

(19)



(11)

**EP 3 419 771 B2**

(12)

**NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**  
Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:  
**30.11.2022 Patentblatt 2022/48**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**B21B 37/66** <sup>(2006.01)</sup>

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:  
**29.05.2019 Patentblatt 2019/22**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**B21B 37/66; B21B 37/58**

(21) Anmeldenummer: **17704240.5**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2017/052813**

(22) Anmeldetag: **09.02.2017**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2017/144278 (31.08.2017 Gazette 2017/35)**

**(54) VOLLSTÄNDIGE KOMPENSATION VON WALZENEXZENTRIZITÄTEN**

COMPLETE COMPENSATION OF ROLL ECCENTRICITIES

COMPENSATION COMPLETE DES EXCENTRICITES DE CYLINDRE

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

• **SCHMIDT, Birger**  
**09618 Brand-Erbisdorf (DE)**

(30) Priorität: **23.02.2016 EP 16156857**

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

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**02.01.2019 Patentblatt 2019/01**

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

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A1-98/24567 DE-A1- 2 416 867**  
**DE-A1- 2 416 867 JP-A- S63 157 713**  
**JP-A- 2002 282 917 JP-A- 2002 282 917**

(72) Erfinder:  
• **KURZ, Matthias**  
**91052 Erlangen (DE)**

**EP 3 419 771 B2**

**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung geht aus von einem Betriebsverfahren für ein Walzgerüst zum Walzen eines flachen Walzguts aus Metall,

- wobei das Walzgerüst einen oberen Walzensatz und einen unteren Walzensatz aufweist,
- wobei der obere Walzensatz zumindest eine obere Arbeitswalze und eine obere Stützwalze aufweist und der untere Walzensatz zumindest eine untere Arbeitswalze und eine untere Stützwalze aufweist,
- wobei das Walzgerüst zumindest zeitweise in einem Normalbetrieb betrieben wird,
- wobei das Walzgerüst während des Walzens des flachen Walzguts im Normalbetrieb betrieben wird,
- wobei während des Walzens des flachen Walzguts eine Steuereinrichtung für das Walzgerüst kontinuierlich

-- anhand von ersten Größen, die für eine Exzentrizität der Stützwalzen des Walzgerüsts als Funktion einer Drehstellung mindestens einer Walze des Walzgerüsts charakteristisch sind, und zweiten Größen, die für eine Exzentrizität der Arbeitswalzen des Walzgerüsts als Funktion einer Drehstellung mindestens einer Walze des Walzgerüsts charakteristisch sind, einen von der Drehstellung der mindestens einen Walze des Walzgerüsts abhängigen Kompensationswert ermittelt,  
 -- einen Walzspaltsollwert für das Walzgerüst um den ermittelten Kompensationswert korrigiert und  
 -- einen Walzspalt des Walzgerüsts entsprechend dem korrigierten Walzspaltsollwert einstellt,

so dass das flache Walzgut mittels des Walzgerüsts entsprechend dem korrigierten Walzspaltsollwert gewalzt wird,

- wobei die Drehstellung nur der Arbeitswalzen oder nur der Stützwalzen des Walzgerüsts erfasst und von der Steuereinrichtung entgegengenommen werden,
- wobei die Drehstellungen derjenigen Walzen, deren Drehstellungen nicht erfasst werden, von der Steuereinrichtung aus den Drehstellungen derjenigen Walzen, deren Drehstellungen erfasst werden, ermittelt werden und
- wobei für Walzen, deren Drehstellungen nicht erfasst, sondern ermittelt werden, jeweils das Passieren einer Referenzdrehstellung erfasst und der Steuereinrichtung zugeführt wird.

**[0002]** Die vorliegende Erfindung geht weiterhin aus von einem Computerprogramm für eine Steuereinrichtung eines Walzgerüsts zum Walzen eines flachen Walzguts aus Metall, wobei das Computerprogramm Maschinencode umfasst, der von der Steuereinrichtung unmittelbar abarbeitbar ist, wobei die Abarbeitung des Maschinencodes durch die Steuereinrichtung bewirkt, dass die Steuereinrichtung das Walzgerüst gemäß einem derartigen Betriebsverfahren betreibt.

**[0003]** Die vorliegende Erfindung geht weiterhin aus von einer Steuereinrichtung für ein Walzgerüst zum Walzen eines flachen Walzguts aus Metall, wobei die Steuereinrichtung derart ausgebildet ist, dass sie das Walzgerüst gemäß einem derartigen Betriebsverfahren betreibt.

**[0004]** Die vorliegende Erfindung geht weiterhin aus von einem Walzgerüst zum Walzen eines flachen Walzguts aus Metall, wobei das Walzgerüst von einer derartigen Steuereinrichtung gesteuert wird.

**[0005]** Ein Betriebsverfahren der eingangs genannten Art ist beispielsweise aus dem Fachaufsatz "Roll Eccentricity Control for Strip Rolling Mills" von W. J. Edwards et al., IFAC 10th Triennial World Congress, München 1987 und auch aus der JP 2002-282917 A bekannt.

**[0006]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, Möglichkeiten zu schaffen, mittels derer eine beim Walzen eines flachen Walzguts auftretende Gesamtexzentrizität in allen möglichen Fallkonstellationen auf möglichst einfache Weise korrigiert werden kann. Die Ermittlung und die Korrektur soll insbesondere unabhängig davon möglich sein, durch welche Walzen des Walzgerüsts die Gesamtexzentrizität zu welchem Anteil hervorgerufen wird.

**[0007]** Die Aufgabe wird durch ein Betriebsverfahren für ein Walzgerüst zum Walzen eines flachen Walzguts aus Metall mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Betriebsverfahrens sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche 2 bis 8.

**[0008]** Erfindungsgemäß wird ein Betriebsverfahren der eingangs genannten Art dadurch ausgestaltet, dass während Walzpausen, während derer kein flaches Walzgut gewalzt wird, der obere und/oder der untere Walzensatz derart gedreht werden, dass beim Walzen des nächsten flachen Walzguts eine Kostenfunktion minimiert wird, in welche eine durch die Summe der Exzentrizitäten der Arbeitswalzen und der Stützwalzen gebildete Gesamtexzentrizität, die erste zeitliche Ableitung der Gesamtexzentrizität und/oder die zweite zeitliche Ableitung der Gesamtexzentrizität eingehen.

**[0009]** In der Regel wird in die Kostenfunktion nur eine dieser drei Größen eingehen. Es ist jedoch auch möglich, dass in die Kostenfunktion mehrere dieser Größen eingehen. In der Regel erfolgt die Minimierung der Kostenfunktion im Normalbetrieb. Sie kann aber, sofern die Eigenschaften des als nächstes zu walzenden flachen Walzguts bereits bekannt sind, auch am Ende des Kalibrierbetriebs erfolgen.

**[0010]** In dem Fall, dass in die Kostenfunktion nur die Gesamtexzentrizität eingeht, kann die zu kompensierende Gesamtexzentrizität minimiert werden. In analoger Weise kann in dem Fall, dass in die Kostenfunktion nur die erste

zeitliche Ableitung der Gesamtexzentrizität eingeht, die Geschwindigkeit, mit der der Walzspalt verstellt werden muss, minimiert werden. In analoger Weise kann in dem Fall, dass in die Kostenfunktion nur die zweite zeitliche Ableitung der Gesamtexzentrizität eingeht, die Beschleunigung, mit der der Walzspalt verstellt werden muss, minimiert werden.

**[0011]** Durch diese Vorgehensweise kann nicht nur jede Exzentrizität kompensiert werden, unabhängig davon, ob sie von den Arbeitswalzen oder den Stützwalzen hervorgerufen wird. Vielmehr ist es möglich, nur einen Teil der Walzen - nämlich die Arbeitswalzen oder die Stützwalzen - mit Lagegebern zu versehen und dennoch über längere Zeiten des Walzbetriebs die Drehstellungen derjenigen Walzen, die keine Lagegeber aufweisen, mit hoher Genauigkeit zu ermitteln.

**[0012]** Insbesondere müssen zum Walzen des flachen Walzguts auf die Arbeitswalzen des Walzgerüsts Walzmomente ausgeübt werden. Dies erfolgt über Gerüstantriebe. In der Regel wirken die Gerüstantriebe direkt auf die Arbeitswalzen. In seltenen Einzelfällen werden die Stützwalzen angetrieben, so dass die Gerüstantriebe indirekt auf die Arbeitswalzen wirken. In der Regel weisen weiterhin die Gerüstantriebe Lagegeber auf, welche direkt Lagesignale ausgeben, für die Drehstellung des jeweiligen Gerüstantriebs charakteristisch sind. Anhand dieser Signale können - gegebenenfalls in Verbindung mit Übersetzungen von zwischen den Gerüstantrieben und den angetriebenen Walzen angeordneten Getrieben - die Drehstellungen der angetriebenen Walzen direkt ermittelt werden. Für diese Walzen sind daher zum Erfassen von deren Drehstellung eigene Lagegeber nicht erforderlich. Vielmehr können die Drehstellungen dieser Walzen aus den Drehstellungen der angetriebenen Walzen in Verbindung mit der Abrollbedingung ermittelt werden. Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung kann die Akkumulierung einer Abweichung der Drehstellung über mehrere Umdrehungen der Walzen hinweg jedoch vermieden werden, da mit jedem Passieren der jeweiligen Referenzdrehstellung durch die jeweilige Walze eine neue Synchronisierung ermöglicht wird.

**[0013]** In einer bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird das Walzgerüst zeitweise in einem Kalibrierbetrieb betrieben, in dem mittels des Walzgerüsts kein flaches Walzgut gewalzt wird. In diesem Fall ist es möglich, dass die Steuereinrichtung im Kalibrierbetrieb

- für eine Anzahl von definierten Anfangsdrehstellungen sowohl des oberen Walzensatzes als auch des unteren Walzensatzes das Walzgerüst derart steuert, dass die obere Arbeitswalze auf der unteren Arbeitswalze aufliegt und die Walzen aneinander abrollen,
- während des Abrollens der Walzen aneinander über eine von der jeweiligen Anfangsdrehstellung ausgehende jeweilige Erfassungslänge jeweils einen von der Drehstellung der mindestens einen Walze abhängigen Verlauf eines für eine Änderung des Walzspaltes charakteristischen Signals erfasst und
- anhand der erfassten Verläufe die ersten und zweiten Größen ermittelt.

**[0014]** In manchen Fällen wird es ausreichen, dass die Anzahl an Anfangsdrehstellungen gleich 1 ist, dass also die Steuereinrichtung nur für eine einzige Anfangsdrehstellung des oberen Walzensatzes im Zusammenwirken mit einer einzigen Anfangsdrehstellung des unteren Walzensatzes während des Abrollens der Walzen aneinander über eine von diesen beiden Anfangsdrehstellungen ausgehende Erfassungslänge den Verlauf des für die Änderung des Walzspaltes charakteristischen Signals erfasst. Diese Vorgehensweise kann insbesondere dann ausreichen, wenn die Durchmesser der Stützwalzen sich voneinander in hinreichendem Umfang unterscheiden und die Durchmesser der Arbeitswalzen sich voneinander in hinreichendem Umfang unterscheiden oder aber nur für die beiden Stützwalzen zusammen einerseits und die beiden Arbeitswalzen zusammen andererseits jeweils ein Exzentrizitätsanteil ermittelt wird. Wenn hingegen die Durchmesser der Stützwalzen nahezu identisch sind und/oder die Durchmesser der Arbeitswalzen nahezu identisch sind und für alle vier Walzen jeweils ein eigener Kompensationsanteil ermittelt werden soll, ist es in vielen Fällen erforderlich, dass die Anzahl an Anfangsdrehstellungen größer als 1 ist. Die Anzahl an Anfangsdrehstellungen kann je nach Bedarf beispielsweise bei 2, 3, 4, ... liegen.

**[0015]** Wenn die Anzahl an Anfangsdrehstellungen beispielsweise bei zwei liegt, wird nach dem Erfassen des einen Verlaufs einer der beiden Walzensätze gegenüber dem anderen Walzensatz um eine vorgegebene Abrolllänge gedreht. Die Abrolllänge kann beispielsweise einer halben Umdrehung einer der beiden Walzen des jeweiligen Walzensatzes entsprechen. Danach wird der andere Verlauf erfasst. Es kommt also nicht darauf an, dass die Anfangsdrehstellungen beider Walzensätze geändert werden. Nur ein Verdrehen relativ zueinander ist erforderlich.

**[0016]** Alternativ zu einer eigenständigen Ermittlung der ersten und zweiten Größen in einem Kalibrierbetrieb ist es möglich, dass die ersten und zweiten Größen der Steuereinrichtung von einer übergeordneten Steuereinrichtung oder von einer Bedienungsperson vorgegeben werden. Beispielsweise kann beim Schleifen der Walzen in einer Schleiferei eine entsprechende Ermittlung der ersten und zweiten Größen erfolgen, so dass diese bereits beim Einbauen der Walzen in das Walzgerüst bekannt sind.

**[0017]** In einer bevorzugten Ausgestaltung des Betriebsverfahrens ist vorgesehen,

- dass die ersten Größen die Exzentrizität der Stützwalzen in Abhängigkeit von der Drehstellung der Stützwalzen charakterisieren,
- dass die zweiten Größen die Exzentrizität der Arbeitswalzen in Abhängigkeit von der Drehstellung der Arbeitswalzen

charakterisieren und

- dass die Steuereinrichtung den Kompensationswert in Abhängigkeit von der Drehstellung sowohl der Arbeitswalzen als auch der Stützwalzen ermittelt.

5 **[0018]** In manchen Fällen kann es ausreichen, für die Stützwalzen einerseits und die Arbeitswalzen andererseits jeweils einen Exzentrizitätsanteil zu ermitteln und den Kompensationswert anhand der beiden Exzentrizitätsanteile zu ermitteln. Diese vereinfachte Vorgehensweise kann insbesondere dann ausreichen, wenn die Durchmesser der Stützwalzen untereinander gleich groß sind und die Durchmesser der Arbeitswalzen untereinander gleich groß sind.

10 **[0019]** In der Praxis weisen die Arbeitswalzen untereinander jedoch in der Regel geringfügig unterschiedliche Durchmesser auf. Gleiches gilt für die Stützwalzen untereinander. Vorzugsweise wird das Betriebsverfahren daher derart ausgestaltet,

- dass die Drehstellungen der Stützwalzen des Walzgerüsts unabhängig voneinander ermittelt oder erfasst werden und dass die Drehstellungen der Arbeitswalzen des Walzgerüsts unabhängig voneinander ermittelt oder erfasst werden,
- 15 - dass die ersten Größen Größen umfassen, welche die durch die obere Stützwalze hervorgerufene Exzentrizität in Abhängigkeit von der Drehstellung der oberen Stützwalze charakterisieren, und Größen umfassen, welche die durch die untere Stützwalze hervorgerufene Exzentrizität in Abhängigkeit von der Drehstellung der unteren Stützwalze charakterisieren,
- 20 - dass die zweiten Größen Größen umfassen, welche die durch die obere Arbeitswalze hervorgerufene Exzentrizität in Abhängigkeit von der Drehstellung der oberen Arbeitswalze charakterisieren, und Größen umfassen, welche die durch die untere Arbeitswalze hervorgerufene Exzentrizität in Abhängigkeit von der Drehstellung der unteren Arbeitswalze charakterisieren, und
- 25 - dass die Steuereinrichtung den Kompensationswert in Abhängigkeit von der jeweiligen Drehstellung sowohl der oberen und unteren Arbeitswalze als auch der oberen und unteren Stützwalze ermittelt.

**[0020]** In diesem Fall weist der Kompensationswert vier Exzentrizitätsanteile auf, deren Summe gleich dem Kompensationswert ist, nämlich je einen Exzentrizitätsanteil für die obere Stützwalze, die untere Stützwalze, die obere Arbeitswalze und die untere Arbeitswalze.

30 **[0021]** In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung erfolgt im Normalbetrieb während Walzpausen, während derer kein flaches Walzgut gewalzt wird, ein Drehen der Walzen des Walzgerüsts entgegen der Drehrichtung während des Walzens des zuletzt gewalzten flachen Walzguts. Dadurch können insbesondere in dem Fall, dass nicht alle Drehstellungen erfasst werden, sondern einige Drehstellungen aus den erfassten Bestellungen abgeleitet werden, Fehler minimiert werden, die sich anderenfalls aufgrund der Akkumulierung einer Abweichung der

35 Drehstellung über mehrere Umdrehungen der Walzen hinweg aufaddieren würden.  
**[0022]** In vielen Fällen führt die erfindungsgemäße Vorgehensweise bereits zu ausgezeichneten Ergebnissen. In manchen Fällen kann es jedoch geschehen, dass trotz der Korrektur des Walzspaltsollwerts um den ermittelten Kompensationswert noch eine Restexzentrizität auftritt. Um auch eine derartige Restexzentrizität zu kompensieren, ist vorzugsweise vorgesehen, dass die Steuereinrichtung während des Walzens des flachen Walzguts ein Signal erfasst, das für die Restexzentrizität charakteristisch ist. In diesem Fall kann die Steuereinrichtung die ersten und zweiten Größen anhand der Restexzentrizität nachführen.

40 **[0023]** Die Aufgabe wird weiterhin durch ein Computerprogramm mit den Merkmalen des Anspruchs 9 gelöst. Erfindungsgemäß wird ein Computerprogramm der eingangs genannten Art dadurch ausgestaltet, dass die Abarbeitung des Computerprogramms durch die Steuereinrichtung bewirkt, dass die Steuereinrichtung das Walzgerüst gemäß einem erfindungsgemäßen Betriebsverfahren betreibt.

45 **[0024]** Die Aufgabe wird weiterhin durch eine Steuereinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 10 gelöst. Erfindungsgemäß ist die Steuereinrichtung derart ausgebildet, dass sie das Walzgerüst gemäß einem erfindungsgemäßen Betriebsverfahren betreibt.

50 **[0025]** Die Aufgabe wird weiterhin durch ein Walzgerüst mit den Merkmalen des Anspruchs 11 gelöst. Erfindungsgemäß wird ein Walzgerüst der eingangs genannten Art dadurch ausgestaltet, dass das Walzgerüst von einer erfindungsgemäßen Steuereinrichtung gesteuert wird.

55 **[0026]** Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die in Verbindung mit den Zeichnungen näher erläutert werden. Hierbei zeigen in schematischer Darstellung:

FIG 1 eine perspektivische Ansicht eines Walzgerüsts,

FIG 2 eine Seitenansicht des Walzgerüsts von FIG 1,

- FIG 3 ein Ablaufdiagramm,  
 FIG 4 zwei Arbeitswalzen und zwei Stützwalzen,  
 FIG 5 einen zeitlichen Verlauf eines Exzentrizitätssignals,  
 FIG 6 zugehörige Wege auf Walzenumfängen,  
 5 FIG 7 zwei zeitliche Verläufe von Exzentrizitätssignalen,  
 FIG 8 zugehörige Wege auf Walzenumfängen,  
 FIG 9 eine Walze und deren Änderung des Radius,  
 FIG 10 ein Ablaufdiagramm,  
 FIG 11 eine gemessene und eine zugehörige, modellierte Exzentrizität im Vergleich,  
 10 FIG 12 zugehörige Wege auf Walzenumfängen und  
 FIG 13 ein Ablaufdiagramm.

**[0027]** Gemäß den FIG 1 und 2 weist ein Walzgerüst einen oberen Walzensatz U und einem unteren Walzensatz L auf. Der obere Walzensatz U weist eine obere Arbeitswalze 1U und eine obere Stützwalze 2U auf. Der untere Walzensatz L weist eine untere Arbeitswalze 1L und eine untere Stützwalze 2L auf. Mittels des Walzgerüsts wird ein flaches Walzgut 3 aus Metall gewalzt. Bei dem flachen Walzgut 3 kann es sich insbesondere um ein Grobblech oder um ein Metallband handeln. Das Metall, aus dem das flache Walzgut 3 besteht, kann insbesondere Stahl sein. Alternativ kann es sich um Aluminium, Kupfer, Messing oder ein anderes Metall handeln.

**[0028]** Das Walzgerüst wird von einer Steuereinrichtung 4 gesteuert. Die Steuereinrichtung 4 ist derart ausgebildet, dass sie das Walzgerüst gemäß einem Betriebsverfahren betreibt, das nachstehend näher erläutert wird.

**[0029]** In der Regel ist die Steuereinrichtung 4 als programmierbare Steuereinrichtung 4 ausgebildet. In diesem Fall wird die entsprechende Ausbildung der Steuereinrichtung 4, so dass sie das Walzgerüst gemäß dem Betriebsverfahren betreibt, durch ein Computerprogramm 5 bewirkt, mit dem die Steuereinrichtung 4 programmiert ist. Das Computerprogramm 5 umfasst Maschinencode 6, der von der Steuereinrichtung 4 unmittelbar abarbeitbar ist. Die Abarbeitung des Maschinencodes 6 durch die Steuereinrichtung 4 bewirkt in diesem Fall, dass die Steuereinrichtung 4 das Walzgerüst gemäß dem entsprechenden Betriebsverfahren betreibt.

**[0030]** Das Walzgerüst wird von der Steuereinrichtung 4 zumindest zeitweise in einem Normalbetrieb betrieben. Insbesondere erfolgt das Walzen des flachen Walzguts 3 im Normalbetrieb. Oftmals wird das Walzgerüst von der Steuereinrichtung 4 weiterhin zeitweise auch in einem Kalibrierbetrieb betrieben. Im Kalibrierbetrieb wird mittels des Walzgerüsts 3 kein flaches Walzgut gewalzt. Nachfolgend wird angenommen, dass das Walzgerüst von der Steuereinrichtung 4 alternativ im Normalbetrieb oder im Kalibrierbetrieb betrieben wird.

**[0031]** Die Steuereinrichtung 4 prüft daher gemäß FIG 3 zunächst in einem Schritt S1, ob das Walzgerüst im Normalbetrieb betrieben wird. Wenn das Walzgerüst im Normalbetrieb betrieben wird, prüft die Steuereinrichtung 4 in einem Schritt S2, ob momentan ein Walzgut 3 gewalzt wird. Wenn momentan ein Walzgut 3 gewalzt wird, geht die Steuereinrichtung 4 zu Schritten S3 bis S7 über.

**[0032]** Im Schritt S3 wird ein Sollwalzspalt  $s^*$  festgelegt. In einem Schritt S4 nimmt die Steuereinrichtung 4 eine Drehstellung  $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LB}$ ,  $\varphi_{LW}$  mindestens einer Walze 1U, 1L, 2U, 2L des Walzgerüsts entgegen. Im Schritt S5 ermittelt die Steuereinrichtung 4 einen von der Drehstellung  $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LB}$ ,  $\varphi_{LW}$  der mindestens einen Walze 1U, 1L, 2U, 2L des Walzgerüsts abhängigen Kompensationswert  $\varepsilon$ . Die Ermittlung erfolgt anhand von Größen RUB, RUW, RLW, RLB,  $\varphi_{1UB}$ ,  $\varphi_{2UW}$ ,  $\varphi_{1LB}$ ,  $\varphi_{2LW}$ , die für eine Gesamtexzentrizität der Walzen 1U, 1L, 2U, 2L des Walzgerüsts als Funktion der Drehstellung  $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LB}$ ,  $\varphi_{LW}$  der mindestens einen Walze 1U, 1L, 2U, 2L des Walzgerüsts charakteristisch sind. Die Größen RUB, RLB,  $\varphi_{1UB}$ ,  $\varphi_{1LB}$  sind erste Größen, die für eine Exzentrizität der Stützwalzen 2U, 2L des Walzgerüsts als Funktion einer Drehstellung  $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LB}$ ,  $\varphi_{LW}$  mindestens einer Walze 1U, 1L, 2U, 2L des Walzgerüsts charakteristisch sind. In analoger Weise sind die Größen RUW, RLW,  $\varphi_{2UW}$ ,  $\varphi_{2LW}$  zweite Größen, die für eine Exzentrizität der Arbeitswalzen 1U, 1L als Funktion einer Drehstellung  $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LB}$ ,  $\varphi_{LW}$  mindestens einer Walze 1U, 1L, 2U, 2L des Walzgerüsts charakteristisch sind. Die Bedeutung der ersten Größen RUB, RLB,  $\varphi_{1UB}$ ,  $\varphi_{1LB}$  und der zweiten Größen RUW, RLW,  $\varphi_{2UW}$ ,  $\varphi_{2LW}$  wird im weiteren Verlauf ersichtlich werden.

**[0033]** Im Schritt S6 korrigiert die Steuereinrichtung 4 den Walzspaltsollwert  $s^*$  um den im Schritt S4 ermittelten Kompensationswert  $\varepsilon$ . Im Schritt S7 stellt die Steuereinrichtung 4 einen Walzspalt  $s$  des Walzgerüsts entsprechend dem korrigierten Walzspaltsollwert ein. Dadurch wird das flache Walzgut 3 mittels des Walzgerüsts entsprechend dem korrigierten Walzspaltsollwert von einer Anfangsdicke auf eine Enddicke gewalzt.

**[0034]** Vom Schritt S7 geht die Steuereinrichtung wieder zum Schritt S1 zurück. Die Abfolge der Schritte S1 bis S7 wird daher während des Walzens des flachen Walzguts 3 von der Steuereinrichtung 4 kontinuierlich ausgeführt.

**[0035]** Wenn die Steuereinrichtung 4 das Walzgerüst zwar im Normalbetrieb betreibt, momentan aber kein flaches Walzgut gewalzt wird, geht die Steuereinrichtung 4 vom Schritt S2 zu einem Schritt S8 über. Im Schritt S8 können andere Maßnahmen ergriffen werden, die später näher erläutert werden.

**[0036]** Wenn die Steuereinrichtung 4 das Walzgerüst nicht im Normalbetrieb betreibt, befindet sich das Walzgerüst im Kalibrierbetrieb. In diesem Fall geht die Steuereinrichtung zu Schritten S9 bis S14 über. Im Kalibrierbetrieb werden

die ersten und zweiten Größen RUB, RUW, RLW, RLB,  $\varphi_{1UB}$ ,  $\varphi_{2UW}$ ,  $\varphi_{1LB}$ ,  $\varphi_{2LW}$  ermittelt.

**[0037]** Im Schritt S9 werden eine definierte Anfangsdrehstellung des oberen Walzensatzes U und eine definierte Anfangsdrehstellung des unteren Walzensatzes L des Walzgerüsts eingestellt. Beispielsweise können die beiden Anfangsdrehstellungen derart eingestellt werden, dass in FIG 4 dargestellte (nur gedanklich vorhandene) Punkte der oberen Arbeitswalze 1U und der oberen Stützwalze 2U einander direkt gegenüber liegen und in analoger Weise in FIG 4 dargestellte (nur gedanklich vorhandene) Punkte der unteren Arbeitswalze 1L und der unteren Stützwalze 2L einander direkt gegenüber liegen. Zu diesem Zweck kann beispielsweise das Walzgerüst aufgefahren werden, so dass die obere Arbeitswalze 1U und die untere Arbeitswalze 1L sich nicht berühren. Danach werden die beiden Walzensätze U, L unabhängig voneinander in ihre jeweilige Anfangsdrehstellung gedreht.

**[0038]** Um die beiden Walzensätze U, L unabhängig voneinander in ihre jeweilige Anfangsdrehstellung drehen zu können, werden die Walzen 1U, 2U des oberen Walzensatzes U von den Walzen 1L, 2L des unteren Walzensatzes L abgehoben. Zum Drehen der Walzensätze U, L als solches können beispielsweise entsprechend der Darstellung in FIG 1 voneinander unabhängige Antriebe 7U, 7L für die beiden Walzensätze U, L vorhanden sein. Alternativ kann ein gemeinsamer Antrieb vorhanden sein, der beispielsweise mit dem unteren Walzensatz L permanent verbunden ist, mit dem oberen Walzensatz U jedoch über eine lösbare Kupplung. In diesem Fall wird zunächst der obere Walzensatz U in seine Anfangsdrehstellung überführt, dann wird die Kupplung gelöst, und es wird der untere Walzensatz L in seine Anfangsstellung überführt. Danach wird die Kupplung wieder geschlossen.

**[0039]** Nach dem Drehen der beiden Walzensätze U, L in ihre jeweilige Anfangsdrehstellung steuert die Steuereinrichtung 4 das Walzgerüst im Schritt S10 derart, dass der Walzspalt s geschlossen wird. Das Schließen des Walzspaltes s erfolgt, ohne dass sich das flache Walzgut im Walzspalt s befindet. Mit dem Schließen des Walzspaltes s liegt somit die obere Arbeitswalze 1U auf der unteren Arbeitswalze 1L auf.

**[0040]** Sodann steuert die Steuereinrichtung 4 das Walzgerüst im Schritt S11 derart, dass die Walzen 1U, 1L, 2U, 2L aneinander abrollen. Dieser Zustand - also das Abrollen der Walzen 1U, 1L, 2U, 2L aneinander - wird für eine relativ große Länge L0 beibehalten. Die Länge L0 wird nachfolgend als Erfassungslänge L0 bezeichnet. Die Erfassungslänge L0 geht von der jeweiligen Anfangsdrehstellung der Walzensätze U, L aus. Sie ist insbesondere derart bemessen, dass alle Walzen 1U, 1L, 2U, 2L mehrere vollständige Umdrehungen ausführen.

**[0041]** Während des Abrollens der Walzen 1U, 1L, 2U, 2L erfasst die Steuereinrichtung 4 im Schritt S11 zugleich auch über die Erfassungslänge L0 einen Verlauf eines Signals F, s, das für eine Änderung des Walzspaltes s charakteristisch ist. Das Signal F, s ist - selbstverständlich - von der Drehstellung  $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LB}$ ,  $\varphi_{LW}$  der mindestens einen Walze 1U, 1L, 2U, 2L abhängig. Beispielsweise kann die Steuereinrichtung 4 das Walzgerüst im Rahmen des Schrittes S11 walzspaltgeregelt bei einer konstanten Einstellung des Walzspaltes s halten und als charakteristisches Signal s, F die zugehörige Walzkraft F erfassen. Ebenso kann die Steuereinrichtung 4 umgekehrt das Walzgerüst im Rahmen des Schrittes S11 walzkraftgeregelt mit einer konstanten Walzkraft F betreiben und als charakteristisches Signal s, F den sich ergebenden Walzspalt s erfassen. In beiden Fällen spiegelt das erfasste Signal s, F direkt die Gesamtexzentrizität  $\varepsilon$  wider. FIG 5 zeigt - rein beispielhaft - die Änderung des sich ergebenden Walzspaltes s im Falle einer Walzkraftregelung über eine Erfassungslänge L0 von 30 m und einem Durchmesser der Arbeitswalzen 1U, 1L von ca. 1,00 m und einem Durchmesser der Stützwalzen 2U, 2L bei einem Durchmesser von ca. 1,65 m. FIG 6 zeigt rein beispielhaft die korrespondierenden Umdrehungen der Arbeitswalzen 1U, 1L und der Stützwalzen 2U, 2L.

**[0042]** In manchen Fällen kann es ausreichen, die Vorgehensweise der Schritte S9 bis S11 nur für ein einziges Paar von Anfangsdrehstellungen durchzuführen. In diesem Fall geht die Steuereinrichtung 4 direkt zum Schritt S14 über. Anderenfalls geht die Steuereinrichtung 4 zunächst zum Schritt S12 über. Im Schritt S12 prüft die Steuereinrichtung 4, ob sie die Vorgehensweise der Schritte S9 bis S11 bereits für alle erforderlichen Paare von Anfangsdrehstellungen durchgeführt hat. Erst wenn dies der Fall ist, geht die Steuereinrichtung 4 zum Schritt S14 über.

**[0043]** Wenn dies nicht der Fall ist, geht die Steuereinrichtung 4 vom Schritt S12 zum Schritt S13 über. Im Schritt S13 selektiert die Steuereinrichtung 4 das nächste Paar von Anfangsdrehstellungen. Vom Schritt S13 geht die Steuereinrichtung sodann zum Schritt S9 zurück.

**[0044]** Die Anzahl an weiteren Paaren von Anfangsdrehstellungen und die zugehörigen Stellungen als solche können nach Bedarf bestimmt sein. Es kann nach Bedarf die Anfangsdrehstellung unteren Walzensatzes L unverändert sein, während der obere Walzensatz U jeweils um einen vorbestimmten Winkel der oberen Arbeitswalze 1U oder der oberen Stützwalze 2U gedreht wird. Auch die umgekehrte Vorgehensweise ist möglich. Auch ist es möglich, dass beide Walzensätze U, L gedreht werden.

**[0045]** Insbesondere im Falle nur eines einzigen weiteren Paares von Anfangsdrehstellungen kann der vorbestimmte Winkel beispielsweise, wie in FIG 4 gestrichelt dargestellt, mit einer halben Umdrehung der oberen Stützwalze 2U korrespondieren. In diesem Fall ergibt sich entsprechend der Darstellung in FIG 7 zusätzlich ein anderer Verlauf des Signals s, F. FIG 8 zeigt die zugehörigen Umdrehungszahlen der Arbeitswalzen 1U, 1L und der Stützwalzen 2U, 2L.

**[0046]** Im Schritt S14 ermittelt die Steuereinrichtung 4 anhand der erfassten Verläufe die ersten und zweiten Größen RUB, RUW, RLW, RLB,  $\varphi_{1UB}$ ,  $\varphi_{2UW}$ ,  $\varphi_{1LB}$ ,  $\varphi_{2LW}$ . Die Grundlagen dieser Ermittlung werden nachstehend näher erläutert.

**[0047]** Idealerweise sollte eine Walze 8 perfekt rund sein, also keinerlei Exzentrizität aufweisen. In der Praxis ist dies jedoch nicht der Fall. FIG 9 zeigt - stark übertrieben - eine Variation eines Radius  $r$  der Walze 8 als Funktion der Drehstellung  $\varphi$  der Walze 8 relativ zu einer Referenzstellung. Mathematisch lässt sich der Radius  $r$  als Funktion der Drehstellung  $\varphi$  schreiben als

5

$$r(\varphi) = r_0 + \sum_{i=1}^{\infty} \delta r_i \cdot \sin(i\varphi - \varphi_i) \quad (1)$$

10  $r_0$  bezeichnet hierbei den mittleren (idealen) Radius der Walze 8.  $\delta r_i$  bezeichnet den Anteil der  $i$ -ten Störung.  $\varphi_i$  bezeichnet eine Phasenlage der  $i$ -ten Störung.

**[0048]** Für die Stützwalzen 2U, 2L sind alle Störungen relevant, da für den Walzspalt  $s$  nur der Radius wirksam ist. Für die Arbeitswalzen 1U, 1L sind hingegen nur die geraden Störungen relevant, da für die Arbeitswalzen 1U, 1L für den Walzspalt  $s$  der Durchmesser wirksam ist. Wenn man weiterhin für alle Walzen 1U, 1L, 2U, 2L nur die Störung mit der niedrigsten wirksamen Frequenz betrachtet - d.h. für die Stützwalzen 2U, 2L die erste Störung und für die Arbeitswalzen 1U, 1L die zweite Störung - lässt sich die resultierende Exzentrizität  $\varepsilon$  schreiben als

15

$$\varepsilon = RUB \cdot \sin(\varphi_{UB} - \varphi_{1UB}) + RLB \cdot \sin(\varphi_{LB} - \varphi_{1LB}) + RUW \sin(2\varphi_{UW} - \varphi_{2UW}) + RLW \cdot \sin(2\varphi_{LW} - \varphi_{2LW}) \quad (2)$$

20

**[0049]** Hierbei sind

25

- RUB die Exzentrizitätsamplitude der oberen Stützwalze 2U,
- RUW die Exzentrizitätsamplitude der oberen Arbeitswalze 1U,
- RLB die Exzentrizitätsamplitude der unteren Stützwalze 2L,
- RLW die Exzentrizitätsamplitude der unteren Arbeitswalze 1U,
- $\varphi_{1UB}$  die Phasenlage der ersten Störung der Exzentrizität der oberen Stützwalze 2U,
- $\varphi_{2UW}$  die Phasenlage der zweiten Störung der Exzentrizität der oberen Arbeitswalze 1U,
- $\varphi_{1LB}$  die Phasenlage der ersten Störung der Exzentrizität der unteren Stützwalze 2L,
- $\varphi_{2LW}$  die Phasenlage der zweiten Störung der Exzentrizität der unteren Arbeitswalze 1U,
- $\varphi_{UB}$  die Drehstellung der oberen Stützwalze 2U,
- $\varphi_{UW}$  die Drehstellung der oberen Arbeitswalze 1U,
- $\varphi_{LB}$  die Drehstellung der unteren Stützwalze 2L und
- $\varphi_{LW}$  die Drehstellung der unteren Arbeitswalze 1U.

30

35

**[0050]** In Gleichung 2 sind acht Größen unbekannt, nämlich die vier Exzentrizitätsamplituden RUB, RUW, RLW, RLB und die vier Phasenlagen  $\varphi_{1UB}$ ,  $\varphi_{2UW}$ ,  $\varphi_{1LB}$ ,  $\varphi_{2LW}$ .

40

**[0051]** Zur Bestimmung dieser acht Größen RUB, RUW, RLW, RLB,  $\varphi_{1UB}$ ,  $\varphi_{2UW}$ ,  $\varphi_{1LB}$ ,  $\varphi_{2LW}$  kann nun ein Optimierungsproblem angesetzt werden, mittels dessen die Abweichung einer Norm minimiert wird. Man versucht also, das Minimum von

45

$$\int_0^{L_0} \|\varepsilon(\varphi_{UB}, \varphi_{UW}, \varphi_{LW}, \varphi_{LB}) - \varepsilon'(\varphi_{UB}, \varphi_{UW}, \varphi_{LW}, \varphi_{LB})\| dl \quad (3)$$

zu finden, wobei  $\varepsilon$  die für bestimmte Drehstellungen  $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LB}$ ,  $\varphi_{LW}$  gemessene Exzentrizität und  $\varepsilon'$  die für die gleichen Drehstellungen  $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LB}$ ,  $\varphi_{LW}$  gemäß Gleichung 2 errechnete Exzentrizität ist.  $l$  ist der auf dem Umfang der Walzen 1U, 1L, 2U, 2L zurückgelegte Weg. Derartige Optimierungen sind Fachleuten geläufig. Die Ermittlung der Drehstellungen  $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LB}$ ,  $\varphi_{LW}$  ist ohne weiteres möglich, da die (mittleren) Radien der Walzen 1U, 1L, 2U, 2L bekannt sind, weiterhin die Anfangsdrehstellungen (für  $l = 0$ ) bekannt sind und schließlich die Abrollbedingung gilt, das heißt, dass die Walzen 1U, 1L, 2U, 2L beim Abrollen gleiche Wege zurücklegen.

50

**[0052]** In Einzelfällen kann es ausreichen, die Drehstellung  $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LB}$ ,  $\varphi_{LW}$  nur einer einzigen Walze 1U, 1L, 2U, 2L zu erfassen und die Drehstellungen  $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LB}$ ,  $\varphi_{LW}$  der anderen Walzen 1U, 1L, 2U, 2L aus der erfassten Drehstellung  $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LB}$ ,  $\varphi_{LW}$  in Verbindung mit den bekannten Radien bzw. Durchmessern der Walzen 1U, 1L, 2U, 2L abzuleiten. Insbesondere über größere Strecken wird dies aufgrund von Rutschbewegungen und aufgrund von Schwankungen der Radien aufgrund der Exzentrizitäten jedoch zu ungenau.

55

**[0053]** Es ist möglich, dass entsprechend der Darstellung in FIG 1 mittels entsprechender Drehstellungsgeber 9U, 9L die Drehstellungen  $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LB}$ ,  $\varphi_{LW}$  sowohl der Stützwalzen 2U, 2L als auch der Arbeitswalzen 1U, 1L des Walzgerüsts erfasst werden. Die erfassten Drehstellungen  $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LB}$ ,  $\varphi_{LW}$  werden in diesem Fall der Steuereinrichtung 4 zugeführt und von der Steuereinrichtung 4 entgegengenommen. Bezüglich eines Paares gleichartiger Walzen 1U, 1L, 2U, 2L - in der Regel die Stützwalzen 2U, 2L - ist in diesem Fall hierfür ein zusätzliches Paar von Drehstellungsgebern 9U, 9L erforderlich. Das andere Paar gleichartiger Walzen 1U, 1L, 2U, 2L - in der Regel die Arbeitswalzen 1U, 1L - wird hingegen mittels der Walzgerüstantriebe 7U, 7L angetrieben. Die Walzgerüstantriebe 7U, 7L weisen in der Regel intern Drehstellungsgeber auf. Deren Signale können werden erfindungsgemäß zur Ermittlung der Drehstellungen  $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LB}$ ,  $\varphi_{LW}$  der angetriebenen Walzen 1U, 1L, 2U, 2L herangezogen werden.

**[0054]** Alternativ kann es ausreichen, pro Walzensatz U, L nur die Drehstellung  $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LB}$ ,  $\varphi_{LW}$  einer der Walzen 1U, 1L, 2U, 2L des entsprechenden Walzensatzes U, L zu erfassen. In diesem Fall werden von der Steuereinrichtung 4 nur diese Drehstellungen  $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LB}$ ,  $\varphi_{LW}$  entgegengenommen. Die Drehstellung  $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{LB}$ ,  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LW}$  der jeweils anderen Walze 2U, 2L, 1U, 1L des entsprechenden Walzensatzes U, L wird in diesem Fall von der Steuereinrichtung 4 anhand der Drehstellung  $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LB}$ ,  $\varphi_{LW}$  derjenigen Walze 1U, 1L, 2U, 2L des entsprechenden Walzensatzes U, L ermittelt, deren Drehstellung  $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LB}$ ,  $\varphi_{LW}$  erfasst wird. Diese Vorgehensweise wird in diesem Fall sowohl im Normalbetrieb als auch im Kalibrierbetrieb ergriffen.

**[0055]** Da erfindungsgemäß (beispielsweise) nur die Drehstellungen  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LW}$  der Arbeitswalzen 1L, 1U erfasst werden und die Drehstellungen  $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{LB}$  der Stützwalzen 2U, 2L aus den Drehstellungen  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LW}$  der Arbeitswalzen 1U, 1L abgeleitet werden, besteht die Gefahr, dass über größere Strecken (die mit vielen vollständigen Umdrehungen der Stützwalzen 2U, 2L korrespondieren) die Drehstellungen  $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{LB}$  der Stützwalzen 2U, 2L zu ungenau werden. Zur Lösung dieses Problems sind zwei alternative Ausgestaltungen möglich, die jedoch prinzipiell auch miteinander kombiniert werden können.

**[0056]** Zum einen ist es möglich, dass während Walzpausen ein Drehen der Walzen 1U, 1L, 2U, 2L des Walzgerüsts entgegen der Drehrichtung erfolgt, in die die Walzen 1U, 1L, 2U, 2L während des Walzens des zuletzt gewalzten flachen Walzguts 3 gedreht werden. Die Walzen 1U, 1L, 2U, 2L werden also zurückgedreht. Das Zurückdrehen ist eine mögliche Ausgestaltung des Schrittes S8 von FIG 3. Dementsprechend wird das Walzgerüst zu diesem Zeitpunkt im Normalbetrieb betrieben. Das Zurückdrehen wird also im Rahmen einer normalen Walzpause zwischen dem Walzen von zwei flachen Walzgütern 3 ausgeführt. Es handelt sich nicht um einen Kalibrierbetrieb, in dem die ersten und zweiten Größen RUB, RUW, RLW, RLB,  $\varphi_{1UB}$ ,  $\varphi_{2UW}$ ,  $\varphi_{1LB}$ ,  $\varphi_{2LW}$  ermittelt werden. Durch diese Maßnahme wird erreicht, dass sich Fehler zwar während des Walzens eines einzelnen flachen Walzguts 3 akkumulieren können, danach aber wieder eine Reduzierung des aufgelaufenen Fehlers erfolgt.

**[0057]** Erfindungsgemäß sind jedoch den Stützwalzen 2U, 2L Referenzsignalgeber 10U, 10L zugeordnet. Die Referenzsignalgeber 10U, 10L erfassen zwar nicht über den gesamten Winkelbereich von  $360^\circ$  die Drehstellung  $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{LB}$  der Stützwalzen 2U, 2L. Sie geben jedoch jeweils ein Signal (beispielsweise einen Impuls) ab, wenn die Drehstellung  $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{LB}$  der entsprechenden Stützwalze 2U, 2L mit einer vorbestimmten Referenzdrehstellung korrespondiert. Mittels der Referenzsignalgeber 10U, 10L wird dadurch beim kontinuierlichen Drehen der Stützwalzen 2U, 2L jeweils das Passieren der Referenzdrehstellung erfasst. Die entsprechenden Signale werden selbstverständlich der Steuereinrichtung 4 zugeführt. Diese kann daher - sowohl im Normalbetrieb als auch im Kalibrierbetrieb - nach jeder vollständigen Umdrehung der entsprechenden Stützwalze 2U, 2L eine neue Synchronisierung der Drehbewegung der entsprechenden Stützwalze 2U, 2L relativ zur Drehbewegung der Arbeitswalze 1U, 1L des entsprechenden Walzensatzes U, L vornehmen.

**[0058]** Selbstverständlich ist ebenso die umgekehrte Vorgehensweise möglich, dass also die Drehstellungen  $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{LB}$  der Stützwalzen 2U, 2L erfasst werden, die Drehstellungen  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LW}$  der Arbeitswalzen 1U, 1L aus den Drehstellungen  $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{LB}$  der Stützwalzen 2U, 2L abgeleitet werden und für die Arbeitswalzen 1U, 1L jeweils das Passieren einer Referenzdrehstellung erfasst wird.

**[0059]** Obenstehend wurde eine Vorgehensweise erläutert, bei der (sowohl im Normalbetrieb als auch im Kalibrierbetrieb) die Drehstellungen  $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{LB}$  der Stützwalzen 2U, 2L unabhängig voneinander ermittelt oder erfasst werden und ebenso die Drehstellungen  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LW}$  der Arbeitswalzen 1U, 1L unabhängig voneinander ermittelt oder erfasst werden. Es werden also alle vier Drehstellungen  $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LB}$ ,  $\varphi_{LW}$  explizit erfasst oder ermittelt. In diesem Fall ergibt sich die Gesamtexzentrizität  $\varepsilon$  als Summe der Teilxentrizitäten der Walzen 1U, 1L, 2U, 2L.

**[0060]** Für jede Walze 1U, 1L, 2U, 2L ermittelt die Steuereinrichtung 4 somit in Abhängigkeit von der Drehstellung  $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LB}$ ,  $\varphi_{LW}$  der jeweiligen Walze 1U, 1L, 2U, 2L die zugehörige, von der jeweiligen Walze 1U, 1L, 2U, 2L hervorgerufene Teilxentrizität und addiert die Teilxentrizitäten zur Gesamtexzentrizität  $\varepsilon$ . Die Steuereinrichtung 4 ermittelt also im Normalbetrieb den Kompensationswert  $\varepsilon$  in Abhängigkeit von der jeweiligen Drehstellung  $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LB}$ ,  $\varphi_{LW}$  sowohl der oberen und unteren Arbeitswalze 1U, 1L als auch der oberen und unteren Stützwalze 2U, 2L.

**[0061]** Um die vier genannten Teilxentrizitäten ermitteln zu können, müssen der Steuereinrichtung 4 auch die korrespondierenden charakteristischen Größen RUB, RUW, RLW, RLB,  $\varphi_{1UB}$ ,  $\varphi_{2UW}$ ,  $\varphi_{1LB}$ ,  $\varphi_{2LW}$  bekannt sein. Im Rahmen des Kalibrierbetriebs ermittelt die Steuereinrichtung 4 somit für die obere Stützwalze 2U die Größen RUB,  $\varphi_{UB}$ ,

die für deren Teilexzentrität charakteristisch sind. In analoger Weise erfolgt im Kalibrierbetrieb auch für die unteren Stützwalze 2L, die obere Arbeitswalze 1U und die untere Arbeitswalze 1L jeweils die Ermittlung der beiden für die Teilexzentrität der jeweiligen Walze 2L, 1U, 1L charakteristischen Größen RUW, RLW, RLB,  $\varphi_{2UW}$ ,  $\varphi_{1LB}$ ,  $\varphi_{2LW}$ .

**[0062]** Die Radien bzw. Durchmesser der Stützwalzen 2L, 2U sind untereinander in der Regel gleich groß. Ebenso sind die Radien bzw. Durchmesser der Arbeitswalzen 1U, 1L untereinander in der Regel gleich groß. Wenn gewährleistet werden kann, dass zwischen zwei Kalibrierungen nur ein hinreichend kleiner Schlupf zwischen den Walzen 1U, 2U des oberen Walzensatzes U gegenüber den Walzen 1U, 1L des unteren Walzensatzes L auftritt, können die durch die Stützwalzen 2U, 2L hervorgerufenen Teilexzentritäten zusammengefasst werden und können ebenso die durch die Arbeitswalzen 1U, 1L hervorgerufenen Teilexzentritäten zusammengefasst werden. Auch in diesem Fall ergibt sich die Gesamtexzentrität als Summe der Teilexzentritäten der Stützwalzen 2U, 2L und der Arbeitswalzen 1U, 1L. Die Summe weist jedoch in diesem Fall nur zwei Summanden auf, nämlich je einen für die von den Stützwalzen 2U, 2L hervorgerufene Teilexzentrität und für die von den Arbeitswalzen 1U, 1L hervorgerufene Teilexzentrität. Die Steuereinrichtung 4 ermittelt in diesem Fall im Normalbetrieb in Abhängigkeit von der Drehstellung  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LW}$  einer der Arbeitswalzen 1U, 1L eine Teilexzentrität für die Arbeitswalzen 1U, 1L und in Abhängigkeit von der Drehstellung  $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{LB}$  einer der Stützwalzen 2U, 2L eine Teilexzentrität für die Stützwalzen 2U, 2L. Weiterhin addiert sie in diesem Fall die beiden Teilexzentritäten zur Gesamtexzentrität  $\varepsilon$ . Die Steuereinrichtung 4 ermittelt also auch in diesem Fall im Normalbetrieb den Kompensationswert  $\varepsilon$  in Abhängigkeit von der Drehstellung  $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LB}$ ,  $\varphi_{LW}$  sowohl der Arbeitswalzen 1U, 1L als auch der Stützwalzen 2U, 2L. Im Rahmen des Kalibrierbetriebs ermittelt die Steuereinrichtung 4 in diesem Fall für die beiden Stützwalzen 2U, 2L einheitliche Größen, die für deren Teilexzentrität charakteristisch sind, beispielsweise eine Exzentritätsamplitude und eine Phasenlage. Ebenso ermittelt die Steuereinrichtung 4 in diesem Fall im Kalibrierbetrieb für die beiden Arbeitswalzen 1U, 1L einheitliche Größen, die für deren Teilexzentrität charakteristisch sind, beispielsweise eine Exzentritätsamplitude und eine Phasenlage.

**[0063]** Weiterhin werden während Walzpausen entsprechend der Darstellung in FIG 10 Schritte S21 bis S23 ausgeführt. Die Schritte S21 bis S23 sind eine Ausgestaltung des Schrittes S8 von FIG 1.

**[0064]** Gemäß FIG 10 ermittelt die Steuereinrichtung 4 im Schritt S21 eine Kostenfunktion K. In die Kostenfunktion K können - gewichtet mit jeweiligen Wichtungsfaktoren  $\alpha_0$  bis  $\alpha_2$  - beispielsweise die Gesamtexzentrität  $\varepsilon$ , die erste zeitliche Ableitung der Gesamtexzentrität  $\dot{\varepsilon}$  und/oder die zweite zeitliche Ableitung der Gesamtexzentrität  $\ddot{\varepsilon}$  eingehen. Es ist möglich, dass alle drei Wichtungsfaktoren  $\alpha_0$  bis  $\alpha_2$  von 0 verschieden sind. Alternativ ist es möglich, dass nur zwei der Wichtungsfaktoren  $\alpha_0$  bis  $\alpha_2$  von 0 verschieden sind. Mindestens einer der drei Wichtungsfaktoren  $\alpha_0$  bis  $\alpha_2$  muss jedoch von 0 verschieden sein. Die Wichtungsfaktoren  $\alpha_0$  bis  $\alpha_2$  können der Steuereinrichtung 4 fest vorgegeben sein oder von einem Anwender im Rahmen einer Parametrierung festgelegt werden. Die Steuereinrichtung 4 ermittelt in diesem Fall weiterhin im Schritt S22 ein Minimum der Kostenfunktion K über eine gewalzte Länge L1. Sie bildet also das Integral

$$\int_0^{L1} \|K\| dl \tag{4}$$

und minimiert das Integral dadurch, dass sie Drehstellungen  $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LB}$ ,  $\varphi_{LW}$  der Walzen 1U, 1L, 2U, 2L variiert, zu denen mit dem Walzen des nächsten flachen Walzguts 3 begonnen wird. Die gewalzte Länge L1 ist - bezogen auf die Mantelflächen der Walzen 1U, 1L, 2U, 2L - diejenige Länge, über welche die Walzen 1U, 1L, 2U, 2L dieses flache Walzgut 3 walzen. Im Schritt S23 stellt die Steuereinrichtung 4 sodann die Drehstellungen  $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LB}$ ,  $\varphi_{LW}$  der Walzen 1U, 1L, 2U, 2L entsprechend ein. Die Steuereinrichtung 4 dreht also den oberen und/oder den unteren Walzensatz U, L derart, dass die Kostenfunktion K beim Walzen des nächsten flachen Walzguts 3 minimiert wird.

**[0065]** Es ist möglich, dass im Rahmen des Schrittes S23 das Walzgerüst geschlossen ist. In diesem Fall können die beiden Walzensätze U, L nur zusammen gedreht werden. Alternativ kann das Walzgerüst geöffnet werden. In diesem Fall können die beiden Walzensätze U, L unabhängig voneinander gedreht werden.

**[0066]** Die erfindungsgemäße Vorgehensweise führt zu ausgezeichneten Ergebnissen. FIG 11 zeigt rein beispielhaft einen Vergleich zwischen einer gemessenen (M) Exzentrität  $\varepsilon$  und einer zugehörigen, modellierten (C) Exzentrität  $\varepsilon_c$ , also einer Exzentrität  $\varepsilon_c$ , die anhand der Exzentritätsamplituden RUB, RUW, RLW, RLB und Phasenlagen  $\varphi_{1UB}$ ,  $\varphi_{2UW}$ ,  $\varphi_{1LB}$ ,  $\varphi_{2LW}$  ermittelt wurde, wobei die Exzentritätsamplituden RUB, RUW, RLW, RLB und Phasenlagen  $\varphi_{1UB}$ ,  $\varphi_{2UW}$ ,  $\varphi_{1LB}$ ,  $\varphi_{2LW}$  anhand des gemessenen Verlaufs der Exzentrität  $\varepsilon$  ermittelt wurden. FIG 12 zeigt den zugehörigen Verlauf der Umdrehungen der Walzen 1U, 1L, 2U, 2L.

**[0067]** Im Idealfall werden durch das Aufschalten des Kompensationssignals  $\varepsilon$  die Exzentritäten der Walzen 1U, 1L, 2U, 2L vollständig kompensiert. Aufgrund von thermischen Effekten, Verschleiß usw. kann es jedoch geschehen, dass trotz der Korrektur des Walzspaltsollwerts  $s^*$  um den ermittelten Kompensationswert  $\varepsilon$  eine nur unvollständige Kompensation erfolgt, dass also eine Restexzentrität  $\varepsilon_r$  verbleibt. Es ist daher möglich, dass die Steuereinrichtung 4 entsprechend der Darstellung in FIG 13 während des Walzens des flachen Walzguts 3 in einem Schritt S31 ein Signal F, Z

erfasst, das für die Restexzentrizität  $\varepsilon_r$  charakteristisch ist. Bei diesem Signal F, Z kann es sich beispielsweise um die Walzkraft F oder um einen vor oder hinter dem Walzgerüst im flachen Walzgut 3 herrschenden Zug Z handeln. Auch eine auslaufseitig des Walzgerüsts gemessene Dicke des flachen Walzguts 3 kann als Signal verwendet werden.

5 **[0068]** In diesem Fall kann zum einen die Steuereinrichtung 4 in einem Schritt S32 aktuell - das heißt während des Walzens des flachen Walzguts 3 - die Restexzentrizität  $\varepsilon_r$  kompensieren. In diesem Fall korrigiert die Steuereinrichtung 4 also den Walzspaltsollwert  $s^*$  nicht nur um den Kompensationswert  $\varepsilon$ , sondern zusätzlich auch um die Restexzentrizität  $\varepsilon_r$ . Weiterhin kann die Steuereinrichtung 4 in diesem Fall in einem Schritt S33 die ersten und zweiten Größen RUB, RUW, RLW, RLB,  $\varphi_{1UB}$ ,  $\varphi_{2UW}$ ,  $\varphi_{1LB}$ ,  $\varphi_{2LW}$  nachführen. Es ist sogar möglich, dass die Steuereinrichtung 4 die ersten und zweiten Größen RUB, RLB,  $\varphi_{1UB}$ ,  $\varphi_{1LB}$ , RUW, RLW,  $\varphi_{2UW}$ ,  $\varphi_{2LW}$  vollständig anhand der Restexzentrizität  $\varepsilon_r$  ermittelt, dass die Amplituden RUB, RLB, RUW, RLW der einzelnen Exzentrizitäten also zunächst den Wert 0 aufweisen. Die Phasenlagen  $\varphi_{1UB}$ ,  $\varphi_{1LB}$ ,  $\varphi_{2UW}$ ,  $\varphi_{2LW}$  sind in diesem Fall zunächst ohne Belang.

10 **[0069]** Im Rahmen der Erläuterung der vorliegenden Erfindung wurden obenstehend als erste und zweite Größen RUB, RUW, RLW, RLB,  $\varphi_{1UB}$ ,  $\varphi_{2UW}$ ,  $\varphi_{1LB}$ ,  $\varphi_{2LW}$  Exzentrizitätsamplituden RUB, RUW, RLW, RLB und Phasenlagen  $\varphi_{1UB}$ ,  $\varphi_{2UW}$ ,  $\varphi_{1LB}$ ,  $\varphi_{2LW}$  verwendet. Die Exzentrizitäten der Walzen 1U, 1L, 2U, 2L könnten alternativ jedoch auch durch Amplituden AUB, BUB, ALB, BLB, AUW, BUW, ALW, BLW von korrespondierenden Sinus- und Cosinusfunktionen beschrieben werden. Anstelle von Gleichung 2 könnte daher ebenso von der nachstehenden Gleichung 5 ausgegangen werden.

$$20 \quad \varepsilon = AUB \cdot \sin \varphi_{UB} + BUB \cdot \cos \varphi_{UB} + ALB \sin \varphi_{LB} + BLB \cos \varphi_{LB} + AUW \sin 2\varphi_{UW} + BUW \cos 2\varphi_{UW} + ALW \sin 2\varphi_{LW} + BLW \cos 2\varphi_{LW} \quad (5)$$

25 **[0070]** Die vorliegende Erfindung weist viele Vorteile auf. Insbesondere können alle Walzenexzentrizitäten ermittelt und kompensiert werden. Dies gilt unabhängig davon, ob die Exzentrizitäten durch Arbeitswalzen 1U, 1L oder Stützwalzen 2U, 2L hervorgerufen werden. Weiterhin können die Walzenexzentrizitäten schneller und genauer ermittelt werden. Weiterhin können die Walzenexzentrizitäten auch dann ermittelt werden, wenn das Walzgerüst zusätzlich zu den Arbeitswalzen 1U, 1L und den Stützwalzen 2U, 2L weitere Walzen aufweist, insbesondere zwischen den Arbeitswalzen 1U, 1L und den Stützwalzen 2U, 2L angeordnete Zwischenwalzen.

30 **[0071]** Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den durch die Ansprüche definierten Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

35 Bezugszeichenliste

**[0072]**

1L, 1U	Arbeitswalzen
2L, 2U	Stützwalzen
40 3	flaches Walzgut
4	Steuereinrichtung
5	Computerprogramm
6	Maschinencode
7U, 7L	Walzgerüstantriebe
45 8	Walze
9U, 9L	Drehstellungsgeber
10U, 10L	Referenzsignalgeber
C	modellierte Exzentrizität
K	Kostenfunktion
50 L, U	Walzensätze
L0	Erfassungslänge
L1	gewalzte Länge
M	gemessene Exzentrizität
r	Radius
55 r0	mittlerer Radius
RUB, RUW, RLW, RLB	Exzentrizitätsamplituden
s	Walzspalt
s*	Sollwalzspalt

S1 bis S33	Schritte
$\alpha_0$ bis $\alpha_2$	Wichtungsfaktoren
$\delta r_i$	Störung
$\varepsilon$	Kompensationswert
5 $\varepsilon, \varepsilon', \varepsilon r$	Exzentrizitäten
$\varphi_i$	Phasenlage
$\varphi_{UB}, \varphi_{UW}, \varphi_{LB}, \varphi_{LW}$	Drehstellungen
$\varphi_{1UB}, \varphi_{2UW}, \varphi_{1LB}, \varphi_{2LW}$	Exzentrizitätsphasen

10

## Patentansprüche

### 1. Betriebsverfahren für ein Walzgerüst zum Walzen eines flachen Walzguts (3) aus Metall,

15

- wobei das Walzgerüst einen oberen Walzensatz (U) und einen unteren Walzensatz (L) aufweist,
- wobei der obere Walzensatz (U) zumindest eine obere Arbeitswalze (1U) und eine obere Stützwalze (2U) aufweist und der untere Walzensatz (L) zumindest eine untere Arbeitswalze (1L) und eine untere Stützwalze (2L) aufweist,
- wobei das Walzgerüst zumindest zeitweise in einem Normalbetrieb betrieben wird,
- 20 - wobei das Walzgerüst während des Walzens des flachen Walzguts (3) im Normalbetrieb betrieben wird,
- wobei während des Walzens des flachen Walzguts (3) eine Steuereinrichtung (4) für das Walzgerüst kontinuierlich

25

- anhand von ersten Größen (RUB, RLB,  $\varphi_{1UB}, \varphi_{1LB}$ ), die für eine Exzentrizität der Stützwalzen (2U, 2L) des Walzgerüsts als Funktion einer Drehstellung ( $\varphi_{UB}, \varphi_{UW}, \varphi_{LB}, \varphi_{LW}$ ) mindestens einer Walze (1U, 1L, 2U, 2L) des Walzgerüsts charakteristisch sind, und zweiten Größen (RUW, RLW,  $\varphi_{2UW}, \varphi_{2LW}$ ), die für eine Exzentrizität der Arbeitswalzen (1U, 1L) des Walzgerüsts als Funktion einer Drehstellung ( $\varphi_{UB}, \varphi_{UW}, \varphi_{LB}, \varphi_{LW}$ ) mindestens einer Walze (1U, 1L, 2U, 2L) des Walzgerüsts charakteristisch sind, einen von der Drehstellung ( $\varphi_{UB}, \varphi_{UW}, \varphi_{LB}, \varphi_{LW}$ ) der mindestens einen Walze (1U, 1L, 2U, 2L) des Walzgerüsts abhängigen Kompensationswert ( $\varepsilon$ ) ermittelt,
- 30 -- einen Walzspaltsollwert ( $s^*$ ) für das Walzgerüst um den ermittelten Kompensationswert ( $\varepsilon$ ) korrigiert und
- einen Walzspalt (s) des Walzgerüsts entsprechend dem korrigierten Walzspaltsollwert einstellt,

35

so dass das flache Walzgut (3) mittels des Walzgerüsts entsprechend dem korrigierten Walzspaltsollwert gewalzt wird,

40

- wobei die Drehstellung ( $\varphi_{UB}, \varphi_{UW}, \varphi_{LB}, \varphi_{LW}$ ) nur der Arbeitswalzen (1U, 1L) oder nur der Stützwalzen (2U, 2L) des Walzgerüsts erfasst und von der Steuereinrichtung (4) entgegengenommen werden,
- wobei die Drehstellungen ( $\varphi_{UB}, \varphi_{UW}, \varphi_{LB}, \varphi_{LW}$ ) derjenigen Walzen (1U, 1L, 2U, 2L), deren Drehstellungen ( $\varphi_{UB}, \varphi_{UW}, \varphi_{LB}, \varphi_{LW}$ ) nicht erfasst werden, von der Steuereinrichtung (4) aus den Drehstellungen ( $\varphi_{UB}, \varphi_{UW}, \varphi_{LB}, \varphi_{LW}$ ) derjenigen Walzen, (1U, 1L, 2U, 2L) deren Drehstellungen ( $\varphi_{UB}, \varphi_{UW}, \varphi_{LB}, \varphi_{LW}$ ) erfasst werden, ermittelt werden und
- 45 - wobei für Walzen (1U, 1L, 2U, 2L), deren Drehstellungen ( $\varphi_{UB}, \varphi_{UW}, \varphi_{LB}, \varphi_{LW}$ ) nicht erfasst, sondern ermittelt werden, jeweils das Passieren einer Referenzdrehstellung erfasst und der Steuereinrichtung (4) zugeführt wird,

#### **dadurch gekennzeichnet,**

50

**dass** während Walzpausen, während derer kein flaches Walzgut (3) gewalzt wird, der obere und/oder der untere Walzensatz (U, L) derart gedreht werden, dass beim Walzen des nächsten flachen Walzguts (3) eine Kostenfunktion (K) minimiert wird, in welche eine durch die Summe der Exzentrizitäten der Arbeitswalzen (1U, 1L) und der Stützwalzen (2U, 2L) gebildete Gesamtexzentrizität ( $\varepsilon$ ), die erste zeitliche Ableitung ( $\dot{\varepsilon}$ ) der Gesamtexzentrizität ( $\varepsilon$ ) und/oder die zweite zeitliche Ableitung ( $\ddot{\varepsilon}$ ) der Gesamtexzentrizität ( $\varepsilon$ ) eingehen.

### 2. Betriebsverfahren nach Anspruch 1,

55

#### **dadurch gekennzeichnet,**

**dass** das Walzgerüst zeitweise in einem Kalibrierbetrieb betrieben wird, in dem mittels des Walzgerüsts kein flaches Walzgut (3) gewalzt wird, und dass die Steuereinrichtung (4) im Kalibrierbetrieb

- für eine Anzahl von definierten Anfangsdrehstellungen sowohl des oberen Walzensatzes (U) als auch des

## EP 3 419 771 B2

unteren Walzensatzes (L) das Walzgerüst derart steuert, dass die obere Arbeitswalze (1U) auf der unteren Arbeitswalze (1L) aufliegt und die Walzen (1U, 1L, 2U, 2L) aneinander abrollen,

- während des Abrollens der Walzen (1U, 1L, 2U, 2L) aneinander über eine von der jeweiligen Anfangsdrehstellung ausgehende jeweilige Erfassungslänge ( $L_0$ ) jeweils einen von der Drehstellung ( $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LB}$ ,  $\varphi_{LW}$ ) der mindestens einen Walze (1U, 1L, 2U, 2L) abhängigen Verlauf eines für eine Änderung des Walzspaltes ( $s$ ) charakteristischen Signals ( $s$ ,  $F$ ) erfasst und

- anhand der erfassten Verläufe die ersten und zweiten Größen ( $R_{UB}$ ,  $R_{UW}$ ,  $R_{LW}$ ,  $R_{LB}$ ,  $\varphi_{1UB}$ ,  $\varphi_{2UW}$ ,  $\varphi_{1LB}$ ,  $\varphi_{2LW}$ ) ermittelt.

3. Betriebsverfahren nach Anspruch 2,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** die Anzahl an Anfangsdrehstellungen größer als 1 ist.

4. Betriebsverfahren nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** die ersten und zweiten Größen ( $R_{UB}$ ,  $R_{LB}$ ,  $\varphi_{1UB}$ ,  $\varphi_{1LB}$ ,  $R_{UW}$ ,  $R_{LW}$ ,  $\varphi_{2UW}$ ,  $\varphi_{2LW}$ ) der Steuereinrichtung (4) von einer übergeordneten Steuereinrichtung oder von einer Bedienperson vorgegeben werden.

5. Betriebsverfahren nach einem der obigen Ansprüche,

- dass die ersten Größen ( $R_{UB}$ ,  $R_{LB}$ ,  $\varphi_{1UB}$ ,  $\varphi_{1LB}$ ) die Exzentrizität der Stützwalzen (2U, 2L) in Abhängigkeit von der Drehstellung ( $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{LB}$ ) der Stützwalzen (2U, 2L) charakterisieren,

- dass die zweiten Größen ( $R_{UW}$ ,  $R_{LW}$ ,  $\varphi_{2UW}$ ,  $\varphi_{2LW}$ ) die Exzentrizität der Arbeitswalzen (1U, 1L) in Abhängigkeit von der Drehstellung ( $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LW}$ ) der Arbeitswalzen (1U, 1L) charakterisieren und

- dass die Steuereinrichtung (4) den Kompensationswert ( $\varepsilon$ ) in Abhängigkeit von der Drehstellung ( $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LB}$ ,  $\varphi_{LW}$ ) sowohl der Arbeitswalzen (1U, 1L) als auch der Stützwalzen (2U, 2L) ermittelt.

6. Betriebsverfahren nach Anspruch 5,

**dadurch gekennzeichnet,**

- **dass** die Drehstellungen ( $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{LB}$ ) der Stützwalzen (2U, 2L) des Walzgerüsts unabhängig voneinander ermittelt oder erfasst werden und dass die Drehstellungen ( $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LW}$ ) der Arbeitswalzen (1U, 1L) des Walzgerüsts unabhängig voneinander ermittelt oder erfasst werden,

- **dass** die ersten Größen ( $R_{UB}$ ,  $R_{LB}$ ,  $\varphi_{1UB}$ ,  $\varphi_{1LB}$ ) Größen ( $R_{UB}$ ,  $\varphi_{1UB}$ ) umfassen, welche die durch die obere Stützwalze (2U) hervorgerufene Exzentrizität in Abhängigkeit von der Drehstellung ( $\varphi_{UB}$ ) der oberen Stützwalze (2U) charakterisieren, und Größen ( $R_{LB}$ ,  $\varphi_{1LB}$ ) umfassen, welche die durch die untere Stützwalze (2L) hervorgerufene Exzentrizität in Abhängigkeit von der Drehstellung ( $\varphi_{LB}$ ) der unteren Stützwalze (2L) charakterisieren,

- **dass** die zweiten Größen ( $R_{UW}$ ,  $R_{LW}$ ,  $\varphi_{2UW}$ ,  $\varphi_{2LW}$ ) Größen ( $R_{UW}$ ,  $\varphi_{2UW}$ ) umfassen, welche die durch die obere Arbeitswalze (1U) hervorgerufene Exzentrizität in Abhängigkeit von der Drehstellung ( $\varphi_{UW}$ ) der oberen Arbeitswalze (1U) charakterisieren, und Größen ( $R_{LW}$ ,  $\varphi_{2LW}$ ) umfassen, welche die durch die untere Arbeitswalze (1L) hervorgerufene Exzentrizität in Abhängigkeit von der Drehstellung ( $\varphi_{LW}$ ) der unteren Arbeitswalze (1L) charakterisieren, und

- **dass** die Steuereinrichtung (4) den Kompensationswert ( $\varepsilon$ ) in Abhängigkeit von der jeweiligen Drehstellung ( $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LB}$ ,  $\varphi_{LW}$ ) sowohl der oberen und unteren Arbeitswalze (1U, 1L) als auch der oberen und unteren Stützwalze (2U, 2L) ermittelt.

7. Betriebsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** im Normalbetrieb während Walzpausen, während derer kein flaches Walzgut (3) gewalzt wird, ein Drehen der Walzen (1U, 1L, 2U, 2L) des Walzgerüsts entgegen der Drehrichtung während des Walzens des zuletzt gewalzten flachen Walzguts (3) erfolgt.

8. Betriebsverfahren nach einem der obigen Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** die Steuereinrichtung (4) während des Walzens des flachen Walzguts (3) ein Signal ( $F$ ,  $Z$ ) erfasst, das für eine Restexzentrizität ( $\varepsilon_r$ ) charakteristisch ist, die trotz der Korrektur des Walzspaltsollwerts ( $s^*$ ) um den ermittelten Kompensationswert ( $\varepsilon$ ) auftritt, und die ersten und zweiten Größen ( $R_{UB}$ ,  $R_{UW}$ ,  $R_{LW}$ ,  $R_{LB}$ ,  $\varphi_{1UB}$ ,  $\varphi_{2UW}$ ,  $\varphi_{1LB}$ ,

( $\varphi$ 2LW) anhand der Restexzentrizität ( $\epsilon_r$ ) nachführt.

9. Computerprogramm für eine Steuereinrichtung (4) eines Walzgerüsts zum Walzen eines flachen Walzguts (3) aus Metall, wobei das Computerprogramm Maschinencode (6) umfasst, der von der Steuereinrichtung (4) unmittelbar abarbeitbar ist, wobei die Abarbeitung des Maschinencodes (6) durch die Steuereinrichtung (4) bewirkt, dass die Steuereinrichtung (4) das Walzgerüst gemäß einem Betriebsverfahren nach einem der obigen Ansprüche betreibt.
10. Steuereinrichtung für ein Walzgerüst zum Walzen eines flachen Walzguts (3) aus Metall, wobei die Steuereinrichtung derart ausgebildet ist, dass sie das Walzgerüst gemäß einem Betriebsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 betreibt.
11. Walzgerüst zum Walzen eines flachen Walzguts (3) aus Metall, umfassend eine Steuereinrichtung (4) nach Anspruch 10 zur Steuerung des Walzgerüsts.

## Claims

1. Operating method for a roll stand for rolling flat rolled stock (3) from metal,

- the roll stand having an upper roll set (U) and a lower roll set (L),
- the upper roll set (U) having at least one upper working roll (1U) and an upper back-up roll (2U), and the lower roll set (L) having at least one lower working roll (1L) and a lower back-up roll (2L),
- the roll stand being operated at least temporarily in normal operation,
- the roll stand being operated in normal operation during the rolling of the flat rolled stock (3),
- during the rolling of the flat rolled stock (3), a control device (4) for the roll stand continuously

-- by using first variables (RUB, RLB,  $\varphi$ 1UB,  $\varphi$ 1LB), which are characteristic of an eccentricity of the back-up rolls (2U, 2L) of the roll stand as a function of a rotational position ( $\varphi$ UB,  $\varphi$ UW,  $\varphi$ LB, ( $\varphi$ LW) of at least one roll (1U, 1L, 2U, 2L) of the roll stand, and second variables (RUW, RLW,  $\varphi$ 2UW,  $\varphi$ 2LW), which are characteristic of an eccentricity of the working rolls (1U, 1L) of the roll stand as a function of a rotational position ( $\varphi$ UB,  $\varphi$ UW,  $\varphi$ LB, ( $\varphi$ LW) of at least one roll (1U, 1L, 2U, 2L) of the roll stand, determining a compensation value ( $\epsilon$ ) that depends on the rotational position ( $\varphi$ UB,  $\varphi$ UW,  $\varphi$ LB, ( $\varphi$ LW) of the at least one roll (1U, 1L, 2U, 2L) of the roll stand,

- correcting a roll nip set point ( $s^*$ ) for the roll stand by the compensation value ( $\epsilon$ ) determined and
- adjusting a roll nip ( $s$ ) of the roll stand in accordance with the corrected roll nip set point,

so that the flat rolled stock (3) is rolled by means of the roll stand in accordance with the corrected roll nip set point,

- the rotational position ( $\varphi$ UB,  $\varphi$ UW,  $\varphi$ LB, ( $\varphi$ LW) of only the working rolls (1U, 1L) or only the back-up rolls (2U, 2L) of the roll stand being detected and accepted by the control device (4),
- the rotational positions ( $\varphi$ UB,  $\varphi$ UW,  $\varphi$ LB, ( $\varphi$ LW) of those rolls (1U, 1L, 2U, 2L) whose rotational positions ( $\varphi$ UB,  $\varphi$ UW,  $\varphi$ LB, ( $\varphi$ LW) are not detected being determined by the control device (4) from the rotational positions ( $\varphi$ UB,  $\varphi$ UW,  $\varphi$ LB, ( $\varphi$ LW) of those rolls (1U, 1L, 2U, 2L) whose rotational positions ( $\varphi$ UB,  $\varphi$ UW,  $\varphi$ LB, ( $\varphi$ LW) are detected, and
- for rolls (1U, 1L, 2U, 2L) whose rotational positions ( $\varphi$ UB,  $\varphi$ UW,  $\varphi$ LB, ( $\varphi$ LW) are not detected but are determined, in each case the passing of a reference rotational position being detected and supplied to the control device (4),

### characterized in that

during rolling pauses during which no flat rolled stock (3) is rolled, the upper and/or the lower roll set (U, L) is/are rotated in such a way that, during the rolling of the next flat rolled stock (3), a cost function (K) is minimized, in which a total eccentricity ( $\epsilon$ ) formed by the sum of the eccentricities of the working rolls (1U, 1L) and the back-up rolls (2U, 2L), the first time derivative ( $\dot{\epsilon}$ ) of the total eccentricity ( $\epsilon$ ) and/or the second time derivative ( $\ddot{\epsilon}$ ) of the total eccentricity ( $\epsilon$ ) are included.

2. Operating method according to Claim 1,

### characterized in that

the roll stand is temporarily operated in a calibration operation, in which no flat rolled stock (3) is rolled by means of the roll stand, and **in that** in the calibration operation the control device (4)

- for a number of defined initial rotational positions both of the upper roll set (U) and of the lower roll set (L), controls the roll stand in such a way that the upper working roll (1U) rests on the lower working roll (1L) and the rolls (1U, 1L, 2U, 2L) roll on one another,
- while the rolls (1U, 1L, 2U, 2L) are rolling on one another over a respective detection length (L0) starting from the respective initial rotational position, in each case detects a profile, which depends on the rotational position ( $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LB}$ ,  $\varphi_{LW}$ ) of the at least one roll (1U, 1L, 2U, 2L), of a signal (s, F) that is characteristic of a change in the roll nip (s) and
- by using the detected profiles, determines the first and second variables (RUB, RUW, RLW, RLB,  $\varphi_{1UB}$ ,  $\varphi_{2UW}$ ,  $\varphi_{1LB}$ ,  $\varphi_{2LW}$ ).

3. Operating method according to Claim 2,  
**characterized in that**

the number of initial rotational positions is greater than 1.

4. Operating method according to Claim 1,  
**characterized in that**

the first and second variables (RUB, RLB,  $\varphi_{1UB}$ ,  $\varphi_{1LB}$ , RUW, RLW,  $\varphi_{2UW}$ , ( $\varphi_{2LW}$ ) of the control device (4) are predefined by a higher-order control device or by an operator.

5. Operating method according to one of the above claims,  
**characterized in that**

- the first variables (RUB, RLB,  $\varphi_{1UB}$ ,  $\varphi_{1LB}$ ) characterize the eccentricity of the back-up rolls (2U, 2L) as a function of the rotational position ( $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{LB}$ ) of the back-up rolls (2U, 2L),
- **in that** the second variables (RUW, RLW,  $\varphi_{2UW}$ , ( $\varphi_{2LW}$ ) characterize the eccentricity of the working rolls (1U, 1L) as a function of the rotational position ( $\varphi_{UW}$ , ( $\varphi_{LW}$ ) of the working rolls (1U, 1L), and
- **in that** the control device (4) determines the compensation value ( $\varepsilon$ ) as a function of the rotational position ( $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LB}$ , ( $\varphi_{LW}$ ) both of the working rolls (1U, 1L) and also of the back-up rolls (2U, 2L).

6. Operating method according to Claim 5,  
**characterized in that**

- the rotational positions ( $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{LB}$ ) of the back-up rolls (2U, 2L) of the roll stand are determined or detected independently of one another, and **in that** the rotational positions ( $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LW}$ ) of the working rolls (1U, 1L) of the roll stand are determined or detected independently of one another,
- **in that** the first variables (RUB, RLB,  $\varphi_{1UB}$ ,  $\varphi_{1LB}$ ) comprise variables (RUB,  $\varphi_{1UB}$ ) which characterize the eccentricity caused by the upper back-up roll (2U) as a function of the rotational position ( $\varphi_{UB}$ ) of the upper back-up roll (2U), and variables (RLB,  $\varphi_{1LB}$ ) which characterize the eccentricity caused by the lower back-up roll (2L) as a function of the rotational position ( $\varphi_{LB}$ ) of the lower back-up roll (2L),
- **in that** the second variables (RUW, RLW,  $\varphi_{2UW}$ , ( $\varphi_{2LW}$ ) comprise variables (RUW, ( $\varphi_{2UW}$ ) which characterize the eccentricity caused by the upper working roll (1U) as a function of the rotational position ( $\varphi_{UW}$ ) of the upper working roll (1U), and variables (RLW, ( $\varphi_{2LW}$ ) which characterize the eccentricity caused by the lower working roll (1L) as a function of the rotational position ( $\varphi_{LW}$ ) of the lower working roll (1L), and
- **in that** the control device (4) determines the compensation value ( $\varepsilon$ ) as a function of the respective rotational position ( $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LB}$ , ( $\varphi_{LW}$ ) both of the upper and lower working roll (1U, 1L) and also of the upper and lower back-up roll (2U, 2L).

7. Operating method according to one of Claims 1 to 6,  
**characterized in that**

in normal operation, during rolling pauses during which no flat rolled stock (3) is rolled, rotation of the rolls (1U, 1L, 2U, 2L) of the roll stand counter to the direction of rotation during the rolling of the last rolled flat rolled stock (3) is carried out.

8. Operating method according to one of the above claims,  
**characterized in that**

during the rolling of the flat rolled stock (3), the control device (4) detects a signal (F, Z) which is characteristic of a residual eccentricity ( $\varepsilon_r$ ) which occurs despite the correction of the roll nip set point (s\*) by the compensation value ( $\varepsilon$ ) determined, and tracks the first and second variables (RUB, RUW, RLW, RLB,  $\varphi_{1UB}$ ,  $\varphi_{2UW}$ ,  $\varphi_{1LB}$ , ( $\varphi_{2LW}$ ) by

using the residual eccentricity ( $\varepsilon r$ ).

- 5 9. Computer program for a control device (4) of a roll stand for rolling a flat rolled stock (3) from metal, wherein the computer program comprises machine code (6) which can be processed directly by the control device (4), wherein the processing of the machine code (6) by the control device (4) has the effect that the control device (4) operates the roll stand in accordance with an operating method according to one of the above claims.
- 10 10. Control device for a roll stand for rolling a flat rolled stock (3) from metal, wherein the control device is formed in such a way that it operates the roll stand in accordance with an operating method according to one of Claims 1 to 8.
11. Roll stand for rolling a flat rolled stock (3) from metal, comprising a control device (4) according to Claim 10 for controlling the roll stand.

15 **Revendications**

1. Procédé d'exploitation pour une cage de laminoir destinée au laminage d'un produit plat de laminage (3) en métal ;

- 20 - dans lequel la cage de laminoir présente une batterie de cylindres supérieurs (U) et une batterie de cylindres inférieurs (L) ;
- dans lequel la batterie de cylindres supérieurs (U) présente au moins un cylindre de travail supérieur (1U) et un cylindre de soutien supérieur (2U) et la batterie de cylindres inférieurs (L) présente au moins un cylindre de travail inférieur (1L) et un cylindre de soutien inférieur (2L) ;
- 25 - dans lequel la cage de laminoir est exploitée au moins par moments conformément à une exploitation normale ;
- dans lequel la cage de laminoir, au cours du laminage du produit plat de laminage (3) est exploitée conformément à une exploitation normale ;
- dans lequel, au cours du laminage du produit plat de laminage (3), un mécanisme de commande (4) d'une manière continue, pour la cage de laminoir,

- 30 -- détermine, en se référant à des premières valeurs (RUB, RLB,  $\varphi 1UB$ ,  $\varphi 1LB$ ) qui sont caractéristiques pour une excentricité des cylindres de soutien (2U, 2L) de la cage de laminoir en fonction d'une position rotatoire ( $\varphi UB$ ,  $\varphi UW$ ,  $\varphi LB$ ,  $\varphi LW$ ) d'au moins un cylindre (1U, 1L, 2U, 2L) de la cage de laminoir, et à des secondes valeurs (RUW, RLW,  $\varphi 2UW$ ,  $\varphi 2LW$ ) qui sont caractéristiques pour une excentricité des cylindres de travail (1U, 1L) de la cage de laminoir en fonction d'une position rotatoire ( $\varphi UB$ ,  $\varphi UW$ ,  $\varphi LB$ ,  $\varphi LW$ ) d'au moins un cylindre (1U, 1L, 2U, 2L) de la cage de laminoir, une valeur de compensation ( $\varepsilon$ ) qui dépend de la position rotatoire ( $\varphi UB$ ,  $\varphi UW$ ,  $\varphi LB$ ,  $\varphi LW$ ) dudit au moins un cylindre (1U, 1L, 2U, 2L) de la cage de laminoir ;
- 35 -- corrige, sur base de la valeur de compensation déterminée ( $\varepsilon$ ), une valeur de consigne de l'emprise ( $s^*$ ) pour la cage de laminoir ; et
- 40 -- règle une emprise (s) de la cage de laminoir de manière correspondante à la valeur de consigne corrigée de l'emprise ;

d'une manière telle que le produit plat de laminage (3) fait l'objet d'un laminage au moyen de la cage de laminoir de manière correspondante à la valeur de consigne corrigée de l'emprise ;

- 45 - dans lequel la position rotatoire ( $\varphi UB$ ,  $\varphi UW$ ,  $\varphi LB$ ,  $\varphi LW$ ) uniquement des cylindres de travail (1U, 1L) ou uniquement des cylindres de soutien (2U, 2L) de la cage de laminoir est enregistrée et est prise en compte par le mécanisme de commande (4) ;
- dans lequel les positions rotatoires ( $\varphi UB$ ,  $\varphi UW$ ,  $\varphi LB$ ,  $\varphi LW$ ) des cylindres (1U, 1L, 2U, 2L) dont les positions rotatoires ( $\varphi UB$ ,  $\varphi UW$ ,  $\varphi LB$ ,  $\varphi LW$ ) ne sont pas enregistrées sont déterminées par le mécanisme de commande (4) à partir des positions rotatoires ( $\varphi UB$ ,  $\varphi UW$ ,  $\varphi LB$ ,  $\varphi LW$ ) des cylindres (1U, 1L, 2U, 2L) dont les positions rotatoires ( $\varphi UB$ ,  $\varphi UW$ ,  $\varphi LB$ ,  $\varphi LW$ ) sont enregistrées ; et
- 50 - dans lequel pour des cylindres (1U, 1L, 2U, 2L) dont les positions rotatoires ( $\varphi UB$ ,  $\varphi UW$ ,  $\varphi LB$ ,  $\varphi LW$ ) ne sont pas enregistrées, mais déterminées, à chaque fois le passage d'une position rotatoire de référence est enregistrée et est transmise au mécanisme de commande (4),

55 **caractérisé en ce que,**

au cours des poses de laminage, au cours desquelles aucun produit plat de laminage (3) n'est soumis à un laminage, les batteries de cylindres supérieurs et/ou de cylindres inférieurs (U, L) sont mises en rotation d'une manière telle

## EP 3 419 771 B2

que, lors du laminage du produit plat de laminage suivant (3), on minimise une fonction de coût (K) qui prend en compte une excentricité totale ( $\varepsilon$ ) formée par la somme des excentricités des cylindres de travail (1U, 1L) et des cylindres de soutien (2U, 2L), la première déviation dans le temps ( $\varepsilon$ ) de l'excentricité totale ( $\varepsilon$ ) et/ou la deuxième déviation dans le temps ( $\varepsilon$ ) de l'excentricité totale ( $\varepsilon$ ).

5

2. Procédé d'exploitation selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la cage de laminoir est exploitée par moments conformément à une exploitation d'étalonnage, dans laquelle aucun produit plat de laminage (3) n'est soumis à un laminage au moyen de la cage de laminoir, et **en ce que** le mécanisme de commande (4) au cours de l'exploitation d'étalonnage :

10

- commande, pour un certain nombre de positions rotatoires initiales définies, aussi bien de la batterie de cylindres supérieurs (U) que de la batterie de cylindres inférieurs (L), la cage de laminoir d'une manière telle que le cylindre de travail supérieur (1U) s'appuie sur le cylindre de travail inférieur (1L) et que les cylindres (1U, 1L, 2U, 2L) roulent l'un contre l'autre ;

15

- au cours du roulement des cylindres (1U, 1L, 2U, 2L) l'un contre l'autre, sur une longueur d'enregistrement respective (L0) qui part de la position rotatoire initiale respective, enregistre respectivement l'allure d'un signal caractéristique (s, F) pour une modification de l'emprise (s), qui dépend de la position rotatoire ( $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LB}$ ,  $\varphi_{LW}$ ) dudit au moins un cylindre (1U, 1L, 2U, 2L) ; et

20

détermine, sur base des allures enregistrées, les premières et les secondes valeurs (RUB, RUW, RLW, RLB,  $\varphi_{1UB}$ ,  $\varphi_{2UW}$ ,  $\varphi_{1LB}$ ,  $\varphi_{2LW}$ ).

3. Procédé d'exploitation selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le nombre de positions rotatoires initiales est supérieur à 1.

25

4. Procédé d'exploitation selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les premières et les secondes valeurs (RUB, RLB,  $\varphi_{1UB}$ ,  $\varphi_{1LB}$ , RUW, RLW,  $\varphi_{2UW}$ , ( $\varphi_{2LW}$ ) du mécanisme de commande (4) sont prédéfinies par un mécanisme de commande de niveau supérieur ou par un préposé à la manœuvre.

30

5. Procédé d'exploitation selon l'une quelconque des revendications ci-dessus, **caractérisé**

- **en ce que** les premières valeurs (RUB, RLB,  $\varphi_{1UB}$ ,  $\varphi_{1LB}$ ) caractérisent l'excentricité des cylindres de soutien (2U, 2L) en fonction de la position rotatoire ( $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{LB}$ ) des cylindres de soutien (2U, 2L) ;

- **en ce que** les secondes valeurs (RUW, RLW,  $\varphi_{2UW}$ , ( $\varphi_{2LW}$ ) caractérisent l'excentricité des cylindres de travail (1U, 1L) en fonction de la position rotatoire ( $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LW}$ ) des cylindres de travail (1U, 1L) ; et

35

- **en ce que** le mécanisme de commande (4) détermine la valeur de compensation ( $\varepsilon$ ) en fonction de la position rotatoire ( $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LB}$ ,  $\varphi_{LW}$ ), aussi bien des cylindres de travail (1U, 1L) que des cylindres de soutien (2U, 2L).

6. Procédé d'exploitation selon la revendication 5, **caractérisé**

40

- **en ce que** les positions rotatoires ( $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{LB}$ ) des cylindres de soutien (2U, 2L) de la cage de laminoir sont enregistrées ou déterminées indépendamment l'une de l'autre et en ce que les positions rotatoires ( $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LW}$ ) des cylindres de travail (1U, 1L) de la cage de laminoir sont enregistrées ou déterminées indépendamment l'une de l'autre ;

45

- **en ce que** les premières valeurs (RUB, RLB,  $\varphi_{1UB}$ ,  $\varphi_{1LB}$ ) comprennent des valeurs (RUB,  $\varphi_{1UB}$ ) qui caractérisent l'excentricité provoquée par le cylindre de soutien supérieur (2U) en fonction de la position rotatoire ( $\varphi_{UB}$ ) du cylindre de soutien supérieur (2U), et des valeurs (RLB,  $\varphi_{1LB}$ ) qui caractérisent l'excentricité provoquée par le cylindre de soutien inférieur (2L) en fonction de la position rotatoire ( $\varphi_{LB}$ ) du cylindre de soutien inférieur (2L) ;

50

- **en ce que** les secondes valeurs (RUW, RLW,  $\varphi_{2UW}$ , ( $\varphi_{2LW}$ ) comprennent des valeurs (RUW, ( $\varphi_{2UW}$ ) qui caractérisent l'excentricité provoquée par le cylindre de travail supérieur (1U) en fonction de la position rotatoire ( $\varphi_{UW}$ ) du cylindre de travail supérieur (1U), et des valeurs (RLW, ( $\varphi_{2LW}$ ) qui caractérisent l'excentricité provoquée par le cylindre de travail inférieur (1L) en fonction de la position rotatoire ( $\varphi_{LW}$ ) du cylindre de travail inférieur (1L) ;

55

**en ce que** le mécanisme de commande (4) détermine la valeur de compensation ( $\varepsilon$ ) en fonction de la position rotatoire respective ( $\varphi_{UB}$ ,  $\varphi_{UW}$ ,  $\varphi_{LB}$ , ( $\varphi_{LW}$ ) aussi bien des cylindres de travail supérieur et inférieur (1U, 1L) que des cylindres de soutien supérieur et inférieur (2U, 2L).

## EP 3 419 771 B2

7. Procédé d'exploitation selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que**, au cours de l'exploitation normale, lors de poses de laminage au cours desquelles aucun produit plat de laminage (3) n'est soumis à un laminage, a lieu une rotation des cylindres (1U, 1L, 2U, 2L) de la cage de laminoir à l'encontre de la direction de rotation en vigueur au cours du laminage du produit plat de laminage (3) qui a été laminé en dernier lieu.
8. Procédé d'exploitation selon l'une quelconque des revendications ci-dessus, **caractérisé en ce que** le mécanisme de commande (4) au cours du laminage du produit plat de laminage (3) enregistre un signal (F, Z) qui est caractéristique pour une excentricité résiduelle ( $\epsilon r$ ) qui apparaît malgré la correction de la valeur de consigne de l'emprise ( $s^*$ ) sur base de la valeur de compensation déterminée ( $\epsilon$ ), et met à jour les premières et secondes valeurs (RUB, RUW, RLW, RLB, ( $\varphi 1UB$ ,  $\varphi 2UW$ ,  $\varphi 1LB$ , ( $\varphi 2LW$ ) sur base de l'excentricité résiduelle ( $\epsilon r$ ).
9. Programme informatique pour un mécanisme de commande (4) d'une cage de laminoir destinée au laminage d'un produit plat de laminage (3) en métal ; dans lequel le programme informatique comprend un code de machine (6) qui peut être exécuté directement ; dans lequel l'exécution du code de machine (6) par le mécanisme de commande (4) fait en sorte que le mécanisme de commande (4) exploite la cage de laminoir conformément à un procédé d'exploitation selon une des revendications précédentes.
10. Mécanisme de commande pour une cage de laminoir destinée au laminage d'un produit plat de laminage (3) en métal ; dans lequel le mécanisme de commande est réalisé d'une manière telle qu'il exploite la cage de laminoir conformément à un procédé d'exploitation selon l'une quelconque des revendications 1 à 8.
11. Cage de laminoir destinée au laminage d'un produit plat de laminage (3) en métal, comprenant un mécanisme de commande (4) selon la revendication 10 pour la commande de la cage de laminoir.

FIG 1

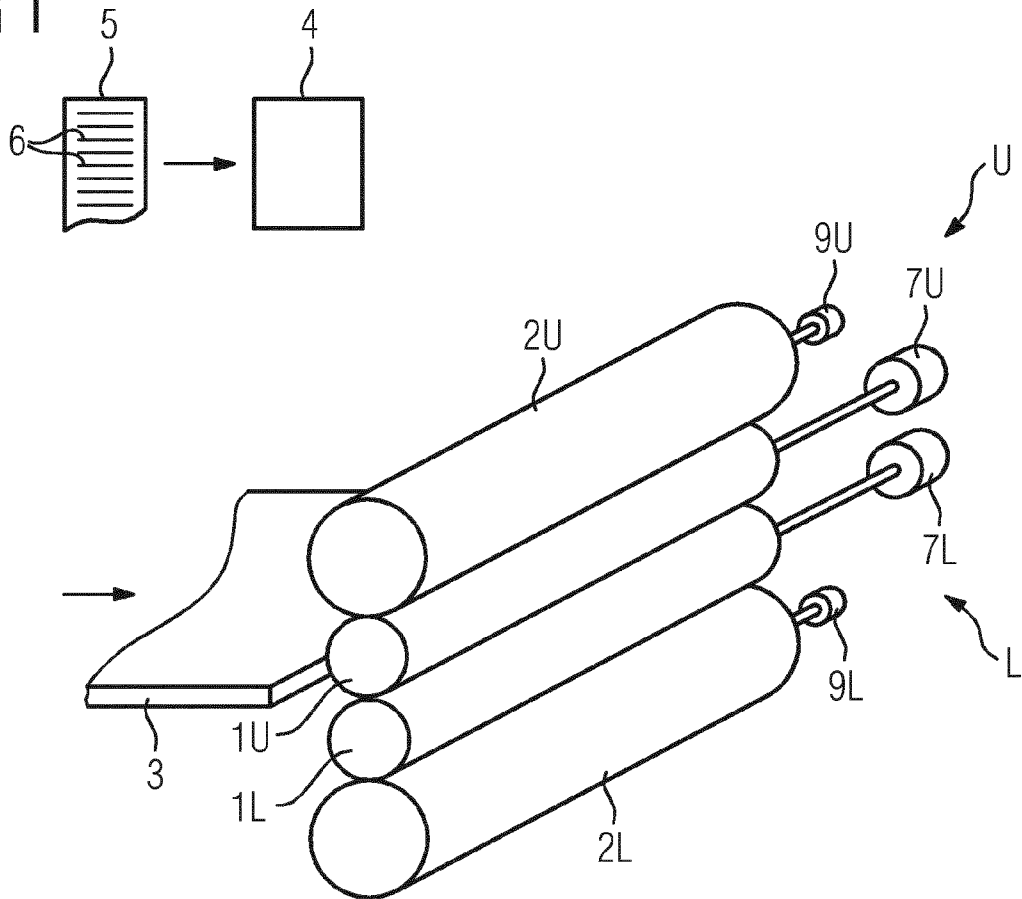


FIG 2

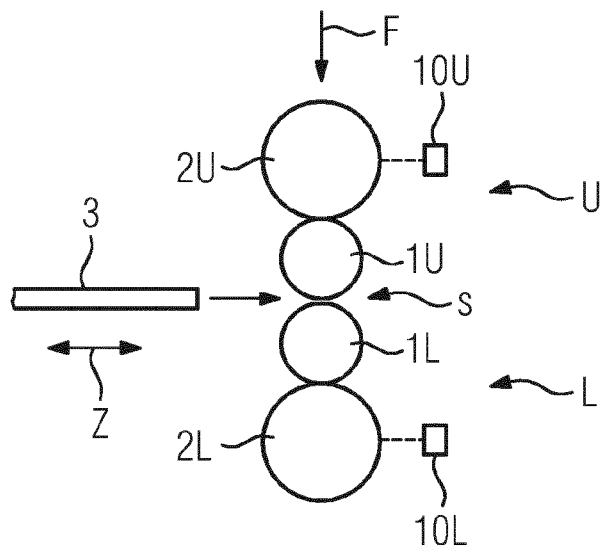


FIG 3

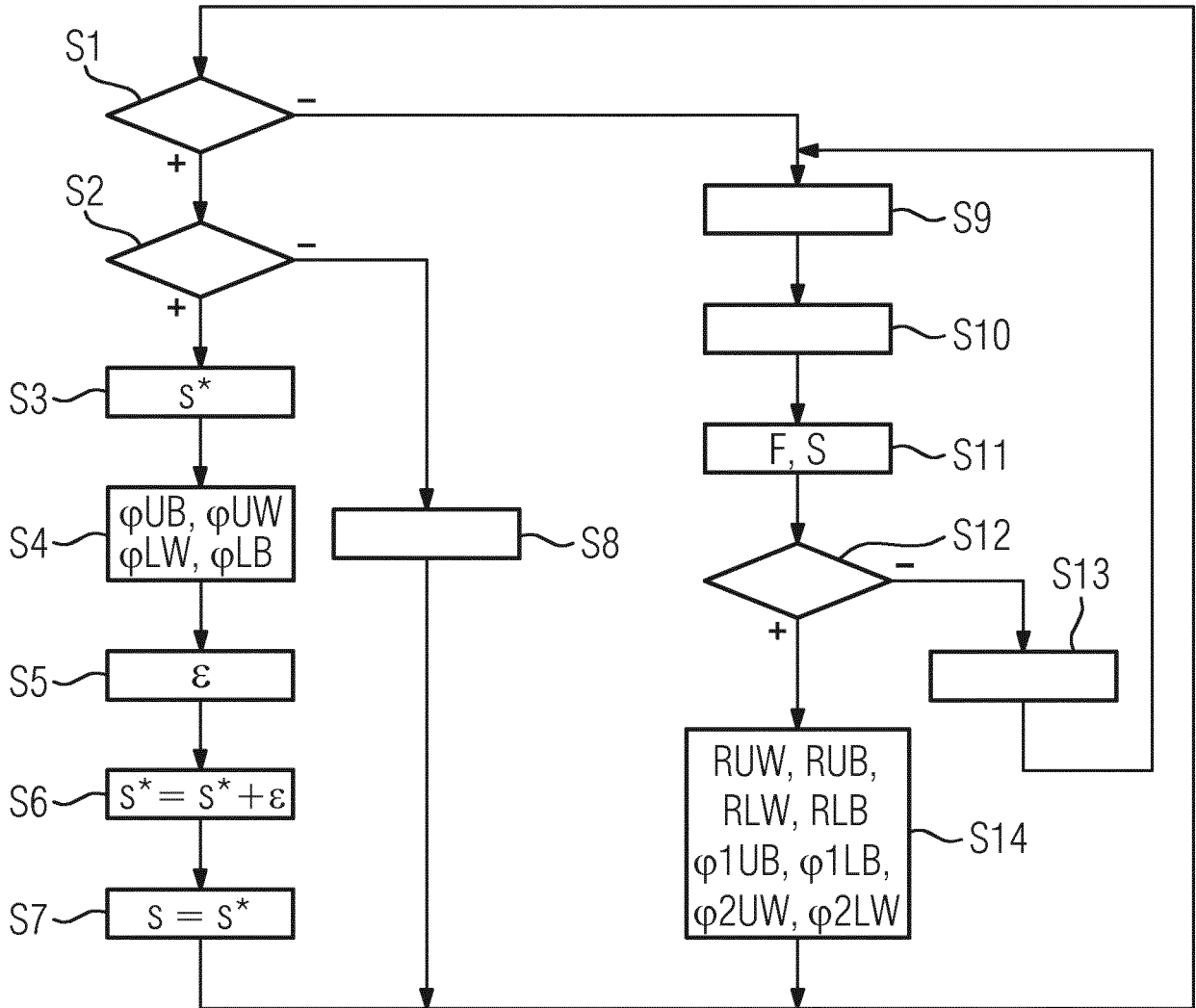


FIG 4

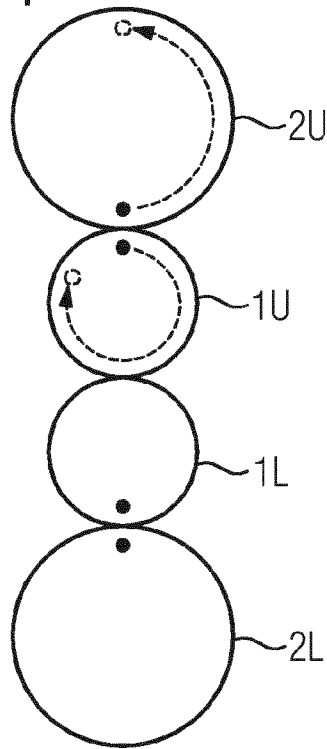


FIG 5

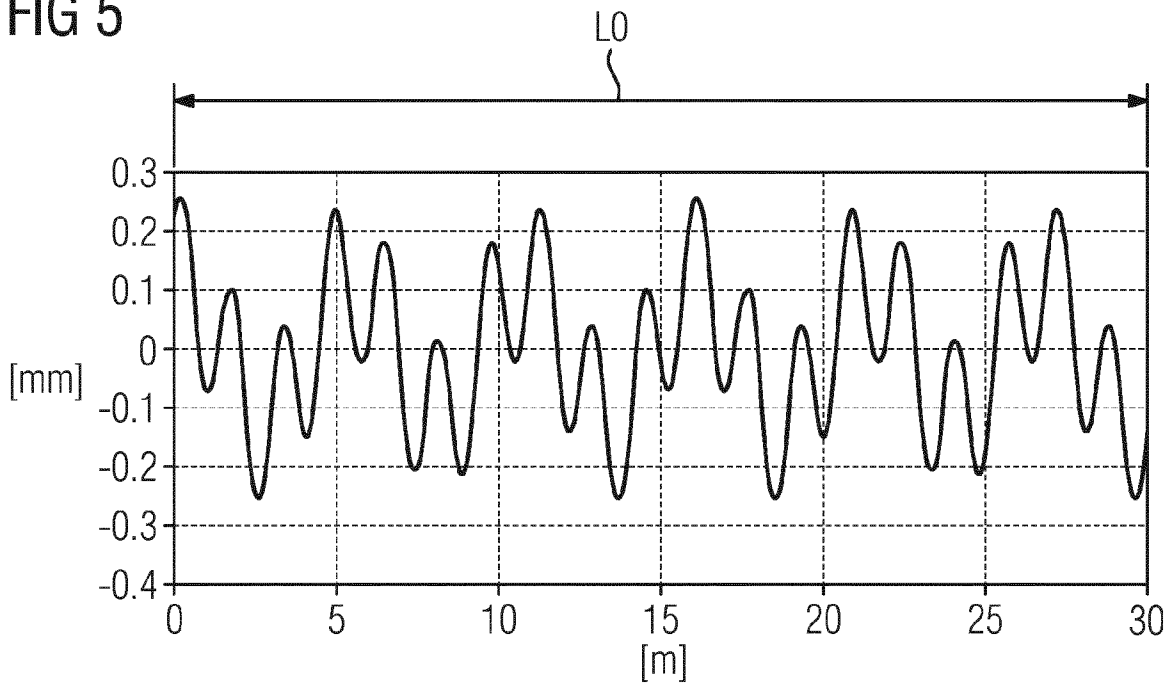


FIG 6

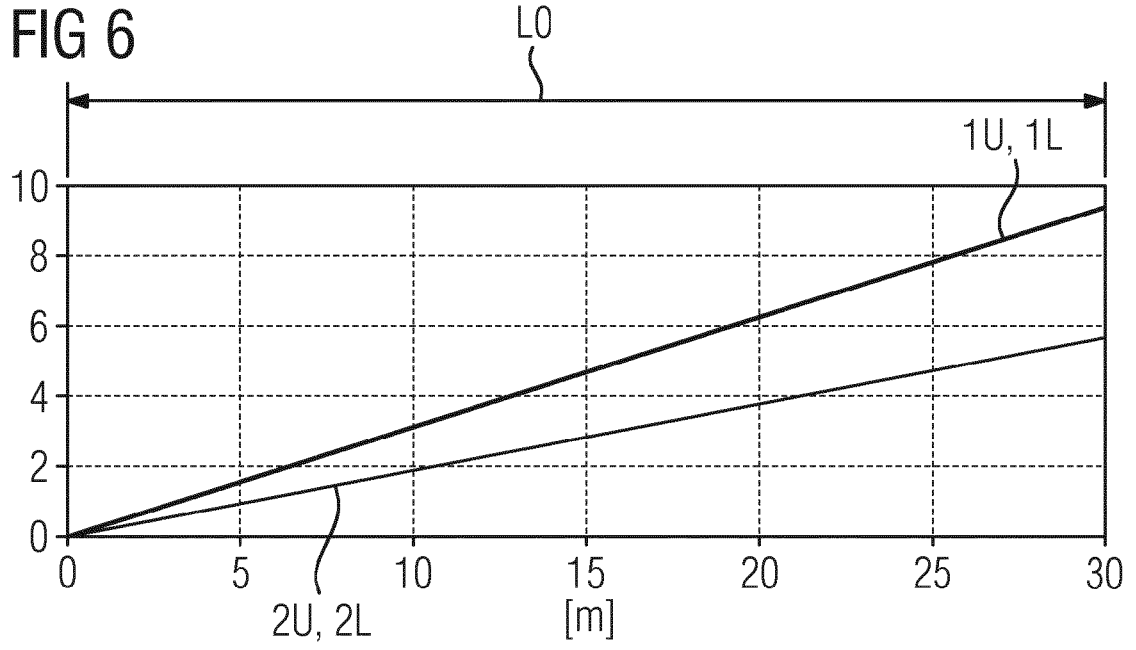


FIG 7

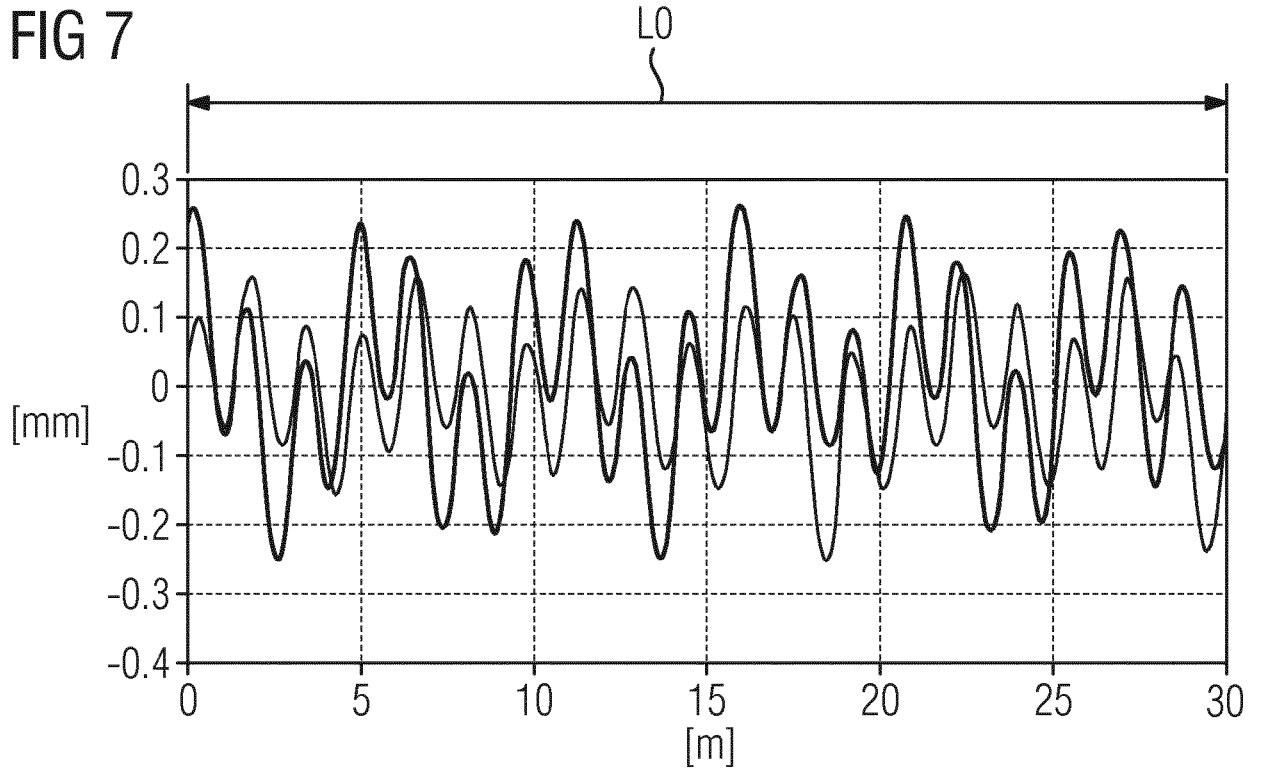


FIG 8

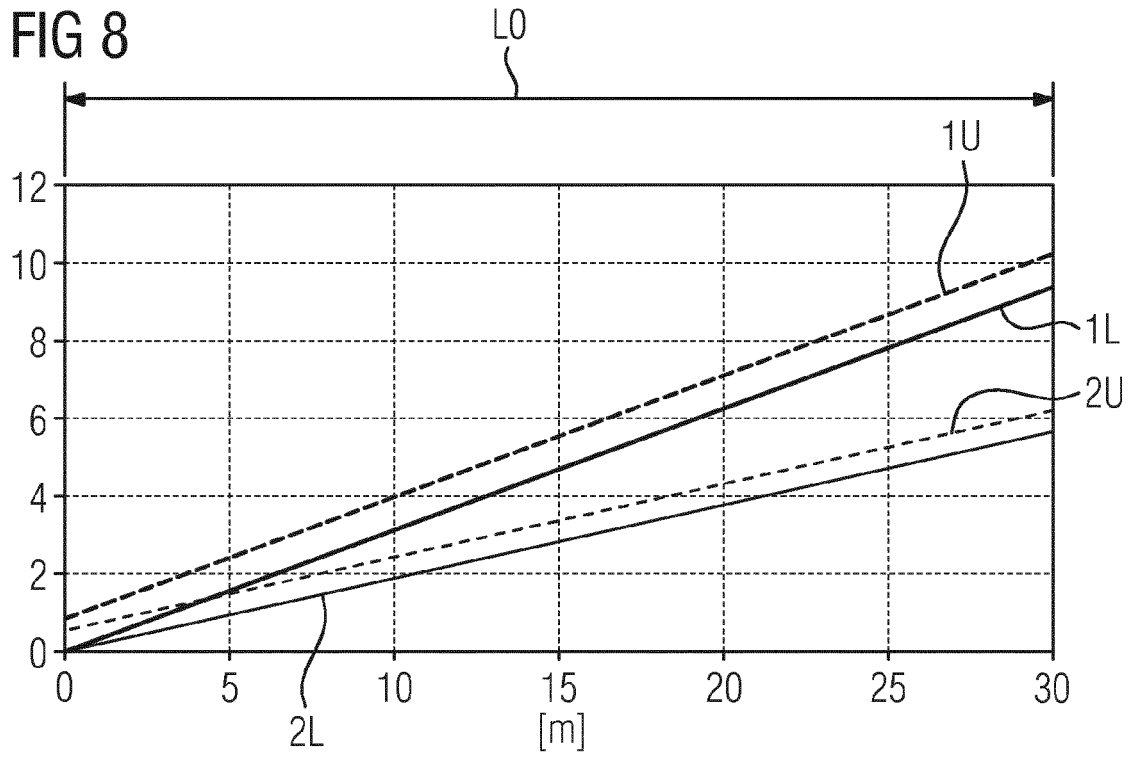


FIG 9

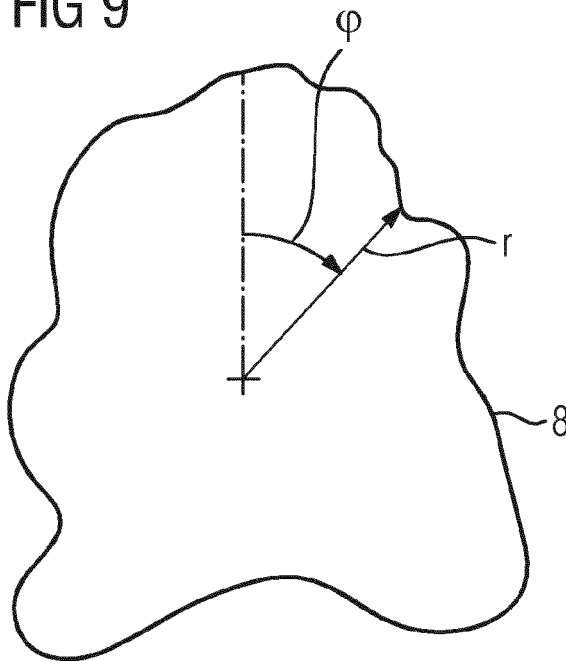


FIG 10

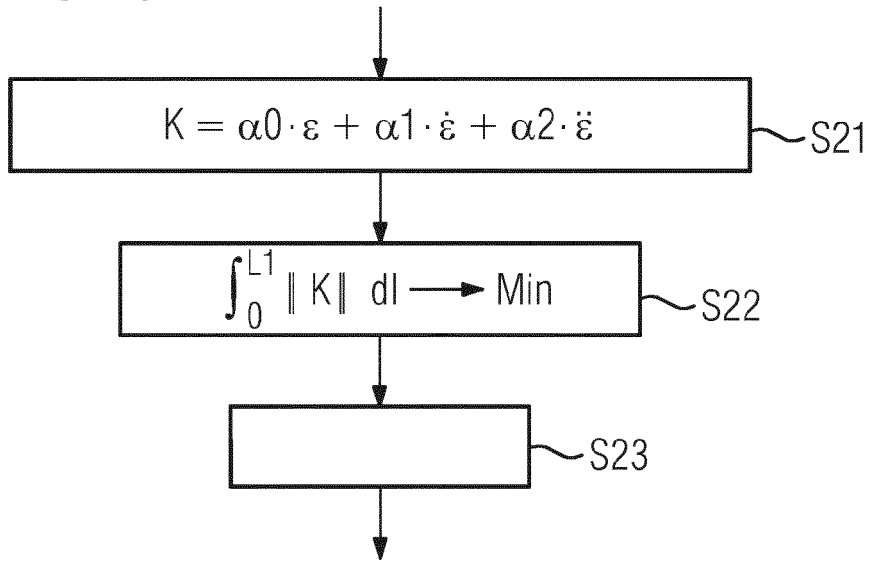


FIG 11

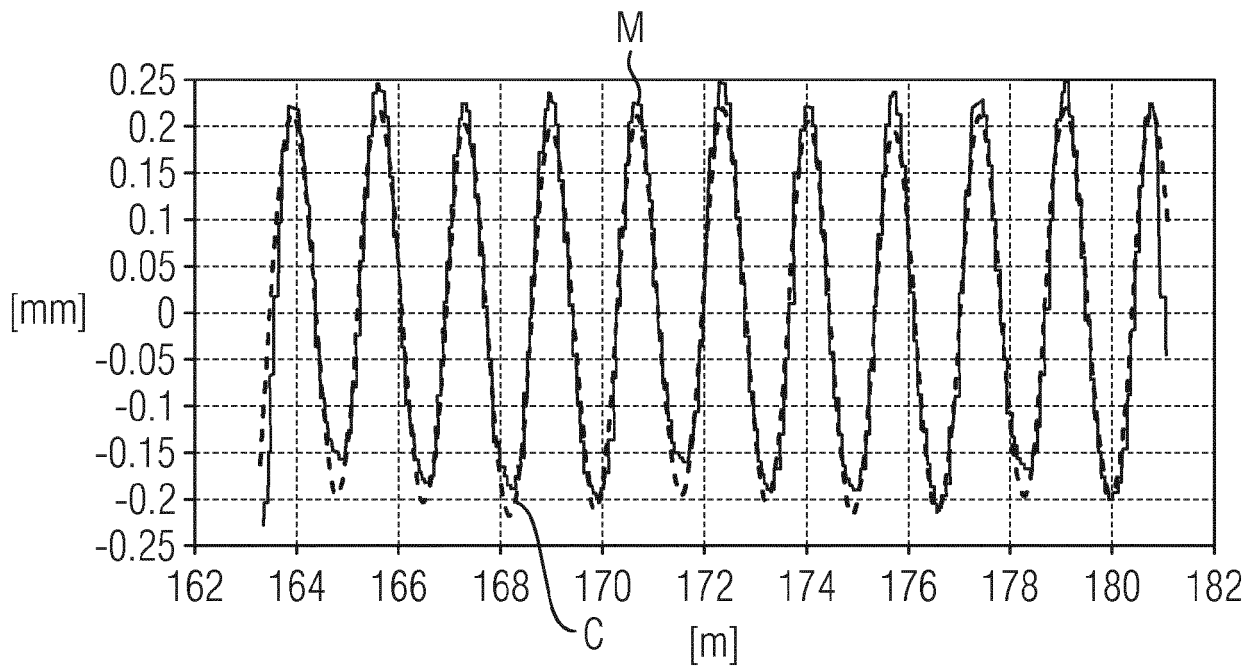


FIG 12

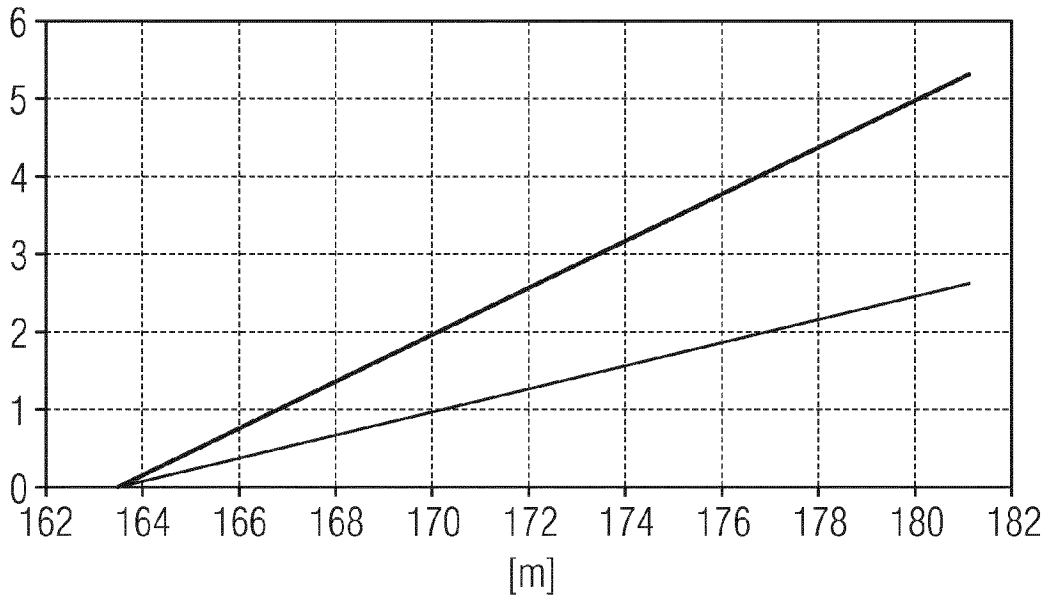
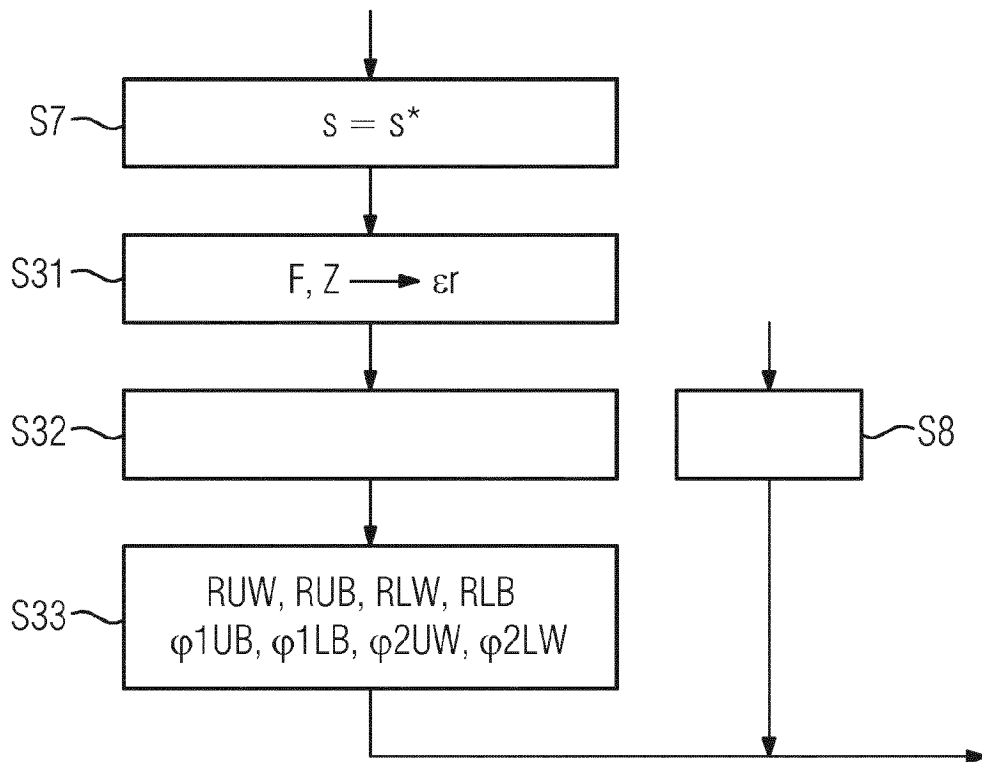


FIG 13



**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**

- JP 2002282917 A [0005]

**In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur**

- **W. J. EDWARDS et al.** Roll Eccentricity Control for Strip Rolling Mills. *IFAC 10th Triennial World Congress*, 1987 [0005]