h. die Auslaufdicke  $h_a$  des Walzgutes 10, mit Hilfe der Regelvorrichtung 18 äußerst gleichmäßig eingestellt werden. Durch die Walzenexzentrizität  $\Delta R_o$  bzw.  $\Delta R_u$  bedingte Dickenabweichungen können derart vermieden werden.

**[0020]** Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, beispielsweise mittels eines Druckfühlers 15 die Walzkraft  $F_w$  zu messen und bei der Identifizierung und Unterdrückung von Walzenexzentrizitäten zu berücksichtigen.

**[0021]** Mittels eines Dickenmessgerätes 16 kann alternativ oder zusätzlich die Dicke des Walzgutes 10, beispielsweise die Auslaufdicke  $h_a$ , gemessen werden.

**[0022]** FIG 2 zeigt schematisch und beispielhaft die zur Identifizierung von Walzenexzentrizitäten verwendete Struktur gemäß dem Beobachter-Prinzip. Dabei wird ein Sollwert  $s^*$  der Anstellposition sowohl einem realen Prozess 29, wie er z.B. in einem von einem Walzgut 10 durchlaufenen Walzgerüst 1 abläuft (siehe FIG 1), als auch einem Beobachtermodul 30 zugeführt. Das Beobachtermodul 30 weist das Prozessmodell 27 auf, mit Hilfe dessen Walzenexzentrizitäten identifiziert werden können und mit Hilfe dessen die identifizierten Walzenexzentrizitäten  $\Delta R_i$  für Kompensationszwecke bereitgestellt werden können. Unter Zuhilfenahme des Prozessmodells 27 kann vorzugsweise eine identifizierte Auslaufdicke  $h_{ai}$  ermittelt werden, welche zur Ermittlung eines Beobachterfehlers  $e$  mit der gemessenen Zugkraft  $F_z$  verknüpft werden kann. Die gemessene Zugkraft  $F_z$  wird dabei zunächst einem Modul 21 im Messkanal zugeführt, welches das Übertragungsverhalten von der Auslaufdicke bis zum Bandzug invers berücksichtigt. Mit

Hilfe des Moduls 21 wird derart der Messwert der Zugkraft  $F_z$  auf die Auslaufdicke umgerechnet und mit der mit Hilfe des Prozessmodells 27 ermittelten identifizierte Auslaufdicke  $h_{ai}$  verglichen. Die aus diesem Vergleich resultierende Differenz  $e$  bildet den Beobachterfehler  $e$ . Die Zustände des Prozessmodells 27 werden unter Berücksichtigung des Beobachterfehlers  $e$  solange korrigiert, bis Messung und Modell zumindest weitestgehend übereinstimmen und der Beobachterfehler  $e$  hinreichend gering bzw. null ist. Dann stimmen auch die im Prozessmodell 27 identifizierten Walzenexzentrizitäten  $\Delta R_i$  mit den tatsächlich im Walzgerüst 1 (siehe FIG 1) vorhandenen Walzenexzentrizitäten überein. Die vom Beobachtermodul 30 derart ermittelten identifizierten Walzenexzentrizitäten  $\Delta R_i$  ermöglichen eine äußerst zuverlässige und genaue Exzentrizitätskompensation.

**[0023]** Wie im in FIG 3 gezeigten Beispiel dargestellt, kann mittels eines Umschalters 20 eine Auswahl dahingehend erfolgen, ob das Prozessmodell 27 die Auslaufdicke  $h_a$ , die Walzkraft  $F_w$  oder die Zugkraft  $F_z$  bei der Identifizierung von Walzenexzentrizitäten berücksichtigen soll.

**[0024]** FIG 3 zeigt beispielhaft, wie das Übertragungsverhalten von der Anstellposition bis zum Bandzug bei der Verwendung der Zugkraft  $F_z$  zur Identifizierung und Unterdrückung von Walzenexzentrizitäten berücksichtigt werden kann. So ist im gezeigten Beispiel vorzugsweise im Messkanal ein Modul 21 vorgesehen, welches das Übertragungsverhalten von der Auslaufdicke bis zum Bandzug invers berücksichtigt. Vorzugsweise werden dabei die Messwerte der Zugkraft  $F_z$  mit der entsprechenden Übertragungsfunktion  $H_{zug}$  verknüpft. Dies kann beispielsweise durch Multiplikation mit einem Faktor erfolgen, welcher der inversen Übertragungsfunktion  $H_{zug}$  entspricht. Zusätzlich kann eine Adaptionsschaltung vorgesehen sein, die die Abhängigkeit von der Walzgeschwindigkeit  $v_B$  berücksichtigt. Vorzugsweise wird der am Ausgang des Moduls 21 vorliegende Wert, der unter Zuhilfenahme der Zugkraft  $F_z$  ermittelt wurde, dem Prozessmodell 27 zugeführt.

**[0025]** Wie auch dem in FIG 2 dargestellten Beispiel entnehmbar ist, bildet das Prozessmodell 27 vorzugsweise das Verhalten des Prozesses 29 von der Anstellposition  $s$  bzw. von dem Sollwert  $s^*$  der Anstellposition bis zur Auslaufdicke  $h_a$  nach. Soll alternativ oder zusätzlich zur Zugkraft  $F_z$  die Walzkraft  $F_w$  im Prozessmodell 27 berücksichtigt werden, so ist es zweckmäßig ein Modul 28 im Messkanal der Walzkraft  $F_w$  vorzusehen, welches eine geeignete Übertragungscharakteristik aufweist.

**[0026]** FIG 4 zeigt ein Beispiel für die Verwendung einer Einlaufdickenkompensation in Verbindung mit dem erfindungsgemäßen Verfahren. Dabei ist ein Dickenmessgeber 17 vor dem Walzgerüst 1 vorgesehen, mit Hilfe dessen eine gemessene Einlaufdicke  $h_{em}$  erfasst wird. Das gezeigte Einlaufdickenkompensationsmodul 22 weist ein Bandverfolgungsmodul 23 auf. Mit Hilfe des Bandverfolgungsmoduls 23 wird die gemessene Einlauf-

dicke  $h_{em}$  bis in das Walzgerüst 1 wegverfolgt. Unter Zuhilfenahme der Einlaufgeschwindigkeit  $v_{SE}$  wird eine wegverfolgte Einlaufdicke  $h_{ev}$  ermittelt. Das Bandverfolgungsmodul 23 arbeitet vorzugsweise modellbasiert.

**[0027]** Im gezeigten Beispiel weist das Einlaufdickenkompensationsmodul 22 mindestens ein Kompensationsmodell 24, 25, 26 auf, mit Hilfe dessen in Abhängigkeit von der verwendeten Messgröße  $m_E$  bzw. des entsprechenden Messwerts der Einfluss der Einlaufdicke  $h_e$  auf die Auslaufdicke  $h_a$  ermittelt wird. Da die Güte der Einlaufdickenkompensation wesentlich von dem oder den verwendeten Kompensationsmodellen 24, 25, 26 abhängt, sind im gezeigten Beispiel ein Kompensationsmodell 24 für die Verwendung der Auslaufdicke  $h_a$  als Messgröße  $m_E$ , ein Kompensationsmodell 25 für die Verwendung der Walzkraft  $F_w$  als Messgröße  $m_E$  und ein Kompensationsmodell 24 für die Verwendung der Zugkraft  $F_z$  als Messgröße  $m_E$  vorgesehen. Das vom Einlaufdickenkompensationsmodul 22 gegebene Kompensationssignal wird mit dem entsprechenden Messwert der Messgröße  $m_E$  zur Bildung einer kompensierten Messgröße  $m_K$  verknüpft.

**[0028]** Ein wesentlicher der Erfindung zugrunde liegender Gedanke lässt sich wie folgt zusammenfassen:

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Unterdrückung des Einflusses von Walzenexzentrizitäten auf die Auslaufdicke  $h_a$  eines Walzgutes 10, welches ein Walzgerüst 1 durchläuft, wobei die Walzenexzentrizitäten unter Verwendung eines Prozessmodells 27 identifiziert werden und bei der Ermittlung eines Korrektursignals für mindestens ein Stellglied, vorzugsweise ein Stellglied für die Anstellposition, des Walzgerüsts 1 berücksichtigt werden, wobei zur Identifizierung der Walzenexzentrizitäten dem Prozessmodell 27 die gemessene Zugkraft  $F_z$  im Walzgut 10 zugeführt wird. Erfindungsgemäß werden Zugkraftschwankungen zielgerichtet zur Reduktion der Auswirkungen periodischer Walzenexzentrizitäten auf das Walzgut 10 zurückgeführt, wohingegen alle anderen Schwankungsquellen ausgeschlossen werden. Das auf dem Beobachter-Prinzip basierende Prozessmodell 27 des Walzspaltes und der Walzen 2 bis 5 erzeugt, z.B. unter Zuhilfenahme der gemessenen Zugkraft  $F_z$ , der Walzenanstellung  $s$  und der Walzengeschwindigkeit bzw. der Walzendrehzahl, zuverlässige Daten über die Walzenexzentrizitäten. Erfindungsgemäß werden vorgegebene Abmessungen des Walzguts 10 gleichmäßiger als bisher erreicht. Zugmessvorrichtungen 8 arbeiten im Vergleich zu Messvorrichtungen für die Dicke  $h_e$  bzw.  $h_a$  des Walzgutes 10 und im Vergleich zu Messvorrichtungen für die Walzkraft  $F_w$  sehr genau und dynamisch. Vorzugsweise werden die in der Zugkraftschwankung enthaltenen und von der Walzenexzentrizität verursachten periodischen Schwingungsanteile gezielt zur Reduktion der exzentrizitätsbedingten, ungewünschten Dickenveränderung im Walz-

gut 10 verwendet. Auf Schwankungsanteile mit anderen Frequenzen ungleich der Exzentrizitätsfrequenzen wird nicht reagiert.

**[0029]** Von der Einlaufdicke herrührende periodische Dickenschwankungen mit Frequenzen, die nahezu gleich den Exzentrizitätsfrequenzen sind, können die Identifikation der Walzenexzentrizitäten stören. Deshalb kann eine Einlaufdickenkompensation vorgesehen werden, welche den Einfluss der Einlaufdickenschwankungen auf die verwendete Messgröße  $m_E$  ermittelt und kompensiert und derart diese Art von Störung beseitigt.

**[0030]** Die in bekannten Regelkonzepten einer beispielsweise als Tandemstraße ausgebildeten Walzstrasse vorhandenen Zugregler können auf Grund ihrer eingeschränkten Dynamik nur bei geringer Walzgeschwindigkeit und nur an den vorderen Gerüsten der Tandemstraße einen Teil der von den Exzentrizitäten verursachten Auswirkungen auf die Dicke vermeiden. Eine erfindungsgemäß ausgebildete Regelvorrichtung 18 zur Unterdrückung des Einflusses von Walzenexzentrizitäten, der die am Walzgut 10 gemessene Zugkraft  $F_Z$  zugeführt wird, kann an einem Walzgerüst 1 die Kompensation der Exzentrizitätsfrequenzen übernehmen und somit konventionelle Zugregler komplett entlasten.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Unterdrückung des Einflusses von Walzenexzentrizitäten auf die Auslaufdicke ( $h_a$ ) eines Walzgutes (10), welches ein Walzgerüst (1) durchläuft, wobei die Walzenexzentrizitäten unter Verwendung eines Prozessmodells (27) identifiziert werden und bei der Ermittlung eines Korrektursignals für mindestens eine Steuervorrichtung (19) für ein Stellglied des Walzgerüsts (1) berücksichtigt werden, wobei zur Identifizierung der Walzenexzentrizitäten dem mindestens einen Prozessmodell (27) Messwerte ( $m_E$ ) der im Walzgut (10) herrschenden Zugkraft ( $F_Z$ ) zugeführt werden, wobei eine Einlaufdickenkompensation der zur Identifizierung der Walzenexzentrizitäten verwendeten Messwerte ( $m_E$ ) erfolgt, wobei das Prozessmodell (27) zumindest den Walzspalt und die Walzen des Walzgerüsts (1) beschreibt.
2. Verfahren nach Patentanspruch 1, wobei die Zugkraft ( $F_Z$ ) vor oder nach dem Walzgerüst (1) gemessen wird.
3. Verfahren nach Patentanspruch 1 oder 2,
  - wobei ein Sollwert ( $s^*$ ) der Anstellposition ( $s$ ) einem realen Prozess (29) zugeführt wird, wie er im Walzgerüst (1) abläuft,
  - wobei der Sollwert ( $s^*$ ) der Anstellposition auch dem Modell (27) zugeführt wird,

- wobei das Modell (27) unter Berücksichtigung der identifizierten Walzenexzentrizitäten eine identifizierte Auslaufdicke ( $h_{ai}$ ) ermittelt,
- wobei die Messwerte ( $m_E$ ) der Zugkraft ( $F_Z$ ) einem Modul (21) zugeführt werden, welches das Übertragungsverhalten der im Walzgut (10) herrschenden Zugkraft ( $F_Z$ ) als Funktion der Anstellposition ( $s$ ) invers berücksichtigt, so dass anhand der erfassten Zugkraft ( $F_Z$ ) eine Auslaufdicke ( $h_a$ ) des Walzguts (10) ermittelt wird,
- wobei anhand der Differenz von anhand des Modells (27) ermittelter identifizierter Auslaufdicke ( $h_{ai}$ ) und anhand der erfassten Zugkraft ( $F_Z$ ) ermittelter Auslaufdicke ( $h_a$ ) ein Beobachterfehler ( $e$ ) ermittelt wird,
- wobei der Beobachterfehler ( $e$ ) dem Modell (27) zugeführt wird,
- wobei die Walzenexzentrizitäten anhand des Beobachterfehlers ( $e$ ) korrigiert werden, bis der Beobachterfehler ( $e$ ) hinreichend gering oder Null ist.

4. Verfahren nach Patentanspruch 3, wobei bei der Ermittlung der ermittelten Auslaufdicke ( $h_a$ ) die Abhängigkeit von der Walzgutgeschwindigkeit ( $v_B$ ) adaptiv berücksichtigt wird.
5. Computerprogrammprodukt umfassend Programmcode-Mittel geeignet zur Durchführung aller Schritte eines Verfahrens nach einem der vorangehenden Patentansprüche, wenn das Computerprogrammprodukt auf einem Datenverarbeitungssystem ausgeführt wird.

#### Claims

1. Method for suppressing the influence of roll eccentricities on the run-out thickness ( $h_a$ ) of a rolling stock item (10), which passes through a rolling stand (1), wherein the roll eccentricities are identified by the use of a process model (27) and are taken into account in the determination of a correction signal for at least one control device (19) for a final control element of the rolling stand (1), wherein measured values ( $m_E$ ) for the tensile force ( $F_Z$ ) prevailing in the rolling stock item (10) are fed to said at least one process model (27) to identify the roll eccentricities, wherein a run-in thickness compensation is effected on the measured values ( $m_E$ ) used to identify the roll eccentricities, wherein the process model (27) describes at least the rolling nip and the rolls of the rolling stand (1).
2. Method according to claim 1, wherein the tensile force ( $F_Z$ ) is measured upstream or downstream of the rolling stand (1).

3. Method according to claim 1 or 2,

- wherein a target value ( $s^*$ ) for the screwdown position ( $s$ ) is fed to a real process (29), such as e.g. takes place in the rolling stand (1),
- wherein the target value ( $s^*$ ) for the screwdown position is also fed to the model (27),
- wherein the model (27) determines an identified run-out thickness ( $h_{ai}$ ) by taking account of the identified roll eccentricities,
- wherein the measured values ( $m_E$ ) for the tensile force ( $F_z$ ) are fed to a module (21) which takes inverse account of the transfer behaviour of the tensile force ( $F_z$ ) prevailing in the rolling stock item (10) as a function of the screwdown position ( $s$ ), so that a run-out thickness ( $h_a$ ) of the rolling stock item (10) is determined on the basis of the captured tensile force ( $F_z$ ),
- wherein an observer error ( $e$ ) is determined on the basis of the difference between the identified run-out thickness ( $h_{ai}$ ) determined on the basis of the model (27) and the run-out thickness ( $h_a$ ) determined on the basis of the captured tensile force ( $F_z$ ),
- wherein the observer error ( $e$ ) is fed to the model (27),
- wherein the roll eccentricities are corrected on the basis of the observer error ( $e$ ), until the observer error ( $e$ ) is sufficiently small or zero.

4. Method according to claim 3, wherein the dependency on the strip speed ( $v_B$ ) is taken into account in an adaptive manner in the determination of the determined run-out thickness ( $h_a$ ).

5. Computer program product encompassing program code means suitable for carrying out all the steps of a method according to one of the preceding claims whenever the computer program product is executed on a data processing system.

### Revendications

1. Procédé destiné à supprimer l'influence d'excentricités des cylindres sur l'épaisseur de sortie ( $h_a$ ) d'un produit de laminage (10) qui traverse une cage de laminoir (1) ; dans lequel on identifie les excentricités des cylindres en utilisant un modèle de processus (27) et on les prend en compte lors de la détermination d'un signal de correction pour au moins un dispositif de commande (19) pour un organe de réglage de la cage de laminoir (1) ; dans lequel, à des fins d'identification des excentricités des cylindres, on achemine audit au moins un modèle de processus (27) des valeurs de mesure ( $m_E$ ) de la force de traction ( $F_z$ ) en vigueur dans le produit de laminage (10) ; dans lequel on procède à une compensation de

l'épaisseur d'entrée des valeurs de mesure ( $m_E$ ) utilisées à des fins d'identification des excentricités des cylindres ; dans lequel le modèle de processus (27) décrit au moins l'emprise et les cylindres de la cage de laminoir (1).

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on mesure la force de traction ( $F_z$ ) avant ou après la cage de laminoir (1).

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2,

- dans lequel on achemine une valeur de consigne ( $s^*$ ) de l'endroit de positionnement ( $s$ ) à un processus réel (29) tel qu'il se déroule dans la cage de laminoir (1) ;

- dans lequel on achemine la valeur de consigne ( $s^*$ ) de l'endroit de positionnement également au modèle (27) ;

- dans lequel le modèle (27) détermine, en prenant en compte les excentricités identifiées des cylindres, une épaisseur de sortie identifiée ( $h_{ai}$ ) ;

- dans lequel on achemine les valeurs de mesure ( $m_E$ ) de la force de traction ( $F_z$ ) à un module (21) qui prend en compte à l'inverse le comportement de transmission de la force de traction ( $F_z$ ) en vigueur dans le produit de laminage (10) comme fonction de l'endroit de positionnement ( $s$ ), d'une manière telle que, sur base de la force de traction enregistrée ( $F_z$ ), on détermine une épaisseur de sortie ( $h_a$ ) du produit de laminage (10) ;

- dans lequel, sur base de la différence de l'épaisseur de sortie identifiée ( $h_{ai}$ ) déterminée à partir du modèle (27) et sur base de l'épaisseur de sortie déterminée ( $h_a$ ) à partir de la force de traction enregistrée ( $F_z$ ), on détermine une erreur de l'observateur ( $e$ ) ;

- dans lequel l'erreur de l'observateur ( $e$ ) est acheminée au modèle (27) ;

- dans lequel on corrige les excentricités des cylindres à partir de l'erreur de l'observateur ( $e$ ) jusqu'à ce que l'erreur de l'observateur ( $e$ ) soit suffisamment minimale ou nulle.

4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel, lors de la détermination de l'épaisseur de sortie déterminée ( $h_a$ ), on procède à une prise en compte adaptative de la dépendance de la vitesse du produit de laminage ( $v_B$ ).

5. Produit de programme informatique comprenant des moyens de code de programme appropriés pour la mise en œuvre de toutes les étapes d'un procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, lorsque le produit de programme informatique est exécuté sur un système de traitement de données.

FIG 1

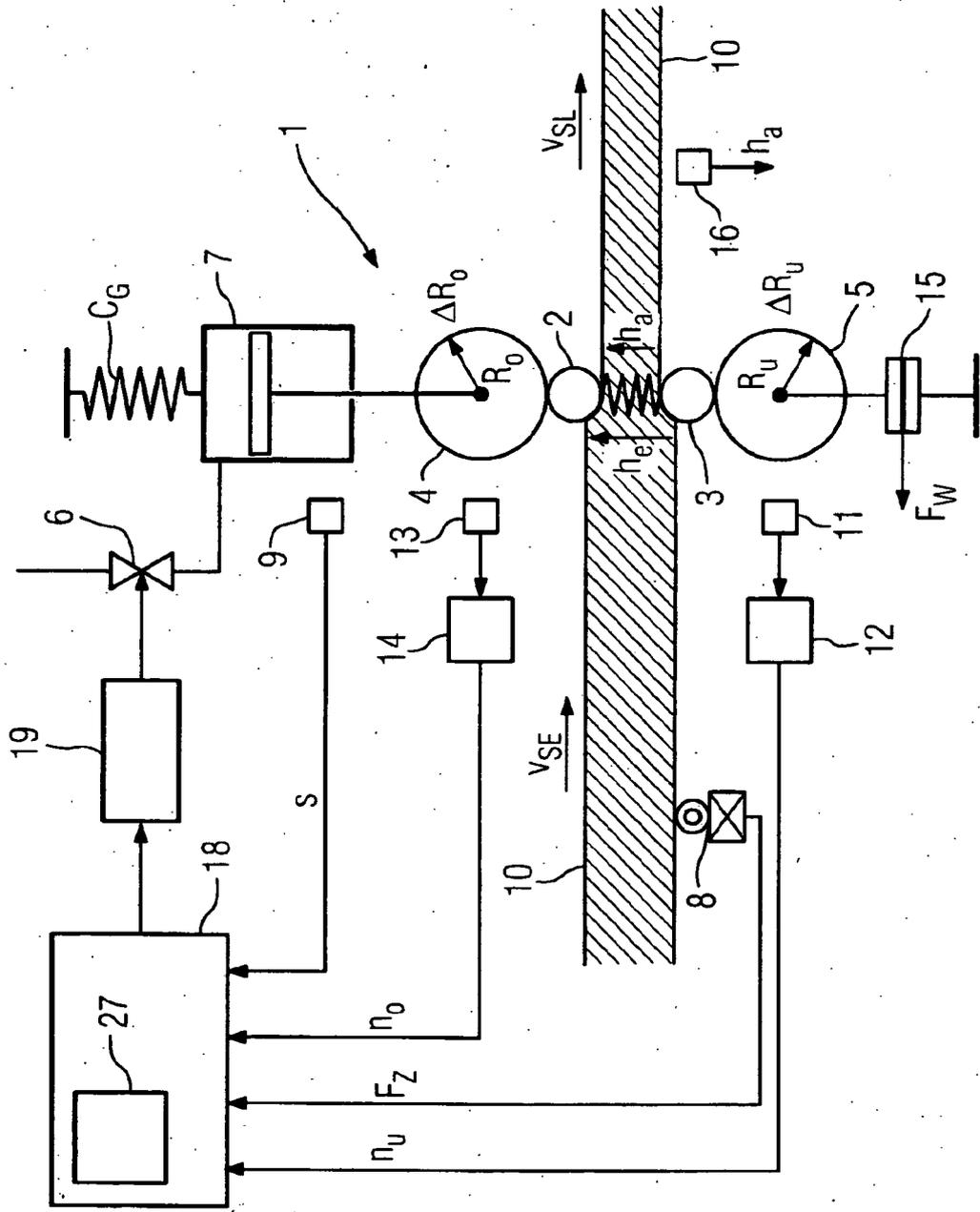


FIG 2

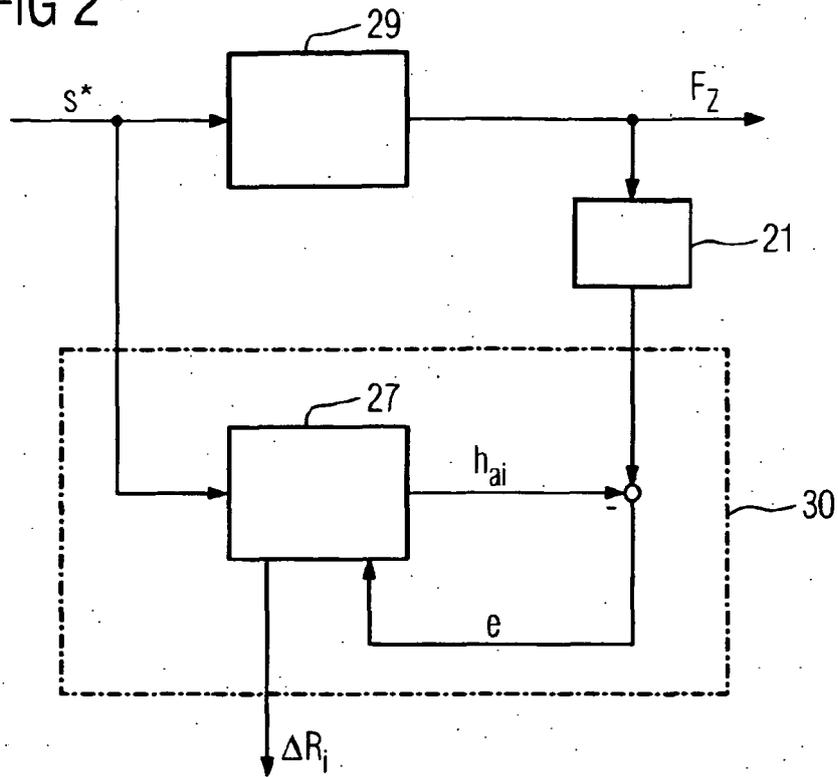


FIG 3

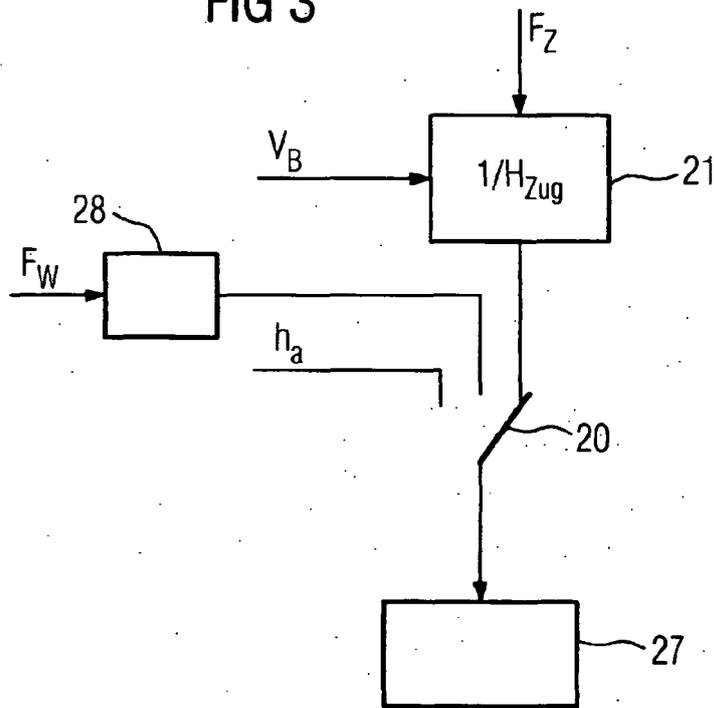
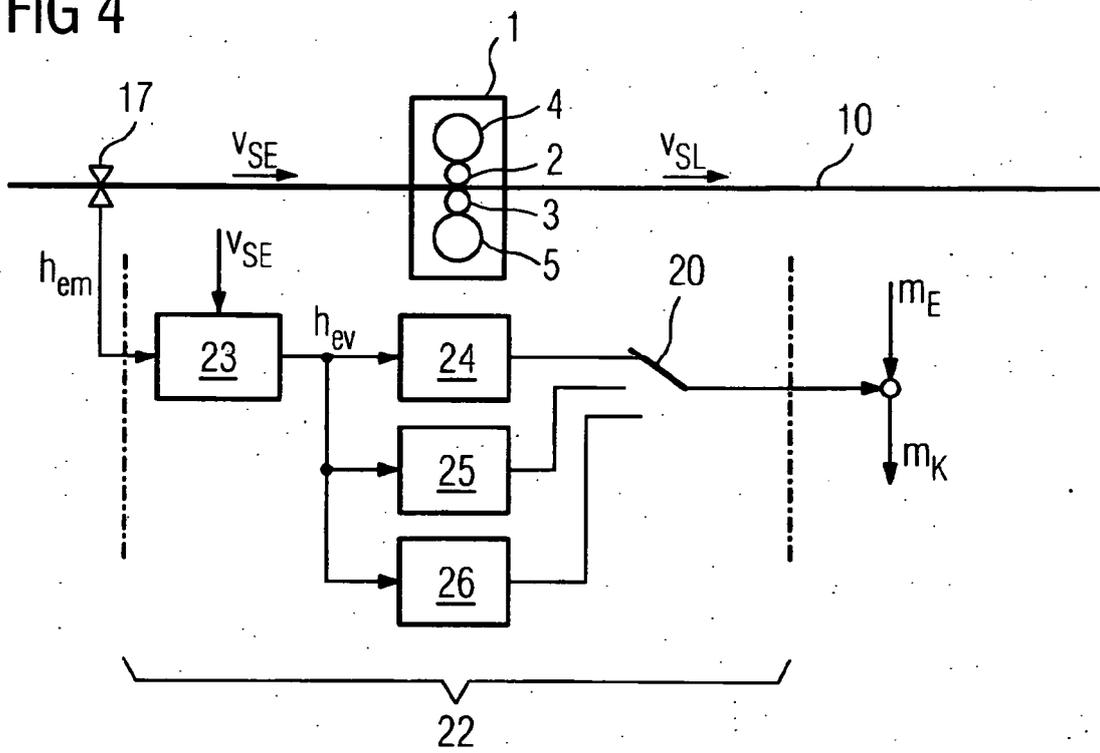


FIG 4



**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- EP 0170016 B1 [0003]
- EP 0698427 B1 [0004]
- US 4656854 A [0005]
- JP 04200915 A [0006]
- DE 19839286 B4 [0017]