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

(11) EP 1 627 695 A1

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
22.02.2006 Patentblatt 2006/08

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

(21) Anmeldenummer: **05107242.9**

(22) Anmeldetag: **05.08.2005**

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(30) Priorität: **17.08.2004 DE 102004039829**

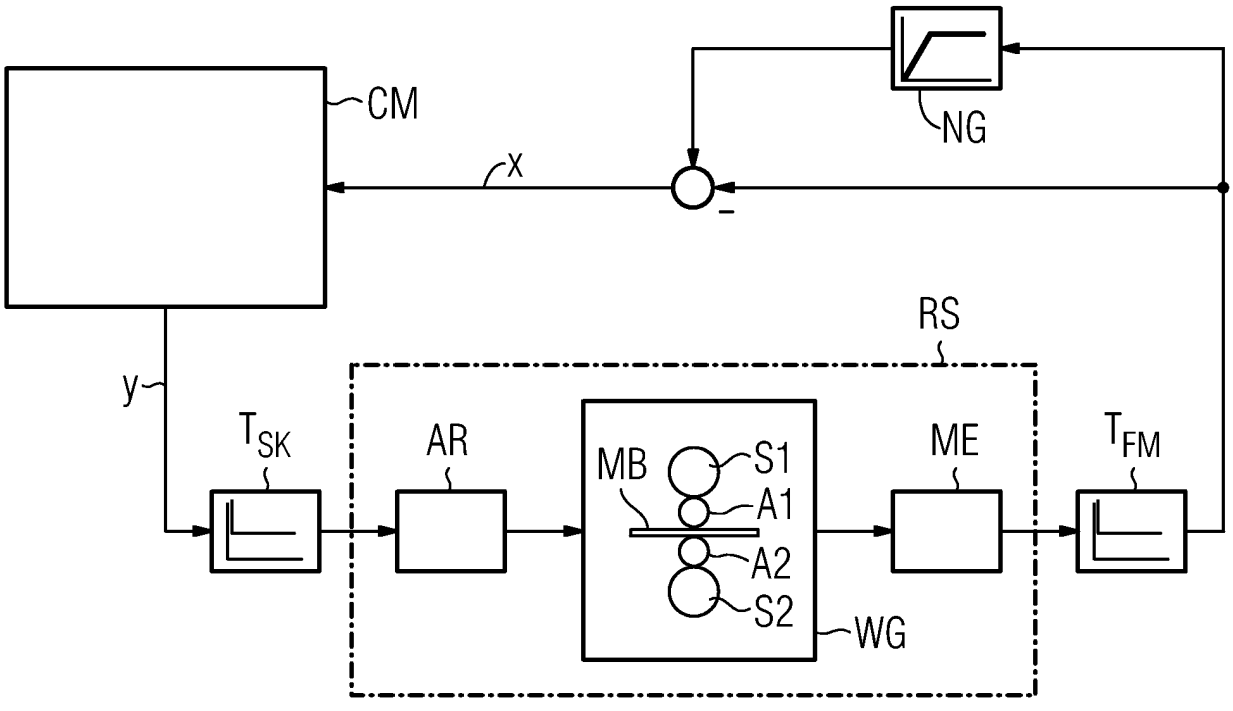
(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
80333 München (DE)

(72) Erfinder: **Tautz, Wilfried, Dr.**
91301 Forchheim (DE)

(54) Verfahren zur Kompensation periodischer Störungen

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Kompensation periodischer Störungen wie z.B. Walzenexzentrizitäten eines sich um seine Achse drehenden Bearbeitungsmittels einer Bearbeitungsvorrichtung für Material, wobei zur Modellierung der periodischen Störung an der Bearbeitungsvorrichtung und/oder am Material Messwerte erfasst werden, wobei die Erfassung der Messwerte in mehreren Abtastschritten je Umdrehung des Bearbeitungsmittels erfolgt. Zu jedem Abtastschritt werden aus den Messwerten in einem Kompensationsmodul (CM) aktualisierte Fourier-Koeffizienten (a_i, b_i) berechnet, die zur Ermittlung von Kompensationswerten zur Sollwertermittlung für Stellglieder der Bearbeitungsvorrichtung dienen. Derart können periodische Störungen äußerst schnell kompensiert werden, wobei sprungartige Änderungen der Sollwertvorgaben vermieden werden, Rechenzeit eingespart wird und etwaige Änderungen der periodischen Störung nahezu sofort bei der Regelung der Bearbeitungsvorrichtung berücksichtigt werden können.

FIG 3



EP 1 627 695 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Kompensation periodischer Störungen eines sich um seine Achse drehenden Bearbeitungsmittels einer Bearbeitungsvorrichtung für Material, wobei zur Modellierung der periodischen Störung an der Bearbeitungsvorrichtung und/oder am Material Messwerte erfasst werden, wobei die Erfassung der Messwerte in Abtastschritten erfolgt und während einer Umdrehung des Bearbeitungsmittels mehrere Messwerte erfasst werden, wobei aus den Messwerten Fourier-Koeffizienten berechnet werden, und aus den Fourier-Koeffizienten Kompensationswerte ermittelt werden, die zur Sollwertermittlung für Stellglieder der Bearbeitungsvorrichtung verwendet werden.

[0002] Periodische Störungen sind beispielsweise Walzenexzentrizitäten, wie sie z.B. in einer Walzstraße für Metall auftreten können. Der Begriff Walzenexzentrizität bezeichnet im Allgemeinen eine verhältnismäßig komplexe Unvollkommenheit in einem Walzgerüst und umfasst dabei z.B. eine Unrundheit von Arbeitswalzen, eine Unrundheit von Stützwalzen und/oder eine Exzentrizität zwischen der Achse der Walzenlager und der Achse des Walzkörpers. Periodische Störungen treten auch bei zylinderförmigen Vorrichtungen zum Auf- oder Abwickeln von beispielsweise Drähten oder Bändern auf. In diesem Zusammenhang ist unter anderem das Phänomen des Haspelschlags bekannt.

[0003] Die US 4,850,211 beschreibt ein Verfahren zur Unterdrückung von Walzenexzentrizitäten, wobei ein Wert für die Walzkraft während mehrerer Walzenumdrehungen erfasst wird und eine Fourier-Transformation über mehrere vollständige Walzenumdrehungen durchgeführt wird.

[0004] Auch die US 4,545,228 befasst sich mit der Unterdrückung von Walzenexzentrizitäten, erfasst diese jedoch im Gegensatz zur US 4,850,211 nicht im Frequenzbereich. Gemäß der US 4,545,228 wird eine Walzenumdrehung in mehrere Sektionen unterteilt. Für jede Sektion wird ein Wert der Walzenexzentrizität gemessen, gespeichert und zeitrichtig wieder ausgegeben. Ein derartiges Verfahren wird auch als "Repetitive Control" bezeichnet.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es, unerwünschte periodische Störungen, wie sie beispielsweise durch Walzenexzentrizitäten in Walzgerüsten erzeugt werden, schneller und zuverlässiger als aus dem Stand der Technik bekannt zu kompensieren.

[0006] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren zur Kompensation periodischer Störungen eines sich um seine Achse drehenden Bearbeitungsmittels einer Bearbeitungsvorrichtung für Material, wobei zur Modellierung der periodischen Störung an der Bearbeitungsvorrichtung und/oder am Material Messwerte erfasst werden, wobei die Erfassung der Messwerte in Abtastschritten erfolgt und während einer Umdrehung des Bearbeitungsmittels mehrere Messwerte erfasst werden, wobei aus den Messwerten Fourier-Koeffizienten berechnet werden, und aus den Fourier-Koeffizienten Kompensationswerte ermittelt werden, die zur Sollwertermittlung für Stellglieder der Bearbeitungsvorrichtung verwendet werden, wobei die Fourier-Koeffizienten nach jedem Abtastschritt aktualisiert werden.

[0007] Erfindungsgemäß wird in bzw. nach jedem Abtastschritt nur der in diesem Abtastschritt neu erfasste Messwert einer Fourier-Transformation unterzogen. Dies benötigt wesentlich weniger Rechenzeit als eine verhältnismäßig aufwendige Fourier-Transformation über eine oder mehrere vollständige Umdrehungen des Bearbeitungsmittels. Erfindungsgemäß wird in jedem Abtastschritt bzw. nach jedem Abtastschritt nur ein kleiner Teil einer Fourier-Transformation durchgeführt. Dabei werden alle Fourier-Koeffizienten um einen kleinen Betrag verändert, d.h. aktualisiert. Da in jedem Abtastschritt erfindungsgemäß ein schnell abzuarbeitender Algorithmus durchlaufen wird, ergibt sich ein insgesamt kontinuierliches Verhalten des Kompensationsverfahrens.

[0008] Die Aufgabe wird auch gelöst durch eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens mit einer Bearbeitungsvorrichtung für Material mit einem sich um seine Achse drehenden Bearbeitungsmittel und einer Regelungsvorrichtung für die Bearbeitungsvorrichtung, wobei die Bearbeitungsvorrichtung mindestens ein Stellglied zur Beeinflussung des Bearbeitungsmittels und mindestens eine Messvorrichtung zur Erfassung von Messwerten aufweist, wobei die Regelungsvorrichtung derart ausgebildet ist, dass sie unter Zuhilfenahme von Messwerten der Messvorrichtung Sollwerte für Stellglieder der Bearbeitungsvorrichtung ermittelt, wobei die Regelungsvorrichtung ein Modul zur schrittweisen Berechnung der Fourier-Koeffizienten und ein mit diesem gekoppeltes Modul zur Berechnung der Kompensationswerte aufweist. Die Vorteile der erfindungsgemäßen Vorrichtung ergeben sich analog zu denen des Verfahrens.

[0009] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung werden die nach jedem Abtastschritt geänderten Fourier-Koeffizienten zur Regelung der Bearbeitungsvorrichtung verwendet. Derart wird, insbesondere auch bei der Regelung der Bearbeitungsvorrichtung, ein diskontinuierliches Verhalten und Totzeiten vermieden. Abgetastete Werte gehen ohne Zeitverzug in die Fourier-Koeffizienten ein und werden so auch äußerst zeitnah bei der Kompensation von periodischen Störungen berücksichtigt.

[0010] Mit Vorteil wird zur Modellierung der periodischen Störung eine endliche Anzahl von Schwingungen verwendet, wobei die Anzahl der Schwingungen in Abhängigkeit von der Drehzahl des Bearbeitungsmittels anpassbar ist. Derart kann ein stabiler Betrieb auch bei hohen Drehzahlen gewährleistet werden. Insbesondere im Gegensatz zu Verfahren, die als "Repetitive Control" bezeichnet werden, kann so ein instabiles Verhalten bei der Kompensation vor allem sehr hochfrequenter Störungen vermieden werden.

[0011] Vorzugsweise werden periodische Störungen einer oder mehrerer Walzen eines Walzgerüstes für bandförmi-

ges Material kompensiert.

[0012] Eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung besteht darin, dass die Bearbeitungsvorrichtung als Walzgerüst für bandförmiges Material mit mindestens einer Walze als Bearbeitungsmittel ausgebildet ist.

[0013] In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung werden die Kompensationswerte für die Ermittlung des Sollwerts der Anstellung der ein oder mehreren Walzen eines Walzgerüsts verwendet.

[0014] Mit Vorteil werden Werte des Einlaufbandzugs des bandförmigen Materials als Messwerte erfasst.

[0015] Mit Vorteil werden Werte der Walzkraft des Walzgerüsts als Messwerte erfasst.

[0016] Mit Vorteil werden Werte der Auslaufbanddicke des bandförmigen Materials als Messwerte erfasst.

[0017] Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen in Form von Ausführungsbeispielen dargestellt. Es zeigen

FIG 1 ein schematisches Beispiel für ein erfindungsgemäßes Kompensationsmodul;

FIG 2 den Verlauf des Drehwinkels;

FIG 3 ein schematisches Beispiel für die Kopplung des erfindungsgemäßen Kompensationsmodul mit einer als Walzgerüst ausgebildeten Bearbeitungsvorrichtung.

[0018] FIG 1 zeigt ein Kompensationsmodul CM für eine periodische Störung. Die periodische Störung tritt an einem in der Zeichnung nicht näher dargestellten Bearbeitungsmittel einer Bearbeitungsvorrichtung für Material auf, wobei sich das Bearbeitungsmittel um seine eigene Achse dreht. Es ist eine nicht näher dargestellte Regelungsvorrichtung für die Bearbeitungsvorrichtung vorgesehen, die mindestens ein Kompensationsmodul CM aufweist. Dem Kompensationsmodul CM wird eine Eingangsgröße x zugeführt und es gibt eine Ausgangsgröße y aus. Die Werte der Eingangsgröße x dienen zur Modellierung der periodischen Störung im Kompensationsmodul CM. Die Werte der Eingangsgröße x sind Messwerte oder gehen aus Messwerten hervor, die an der Bearbeitungsvorrichtung und/oder am Material erfasst werden. Dabei können die Messwerte ggf. einer Aufbereitung unterliegen, bevor sie als Werte der Eingangsgröße x verwendet werden.

[0019] Das Kompensationsmodul CM weist ein Modul FA zur schrittweisen Berechnung von Fourier-Koeffizienten a_i und b_i auf. Des Weiteren weist das Kompensationsmodul CM ein Modul VG zur Berechnung von Kompensationswerten auf. Das Modul FA zur schrittweisen Berechnung von Fourier-Koeffizienten ist mit dem Modul VG zur Berechnung von Kompensationswerten gekoppelt.

[0020] Die Eingangsgröße x wird dem Modul FA zur schrittweisen Berechnung von Fourier-Koeffizienten zugeführt. Das Kompensationsmodul CM arbeitet mit einer Anzahl n sinusförmiger Schwingungen, die virtuell über den Umfang des sich drehenden Bearbeitungsmittels aufgetragen werden. Die Anzahl n der Schwingungen ist vorzugsweise sowohl Eingangsgröße des Moduls FA zur schrittweisen Berechnung von Fourier-Koeffizienten als auch Eingangsgröße des Moduls VG zur Berechnung von Kompensationswerten. Die n sinusförmigen Schwingungen werden durch jeweils zwei Fourier-Koeffizienten a_i und b_i für Werte von i = 1 bis n repräsentiert. Die Fourier-Koeffizienten a_i, b_i werden vom Modul FA zur schrittweisen Berechnung von Fourier-Koeffizienten berechnet und an das Modul VG zur Berechnung von Kompensationswerten gegeben.

[0021] Die Erfassung von Messwerten an der Bearbeitungsvorrichtung und/oder am Material erfolgt in Abtastschritten. Während einer Umdrehung des Bearbeitungsmittels werden mehrere Messwerte erfasst, d.h. die Dauer einer Umdrehung des Bearbeitungsmittels umfasst mindestens zwei Abtastschritte, in der Regel jedoch mehr. Aus den Messwerten ergeben sich die Werte der Eingangsgröße x unmittelbar oder nach einer Aufbereitung. Für jeden Abtastschritt liegt somit ein Wert der Eingangsgröße x vor, aufgrund dessen die Fourier-Koeffizienten a_i und b_i aktualisiert werden. Es ergibt sich so ein integrales Verhalten, das mit einem oder mehreren Verstärkungsfaktoren k_i eingestellt werden kann. Es ist auch möglich, nur einen Verstärkungsfaktor $k_I = k_i$ für i = 1, 2, ..., n zu verwenden.

[0022] Die Drehung des Bearbeitungsmittels wird durch die Änderung des Drehwinkels φ dargestellt, der sowohl dem Modul FA zur schrittweisen Berechnung von Fourier-Koeffizienten als auch dem Modul VG zur Berechnung von Kompensationswerten zugeführt wird. Das Modul VG zur Berechnung von Kompensationswerten ermittelt aufgrund der ihm zugeführten Eingangsgrößen, nämlich vorzugsweise Anzahl der Schwingungen n, Fourier-Koeffizienten a_i, b_i und Drehwinkel φ, Werte einer Ausgangsgröße y, welche als Kompensationswerte für die periodische Störung dienen. Diese Kompensationswerte werden ggf. weiter aufbereitet zur Sollwertermittlung für Stellglieder der Bearbeitungsvorrichtung verwendet.

[0023] Änderungen der Eingangsgröße x werden stets in Änderungen der Fourier-Koeffizienten a_i, b_i nachgeführt. Das insgesamt integrale Verhalten wird mit dem mindestens einen Verstärkungsfaktor k_i eingestellt. Anstatt einer Zeitkonstante ist dabei eine Winkelkonstante vorgesehen, die vorzugsweise dem Kehrwert des Verstärkungsfaktors k_i entspricht. Für eine Verstärkung von $k_i = 1$ bildet sich, falls am Eingang des Kompensationsmoduls CM eine passende Schwingung anliegt, diese Schwingung innerhalb einer Umdrehung des Bearbeitungsmittels in den Fourier-Koeffizienten

a_i, b_i ab und erscheint am Ausgang des Kompensationsmoduls CM. Das Schwingungsverhalten wird erfindungsgemäß fortlaufend, entsprechend den Abtastschritten, aktualisiert. Neben dem Verstärkungsfaktor k_l bzw. den Verstärkungsfaktoren k_i wird dem Modul FA zur schrittweisen Berechnung von Fourier-Koeffizienten auch ein Faktor k_r zugeführt. Für $k_r = 0$ ergibt sich ein integrales Verhalten. Für $k_r > 0$ werden die Fourier-Koeffizienten a_i, b_i negativ zurückgeführt und aus dem integralen Verhalten wird ein Verhalten, das einem Verzögerungsglied erster Ordnung entspricht. Ein Verzögerungsglied erster Ordnung wird auch als PT_1-Glied bezeichnet. Die Verstärkung des Verzögerungsglieds erster Ordnung wird durch das Verhältnis k_i / k_r bzw. k_l / k_r bestimmt.

[0024] Die Anzahl n der sinusförmigen Schwingungen kann während des Betriebs geändert werden. Wenn die Anzahl n verringert wird, werden die durch die Verringerung entfallenden Schwingungen durch rampenförmige Abklingvorgänge beseitigt, die sich über einen Abklingwinkel φ_a erstrecken. Wird die Anzahl n vergrößert, beginnen die neu hinzukommenden Schwingungen bei einer Amplitude mit dem Wert 0 oder bei dem Restwert, der für die jeweiligen Schwingungen bei einem eventuell noch laufenden Abklingvorgang noch vorhanden ist.

[0025] Bei einem sich sehr schnell drehenden Bearbeitungsmittel besteht die Gefahr, dass Schwingungen höherer Ordnung das Abtasttheorem verletzen können. Eine solche Verletzung liegt dann vor, wenn eine Schwingung weniger als zweimal pro Umdrehung abgetastet wird. Um Aliasingfehler zu vermeiden, werden derartige Schwingungen durch rampenförmige Abklingformgänge beseitigt, die sich über den Abklingwinkel φ_a erstrecken.

[0026] Man stelle sich einen Eingangszeiger und einen Ausgangszeiger in einem feststehenden Bezugssystem, vorzugsweise dem Bezugssystem der Bearbeitungsvorrichtung, vor. Beide Zeiger zeigen von außen auf das sich drehende Bearbeitungsmittel. Die Eingangsgröße x wirkt dann an der Stelle, auf die der Eingangszeiger gerade zeigt. Die Ausgangsgröße y ist die Überlagerung aller Schwingungen an der Stelle, auf die der Ausgangszeiger gerade zeigt. Da sich das Bearbeitungsmittel im Verhältnis zu dem feststehenden Bezugssystem drehend bewegt, ändern sich die Stellen des Bearbeitungsmittels, auf die die beiden Zeiger zeigen, mit der Drehung des Bearbeitungsmittels. Der Ausgangszeiger ruht im feststehenden Bezugssystem und zeigt vorzugsweise auf eine Stelle, an der sich Bearbeitungsmittel und bearbeitetes Material berühren. Der Eingangszeiger ist vom Ausgangszeiger in Drehrichtung um den Vorhaltewinkel φ_v entfernt. Der Vorhaltewinkel φ_v ist vorzugsweise Eingangsgröße für das Modul FA zur schrittweisen Berechnung von Fourier-Koeffizienten. Vorzugsweise kann der Vorhaltewinkel φ_v verändert werden.

[0027] Figur 2 zeigt den Verlauf des Drehwinkels φ über der Zeit t. Der Drehwinkel φ des sich drehenden Bearbeitungsmittels folgt dabei vorzugsweise einem sägezahnförmigen Verlauf, d.h. er ist von 0 auf fast 1 monoton steigend und fällt dann wieder auf 0 ab. Jeder Sägezahn entspricht dabei einer Umdrehung des Bearbeitungsmittels.

[0028] Für die Fourier-Koeffizienten a_i und b_i gilt:

$$(I)\quad a_i = k_i \cdot \Delta\varphi_x \cdot [x_{Alt} \cdot \cos(i \cdot 2\Pi \cdot \varphi_{xAlt}) + x \cdot \cos(i \cdot 2\Pi \cdot \varphi_x)] + (1 - k_R \cdot \Delta\varphi_x) \cdot a_i$$

$$(II)\quad b_i = k_i \cdot \Delta\varphi_x \cdot [x_{Alt} \cdot \sin(i \cdot 2\Pi \cdot \varphi_{xAlt}) + x \cdot \sin(i \cdot 2\Pi \cdot \varphi_x)] + (1 - k_R \cdot \Delta\varphi_x) \cdot b_i$$

jeweils für i = 1, 2, ..., n und mit

$$\varphi_x = \varphi - \varphi_V \quad \text{und} \quad \Delta\varphi_x = \varphi_x - \varphi_{xAlt},$$

wobei sich die Indizierung "Alt" jeweils auf den Wert der entsprechenden Variablen aus dem vorangehenden Abtastschritt bezieht.

[0029] Für die Ausgangsgröße y gilt:

$$(III)\quad y = \sum_{i=1}^{n} [a_i \cdot \cos(i \cdot 2\Pi \cdot \varphi) + b_i \cdot \sin(i \cdot 2\Pi \cdot \varphi)]$$

[0030] Figur 3 zeigt die Kopplung des erfindungsgemäßen Kompensationsmoduls CM mit einer als Walzgerüst WG ausgebildeten Bearbeitungsvorrichtung. Das Walzgerüst WG ist dabei lediglich schematisch mit zwei Arbeitswalzen A1, A2 und Stützwalzen S1, S2 dargestellt. Vorzugsweise weist das Walzgerüst WG mindestens zwei Walzen auf. Im gezeigten Beispiel wir mittels des Walzgerüstes WG vorzugsweise in einer Walzstraße ein als Metallband MB ausgebildetes Material bearbeitet.

[0031] Das Walzgerüst WG ist mit einer Anstellungsregelung AR und einer Einrichtung ME zur Messwerterfassung gekoppelt. Anstellungsregelung AR, Walzgerüst WG und Einrichtung ME zur Messwerterfassung bilden dabei die Regelstrecke RS für das Kompensationsverfahren. Um Verzögerungszeiten der Anstellungsregelung AR und der Messwerterfassung zu kompensieren sind zwischen der Regelstrecke RS und dem Kompensationsmodul CM Differenzierglieder T_{SK} bzw. T_{FM} vorgesehen. Die Differenzierglieder T_{SK} bzw. T_{FM} sind vorzugsweise als PD-Glieder ausgebildet, d.h. sie können als Parallelschaltung eines Proportionalgliedes (P-Glied) und eines Differenziergliedes (D-Glied) ausgebildet sein. Kennzeichnend für die Differenzierglieder T_{SK} bzw. T_{FM} sind ihre jeweiligen Zeitkonstanten.

[0032] Eingangsgröße x und Ausgangsgröße y des Kompensationsmodul CM liegen vorzugsweise als Abweichungen von Soll- bzw. Mittelwerten vor. Das Modul NG dient zur Berechnung der Abweichung der Messwerte vom Mittelwert der Messgröße, die als Maß für die periodische Störung, z.B. Walzenexzentritäten des Walzgerüsts WG, dient. Die Ausgangsgröße y bezieht sich vorzugsweise auf die Anstellung des Walzgerüsts WG. Die Erfassung von Messwerten der Messgröße mittels der Einrichtung ME erfolgt vorzugsweise als Bandzugmessung des Einlaufbandzugs. Alternativ oder zusätzlich kann die Walzkraft am Walzgerüst WG und/oder die Auslaufbanddicke des Metallbands MB erfasst werden. Die Differenzierglieder T_{SK} und T_{FM} kompensieren Verzögerungszeiten durch die jeweils umgekehrte Übertragungsfunktion des die Verzögerungszeit verursachenden Vorgangs.

[0033] Der Grundgedanke der Erfindung lässt sich im Wesentlichen wie folgt zusammenfassen: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Kompensation periodischer Störungen wie z.B. Walzenexzentrizitäten eines sich um seine Achse drehenden Bearbeitungsmittels einer Bearbeitungsvorrichtung für Material, wobei zur Modellierung der periodischen Störung an der Bearbeitungsvorrichtung und/oder am Material Messwerte erfasst werden, wobei die Erfassung der Messwerte in mehreren Abtastschritten je Umdrehung des Bearbeitungsmittels erfolgt. Zu jedem Abtastschritt werden aus den Messwerten in einem Kompensationsmodul CM aktualisierte Fourier-Koeffizienten a_i, b_i berechnet, die zur Ermittlung von Kompensationswerten zur Sollwertermittlung für Stellglieder der Bearbeitungsvorrichtung dienen. Derart können periodische Störungen äußerst schnell kompensiert werden, wobei sprungartige Änderungen der Sollwertvorgaben vermieden werden, Rechenzeit eingespart wird und etwaige Änderungen der periodischen Störung nahezu sofort bei der Regelung der Bearbeitungsvorrichtung berücksichtigt werden können.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Kompensation periodischer Störungen eines sich um seine Achse drehenden Bearbeitungsmittels einer Bearbeitungsvorrichtung für Material, wobei zur Modellierung der periodischen Störung an der Bearbeitungsvorrichtung und / oder am Material Messwerte erfasst werden, wobei die Erfassung der Messwerte in Abtastschritten erfolgt und während einer Umdrehung des Bearbeitungsmittels mehrere Messwerte erfasst werden, wobei aus den Messwerten Fourier-Koeffizienten (a_i, b_i) berechnet werden, und aus den Fourier-Koeffizienten (a_i, b_i) Kompensationswerte ermittelt werden, die zur Sollwertermittlung für Stellglieder der Bearbeitungsvorrichtung verwendet werden,
   dadurch gekennzeichnet , dass die Fourier-Koeffizienten (a_i, b_i) nach jedem Abtastschritt aktualisiert werden.

2. Verfahren nach Patentanspruch 1,
   dadurch gekennzeichnet , dass die nach jedem Abtastschritt geänderten Fourier-Koeffizienten (a_i, b_i) zur Regelung der Bearbeitungsvorrichtung verwendet werden.

3. Verfahren nach einem der vorangehenden Patentansprüche,
   dadurch gekennzeichnet , dass zur Modellierung der periodischen Störung eine endliche Anzahl (n) von Schwingungen verwendet wird, wobei die Anzahl (n) der Schwingungen in Abhängigkeit von der Drehzahl des Bearbeitungsmittels anpassbar ist.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Patentansprüche,
   dadurch gekennzeichnet , dass periodische Störungen einer oder mehrerer Walzen eines Walzgerüstes (WG) für bandförmiges Material kompensiert werden.

5. Verfahren nach Patentanspruch 4,
   dadurch gekennzeichnet , dass die Kompensationswerte für die Ermittlung des Sollwerts der Anstellung der ein

oder mehreren Walzen verwendet werden.

6. Verfahren nach Patentanspruch 4 oder 5,
dadurch gekennzeichnet , dass Werte des Einlaufbandzugs des bandförmigen Materials als Messwerte erfasst werden.

7. Verfahren einem der Patentansprüche 4 bis 6,
dadurch gekennzeichnet , dass Werte der Walzkraft des Walzgerüsts (WG) als Messwerte erfasst werden.

8. Verfahren nach einem der Patentansprüche 4 bis 7,
dadurch gekennzeichnet , dass Werte der Auslaufbanddicke des bandförmigen Materials als Messwerte erfasst werden.

9. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorangehenden Patentansprüche mit einer Bearbeitungsvorrichtung für Material mit einem sich um seine Achse drehenden Bearbeitungsmittel und einer Regelungsvorrichtung für die Bearbeitungsvorrichtung, wobei die Bearbeitungsvorrichtung mindestens ein Stellglied zur Beeinflussung des Bearbeitungsmittels und mindestens eine Messvorrichtung zur Erfassung von Messwerten aufweist, wobei die Regelungsvorrichtung derart ausgebildet ist, dass sie unter Zuhilfenahme von Messwerten der Messvorrichtung Sollwerte für Stellglieder der Bearbeitungsvorrichtung ermittelt, wobei die Regelungsvorrichtung ein Modul (FA) zur schrittweisen Berechnung der Fourier-Koeffizienten (a_i, b_i) und ein mit diesem gekoppeltes Modul (VG) zur Berechnung der Kompensationswerte aufweist.

10. Vorrichtung nach Patentanspruch 9,
dadurch gekennzeichnet , dass die Bearbeitungsvorrichtung ein Walzgerüst (WG) für bandförmiges Material mit mindestens einer Walze als Bearbeitungsmittel ist.

FIG 1

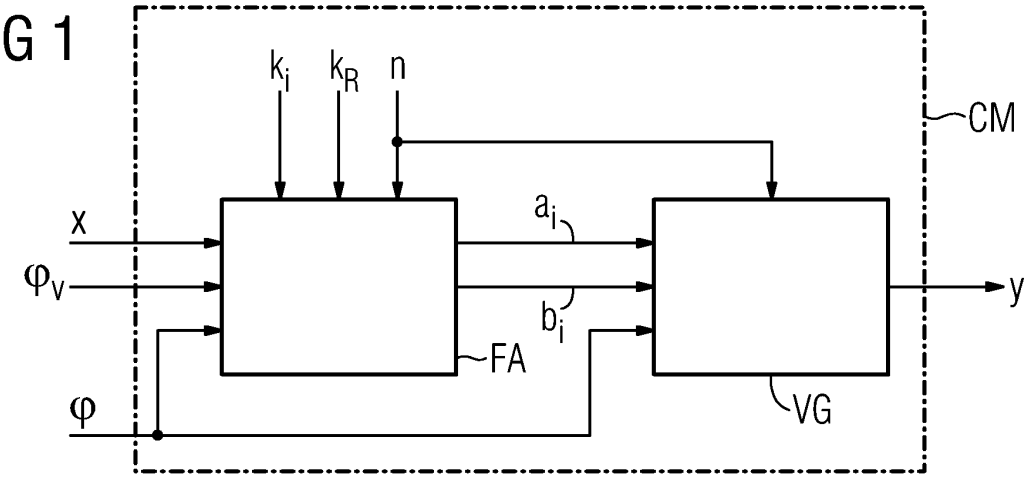


FIG 2

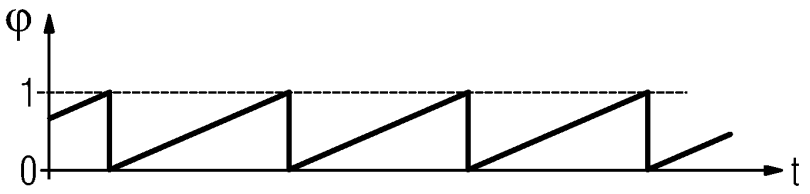
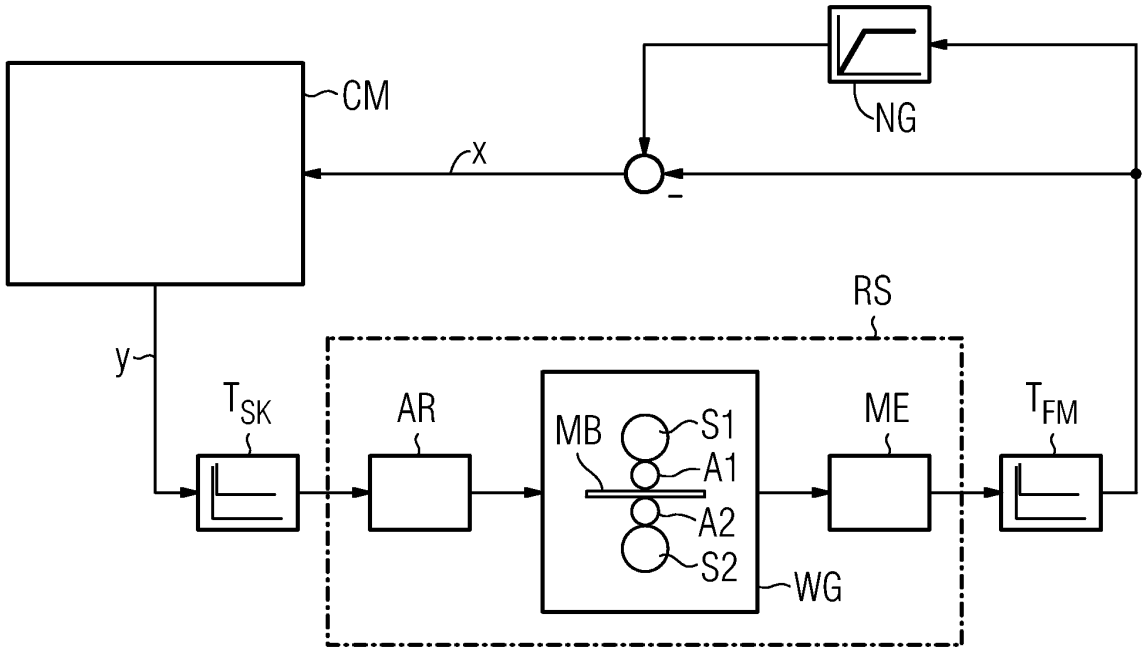


FIG 3



Europäisches Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 05 10 7242

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A,D	US 4 850 211 A (SEKIGUCHI ET AL) 25. Juli 1989 (1989-07-25) * Spalte 2, Zeile 45 - Zeile 61 *	1-9	B21B37/66
A	US 4 763 273 A (ANBE ET AL) 9. August 1988 (1988-08-09) * Ansprüche 1,4 *	1-9	
A	WO 98/24567 A (VOEST-ALPINE INDUSTRIEANLAGENBAU GMBH; KUGI, ANDREAS; HAAS, WERNER; AI) 11. Juni 1998 (1998-06-11) * Anspruch 1; Abbildung 1 *	1-9	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 007, Nr. 197 (M-239), 27. August 1983 (1983-08-27) & JP 58 097417 A (ISHIKAWAJIMA HARIMA JUKOGYO KK), 9. Juni 1983 (1983-06-09) * Zusammenfassung *	1-9	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 012, Nr. 484 (M-776), 16. Dezember 1988 (1988-12-16) & JP 63 203210 A (TOSHIBA CORP), 23. August 1988 (1988-08-23) * Zusammenfassung *	1-9	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) B21B

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München	14. November 2005	Forciniti, M

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie
A : technologischer Hintergrund
O : nichtschriftliche Offenbarung
P : Zwischenliteratur

T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze
E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument
L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR. EP 05 10 7242

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

14-11-2005

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4850211 A	25-07-1989	AU 583186 B2	20-04-1989
		AU 7227687 A	12-11-1987
		CA 1303707 C	16-06-1992
		JP 1814074 C	18-01-1994
		JP 5021651 B	25-03-1993
		JP 62254915 A	06-11-1987
		KR 9003970 B1	07-06-1990
US 4763273 A	09-08-1988	KEINE	
WO 9824567 A	11-06-1998	AT 407015 B	27-11-2000
		AT 211196 A	15-04-2000
		AU 5110198 A	29-06-1998
		EP 0942791 A1	22-09-1999
JP 58097417 A	09-06-1983	JP 1593891 C	14-12-1990
		JP 2018169 B	24-04-1990
JP 63203210 A	23-08-1988	JP 2070723 C	10-07-1996
		JP 7106375 B	15-11-1995

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82