



(11)

EP 3 210 682 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
30.08.2017 Patentblatt 2017/35

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

(21) Anmeldenummer: **16156857.1**

(22) Anmeldetag: **23.02.2016**

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(71) Anmelder: **Primetals Technologies Germany GmbH**
91052 Erlangen (DE)

(72) Erfinder:
• **Kurz, Matthias**
91052 Erlangen (DE)
• **Schmidt, Birger**
09618 Brand-Erbisdorf (DE)

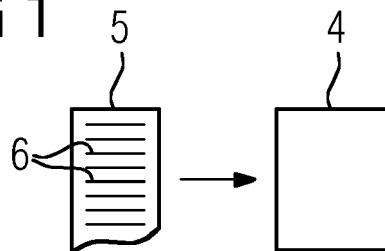
(74) Vertreter: **Metals@Linz**
Primetals Technologies Austria GmbH
Intellectual Property Upstream IP UP
Turmstraße 44
4031 Linz (AT)

(54) **VOLLSTÄNDIGE KOMPENSATION VON WALZENEXZENTRIZITÄTEN**

(57) Ein Walzgerüst zum Walzen eines flachen Walzguts (3) aus Metall weist einen oberen Walzensatz (U) und einen unteren Walzensatz (L) mit entsprechenden Arbeitswalzen (1U, 1L) und Stützwalzen (2U, 2L) auf. In einem Normalbetrieb wird das flache Walzgut (3) gewalzt. Hierbei ermittelt eine Steuereinrichtung (4) kontinuierlich anhand von ersten und zweiten Größen (RUB, RLB, $\varphi 1UB$, $\varphi 1LB$, RUW, RLW, $\varphi 2UW$, $\varphi 2LW$), die für eine Exzentrizität der Stützwalzen (2U, 2L) und der Ar-

beitswalzen (1U, 1L) des Walzgerüsts als Funktion einer Drehstellung (φUB , φUW , φLB , φLW) mindestens einer Walze (1U, 1L, 2U, 2L) des Walzgerüsts charakteristisch sind, einen von der Drehstellung (φUB , φUW , φLB , φLW) abhängigen Kompensationswert (ε). Die Steuereinrichtung (4) korrigiert einen Walzspaltsollwert (s^*) für das Walzgerüst um den Kompensationswert (ε) und beaufschlagt das Walzgerüst entsprechend.

FIG 1



EP 3 210 682 A1

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 Teilexzentrität der Stützwalzen 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.

[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 der US 3 881 335 A bekannt. Bei diesem Betriebsverfahren steuert die Steuereinrichtung im Kalibrierbetrieb das Walzgerüst zunächst derart, dass bei einer beliebigen, festgehaltenen Drehstellung des unteren Walzensatzes der obere Walzensatz bei einer Anzahl von definierten Drehstellungen angehalten wird und sodann die Arbeitswalzen über die Stützwalzen auf eine vorbestimmte Positionierung relativ zueinander angestellt werden. Die hierbei jeweils auftretende Walzkraft wird erfasst. Aus diesen Werten werden Größen ermittelt, welche für die Exzentrität der oberen Stützwalze als Funktion der Drehstellung der oberen Stützwalze charakteristisch sind. Eine etwaige Exzentrität der oberen Arbeitswalze wird bei dieser Ermittlung vernachlässigt. In analoger Weise steuert die Steuereinrichtung im Kalibrierbetrieb das Walzgerüst sodann derart, dass bei einer beliebigen, festgehaltenen Drehstellung des oberen Walzensatzes der untere Walzensatz bei einer Anzahl von definierten Drehstellungen angehalten wird und sodann die Arbeitswalzen über die Stützwalzen auf eine vorbestimmte Positionierung relativ zueinander angestellt werden. Die hierbei jeweils auftretende Walzkraft wird erfasst. Aus diesen Werten werden Größen ermittelt, welche für die Exzentrität der unteren Stützwalze als Funktion der Drehstellung der unteren Stützwalze charakteristisch sind. Eine etwaige Exzentrität der unteren Arbeitswalze wird bei dieser Ermittlung vernachlässigt. Im Betrieb werden die Exzentrität in der oberen und der unteren Stützwalze in Abhängigkeit von deren jeweils aktuell erfasster Drehstellung korrigiert.

[0006] Die bekannte Vorgehensweise arbeitet gut, wenn die Exzentritäten der Arbeitswalzen hinreichend klein sind, so dass sie tatsächlich vernachlässigt werden können. Dies ist jedoch nicht stets der Fall. Oftmals überlagern sich auch beispielsweise eine Exzentrität der oberen Stützwalze und eine Exzentrität der oberen Arbeitswalze, so dass die Vorgehensweise der US 3 881 335 A entweder nicht durchführbar ist oder aber zu fehlerhaften Ergebnissen führt. Darüber hinaus setzt die Vorgehensweise der US 3 881 335 A implizit voraus, dass die Lager, in denen die Arbeits- und Stützwalzen gelagert sind, Wälzlager sind. Denn nur bei derartigen Lagern ist eine Belastung des Lagers im Stillstand möglich. Moderne Walzgerüste weisen jedoch Öl-Gleitlager auf. Öl-Gleitlager dürfen im Stillstand nicht mit Kräften belastet werden, wie sie im Walzbetrieb und auch im Rahmen der Lehre der US 3 881 335 A beim Ermitteln der Exzentritäten auftreten. Die Lehre der US 3 881 335 A ist daher bei modernen Walzgerüsten oftmals prinzipbedingt nicht anwendbar.

[0007] Für die Dickensteuerung wie beispielsweise eine AGC oder einen Dickenmonitor wird oftmals mit Totbändern gearbeitet, so dass die Steuerungen unempfindlich gegenüber einer typischen, meist fest eingestellten Exzentrität werden. Die Genauigkeit der Regelung verringert sich dabei.

[0008] Im Kaltwalzbereich sind weiterhin Verfahren bekannt, bei denen anhand einer Frequenzanalyse des Walzkraft-

signals und/ oder des Dickenverlaufs ein Modell erstellt wird. Mittels des Modells wird aktiv auf die Anstellung der Walzgerüste gewirkt, um dem Effekt der Exzentrizität auf die Dicke des Walzguts entgegenzuwirken.

[0009] Beim Walzen von Grobblech sind die gewalzten Längen in der Regel zu kurz, um eine derartige Frequenzanalyse durchzuführen. Weiterhin sind durch den oftmals gegebenen Einsatz von Twindrives, also getrennten Antrieben für den oberen und den unteren Walzensatz des Walzgerüsts, zusätzliche Variationsmöglichkeiten gegeben. Weiterhin ist es möglich, dass Stützwalzen relativ zu Arbeitswalzen durchrutschen.

[0010] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, Möglichkeiten zu schaffen, mittels derer eine beim Walzen eines flachen Walzguts auftretende Gesamtexzentrizität in allen möglichen Fallkonstellationen 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.

[0011] 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 10.

[0012] Erfindungsgemäß wird ein Betriebsverfahren der eingangs genannten Art dadurch ausgestaltet, dass die Steuereinrichtung den Kompensationswert nicht nur anhand der ersten Größen, sondern zusätzlich auch anhand von zweiten Größen ermittelt, die für eine Exzentrizität der Arbeitswalzen des Walzgerüsts als Funktion einer Drehstellung mindestens einer Walze des Walzgerüsts charakteristisch sind.

[0013] Durch diese Vorgehensweise kann jede Exzentrizität kompensiert werden, unabhängig davon, ob sie von den Arbeitswalzen oder den Stützwalzen hervorgerufen wird.

[0014] 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.

[0015] 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.

[0016] 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.

[0017] 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 Bedierson 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.

[0018] In einer bevorzugten Ausgestaltung des Betriebsverfahrens ist vorgesehen,

- dass die Drehstellungen sowohl der Stützwalzen als auch der Arbeitswalzen des Walzgerüsts erfasst und von der Steuereinrichtung entgegengenommen werden oder dass die Drehstellung nur der Arbeitswalzen oder nur der Stützwalzen des Walzgerüsts erfasst und von der Steuereinrichtung entgegengenommen werden und die Drehstel-

lungen derjenigen Walzen, deren Drehstellungen nicht erfasst werden, von der Steuereinrichtung aus den Drehstellungen derjenigen Walzen, deren Drehstellungen erfasst werden, ermittelt werden,

- 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.

Zum Walzen des flachen Walzguts müssen 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. Die anderen Walzen - also in der Regel die Stützwalzen, in seltenen Einzelfällen ausnahmsweise die Arbeitswalzen - können Lagegeber zum Erfassen von deren Drehstellung aufweisen. Alternativ können die Drehstellungen aus den Drehstellungen der angetriebenen Walzen in Verbindung mit der Abrollbedingung ermittelt werden.

[0019] 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.

[0020] 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,
- 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,
- 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
- 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.

[0021] 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.

[0022] 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 Drehstellung über mehrere Umdrehungen der Walzen hinweg aufaddieren würden. Prinzipiell ist diese Vorgehensweise jedoch auch möglich, wenn die Drehstellungen aller Walzen erfasst werden.

[0023] In einer weiteren bevorzugten alternativen Ausgestaltung wird für Walzen, deren Drehstellungen nicht erfasst werden, sondern deren Drehstellungen aus den Drehstellungen derjenigen Walzen, deren Drehstellungen erfasst werden, ermittelt werden, jeweils das Passieren einer Referenzdrehstellung erfasst und der Steuereinrichtung zugeführt. Durch diese Ausgestaltung kann die Akkumulierung einer Abweichung der Drehstellung über mehrere Umdrehungen der Walzen hinweg vermieden werden, da mit jedem Passieren der jeweiligen Referenzdrehstellung durch die jeweilige Walze eine neue Synchronisierung ermöglicht wird.

[0024] In einer weiterhin bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung werden während Walzpausen, während derer kein flaches Walzgut gewalzt wird, der obere und/oder der untere Walzensatz derart gedreht, 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. 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.

[0025] 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.

[0026] 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.

[0027] Die Aufgabe wird weiterhin durch ein Computerprogramm mit den Merkmalen des Anspruchs 11 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.

[0028] Die Aufgabe wird weiterhin durch eine Steuereinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 12 gelöst. Erfindungsgemäß ist die Steuereinrichtung derart ausgebildet, dass sie das Walzgerüst gemäß einem erfindungsgemäßen Betriebsverfahren betreibt.

[0029] Die Aufgabe wird weiterhin durch ein Walzgerüst mit den Merkmalen des Anspruchs 13 gelöst. Erfindungsgemäß wird ein Walzgerüst der eingangs genannten Art dadurch ausgestaltet, dass das Walzgerüst von einer erfindungsgemäßen Steuereinrichtung gesteuert wird.

[0030] 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,
- 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,
- FIG 12 zugehörige Wege auf Walzenumfängen und
- FIG 13 ein Ablaufdiagramm.

[0031] 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.

[0032] 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.

[0033] 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.

[0034] 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.

[0035] 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.

[0036] Im Schritt S3 wird ein Sollwalzspalt s^* festgelegt. In einem Schritt S4 nimmt die Steuereinrichtung 4 eine Drehstellung φ_{UB} , φ_{UW} , φ_{LB} , φ_{LW} mindestens einer Walze 1U, 1L, 2U, 2L des Walzgerüsts entgegen. Im Schritt S5 ermittelt die Steuereinrichtung 4 einen von der Drehstellung φ_{UB} , φ_{UW} , φ_{LB} , φ_{LW} der mindestens einen Walze 1U, 1L, 2U, 2L des Walzgerüsts abhängigen Kompensationswert ε . Die Ermittlung erfolgt anhand von Größen RUB, RUW, RLW, RLB, φ_{1UB} , φ_{2UW} , φ_{1LB} , φ_{2LW} , die für eine Gesamtexzentrizität der Walzen 1U, 1L, 2U, 2L des Walzgerüsts als Funktion der Drehstellung φ_{UB} , φ_{UW} , φ_{LB} , φ_{LW} der mindestens einen Walze 1U, 1L, 2U, 2L des Walzgerüsts charakteristisch sind. Die Größen RUB, RLB, φ_{1UB} , φ_{1LB} sind erste Größen, die für eine Exzentrizität der Stützwalzen 2U, 2L des Walzgerüsts als Funktion einer Drehstellung φ_{UB} , φ_{UW} , φ_{LB} , φ_{LW} mindestens einer Walze 1U, 1L, 2U, 2L des Walzgerüsts charakteristisch sind. In analoger Weise sind die Größen RUW, RLW, φ_{2UW} , φ_{2LW} zweite Größen, die für eine Exzentrizität der Arbeitswalzen 1U, 1L als Funktion einer Drehstellung φ_{UB} , φ_{UW} , φ_{LB} , φ_{LW} mindestens einer Walze 1U, 1L, 2U, 2L des Walzgerüsts charakteristisch sind. Die Bedeutung der ersten Größen RUB, RLB, φ_{1UB} , φ_{1LB} und der zweiten Größen RUW, RLW, φ_{2UW} , φ_{2LW} wird im weiteren Verlauf ersichtlich werden.

[0037] Im Schritt S6 korrigiert die Steuereinrichtung 4 den Walzspaltsollwert s^* um den im Schritt S4 ermittelten Kompensationswert ε . 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.

[0038] 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.

[0039] 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.

[0040] 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, φ_{1UB} , φ_{2UW} , φ_{1LB} , φ_{2LW} ermittelt.

[0041] 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.

[0042] 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.

[0043] 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.

[0044] 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.

[0045] 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 ϕ_{UB} , ϕ_{UW} , ϕ_{LB} , ϕ_{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 ε 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.

[0046] 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.

[0047] 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.

[0048] 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.

[0049] 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.

[0050] Im Schritt S14 ermittelt die Steuereinrichtung 4 anhand der erfassten Verläufe die ersten und zweiten Größen RUB, RUW, RLW, RLB, ϕ_{1UB} , ϕ_{2UW} , ϕ_{1LB} , ϕ_{2LW} . Die Grundlagen dieser Ermittlung werden nachstehend näher erläutert.

[0051] 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 ϕ der Walze 8 relativ zu einer Referenzstellung. Mathematisch lässt sich der Radius r als Funktion der Drehstellung ϕ schreiben als

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

r_0 bezeichnet hierbei den mittleren (idealen) Radius der Walze 8. δr_i bezeichnet den Anteil der i-ten Störung. ϕ_i bezeichnet eine Phasenlage der i-ten Störung.

[0052] 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 ε schreiben als

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

Hierbei sind

- 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,
- φ_{1UB} die Phasenlage der ersten Störung der Exzentrizität der oberen Stützwalze 2U,
- φ_{2UW} die Phasenlage der zweiten Störung der Exzentrizität der oberen Arbeitswalze 1U,
- φ_{1LB} die Phasenlage der ersten Störung der Exzentrizität der unteren Stützwalze 2L,
- φ_{2LW} die Phasenlage der zweiten Störung der Exzentrizität der unteren Arbeitswalze 1U,
- φ_{UB} die Drehstellung der oberen Stützwalze 2U,
- φ_{UW} die Drehstellung der oberen Arbeitswalze 1U,
- φ_{LB} die Drehstellung der unteren Stützwalze 2L und
- φ_{LW} die Drehstellung der unteren Arbeitswalze 1U.

[0053] In Gleichung 2 sind acht Größen unbekannt, nämlich die vier Exzentrizitätsamplituden RUB, RUW, RLW, RLB und die vier Phasenlagen φ_{1UB} , φ_{2UW} , φ_{1LB} , φ_{2LW} .

[0054] Zur Bestimmung dieser acht Größen RUB, RUW, RLW, RLB, φ_{1UB} , φ_{2UW} , φ_{1LB} , φ_{2LW} kann nun ein Optimierungsproblem angesetzt werden, mittels dessen die Abweichung einer Norm minimiert wird. Man versucht also, das Minimum von

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

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

[0055] In Einzelfällen kann es ausreichen, die Drehstellung φ_{UB} , φ_{UW} , φ_{LB} , φ_{LW} nur einer einzigen Walze 1U, 1L, 2U, 2L zu erfassen und die Drehstellungen φ_{UB} , φ_{UW} , φ_{LB} , φ_{LW} der anderen Walzen 1U, 1L, 2U, 2L aus der erfassten Drehstellung φ_{UB} , φ_{UW} , φ_{LB} , φ_{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.

[0056] Vorzugsweise werden daher entsprechend der Darstellung in FIG 1 mittels entsprechender Drehstellungsgeber 9U, 9L die Drehstellungen φ_{UB} , φ_{UW} , φ_{LB} , φ_{LW} sowohl der Stützwalzen 2U, 2L als auch der Arbeitswalzen 1U, 1L des Walzgerüsts erfasst. Die erfassten Drehstellungen φ_{UB} , φ_{UW} , φ_{LB} , φ_{LW} werden 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 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 in diesem Fall zur Ermittlung der Drehstellungen φ_{UB} , φ_{UW} , φ_{LB} , φ_{LW} der angetriebenen Walzen 1U, 1L, 2U, 2L herangezogen werden.

[0057] Alternativ kann es ausreichen, pro Walzensatz U, L nur die Drehstellung φ_{UB} , φ_{UW} , φ_{LB} , φ_{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 φ_{UB} , φ_{UW} , φ_{LB} , φ_{LW} entgegengenommen. Die Drehstellung φ_{UB} , φ_{LB} , φ_{UW} , φ_{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 φ_{UB} , φ_{UW} , φ_{LB} , φ_{LW} derjenigen Walze 1U, 1L, 2U, 2L des entsprechenden Walzensatzes U, L ermittelt, deren Drehstellung φ_{UB} , φ_{UW} , φ_{LB} , φ_{LW} erfasst wird. Diese Vorgehensweise wird in diesem Fall sowohl im Normalbetrieb als auch im Kalibrierbetrieb ergriffen.

[0058] Wenn alle Drehstellungen φ_{UB} , φ_{UW} , φ_{LB} , φ_{LW} direkt mittels entsprechender Drehstellungsgeber 9U, 9L erfasst werden, stehen jederzeit alle Drehstellungen φ_{UB} , φ_{UW} , φ_{LB} , φ_{LW} direkt und unmittelbar zur Verfügung. Wenn hingegen (beispielsweise) nur die Drehstellungen φ_{UW} , φ_{LW} der Arbeitswalzen 1L, 1U erfasst werden und die Drehstellungen φ_{UB} , φ_{LB} der Stützwalzen 2U, 2L aus den Drehstellungen φ_{UW} , φ_{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 φ_{UB} , φ_{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.

[0059] 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.

[0060] Alternativ ist es möglich, dass den Stützwalzen 2U, 2L Referenzsignalgeber 10U, 10L zugeordnet sind. Die Referenzsignalgeber 10U, 10L erfassen zwar nicht über den gesamten Winkelbereich von 360° die Drehstellung φUB , φLB der Stützwalzen 2U, 2L. Sie geben jedoch jeweils ein Signal (beispielsweise einen Impuls) ab, wenn die Drehstellung φUB , φLB 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.

[0061] Selbstverständlich ist ebenso die umgekehrte Vorgehensweise möglich, dass also die Drehstellungen φUB , φLB der Stützwalzen 2U, 2L erfasst werden, die Drehstellungen φUW , φLW der Arbeitswalzen 1U, 1L aus den Drehstellungen φUB , φLB der Stützwalzen 2U, 2L abgeleitet werden und für die Arbeitswalzen 1U, 1L jeweils das Passieren einer Referenzdrehstellung erfasst wird.

[0062] Obenstehend wurde eine Vorgehensweise erläutert, bei der (sowohl im Normalbetrieb als auch im Kalibrierbetrieb) die Drehstellungen φUB , φLB der Stützwalzen 2U, 2L unabhängig voneinander ermittelt oder erfasst werden und ebenso die Drehstellungen φUW , φLW der Arbeitswalzen 1U, 1L unabhängig voneinander ermittelt oder erfasst werden. Es werden also alle vier Drehstellungen φUB , φUW , φLB , φLW explizit erfasst oder ermittelt. In diesem Fall ergibt sich die Gesamtexzentrizität ε als Summe der Teilsexzentrizitäten der Walzen 1U, 1L, 2U, 2L. Für jede Walze 1U, 1L, 2U, 2L ermittelt die Steuereinrichtung 4 somit in Abhängigkeit von der Drehstellung φUB , φUW , φLB , φLW der jeweiligen Walze 1U, 1L, 2U, 2L die zugehörige, von der jeweiligen Walze 1U, 1L, 2U, 2L hervorgerufene Teilsexzentrizität und addiert die Teilsexzentrizitäten zur Gesamtexzentrizität ε . Die Steuereinrichtung 4 ermittelt also im Normalbetrieb den Kompensationswert ε in Abhängigkeit von der jeweiligen Drehstellung φUB , φUW , φLB , φLW sowohl der oberen und unteren Arbeitswalze 1U, 1L als auch der oberen und unteren Stützwalze 2U, 2L.

[0063] Um die vier genannten Teilsexzentrizitäten 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, φUB , die für deren Teilsexzentrizität 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 Teilsexzentrizität der jeweiligen Walze 2L, 1U, 1L charakteristischen Größen RUW, RLW, RLB, $\varphi 2UW$, $\varphi 1LB$, $\varphi 2LW$.

[0064] 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 Teilsexzentrizitäten zusammengefasst werden und können ebenso die durch die Arbeitswalzen 1U, 1L hervorgerufenen Teilsexzentrizitäten zusammengefasst werden. Auch in diesem Fall ergibt sich die Gesamtexzentrizität als Summe der Teilsexzentrizitäten 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 Teilsexzentrizität und für die von den Arbeitswalzen 1U, 1L hervorgerufene Teilsexzentrizität. Die Steuereinrichtung 4 ermittelt in diesem Fall im Normalbetrieb in Abhängigkeit von der Drehstellung φUW , φLW einer der Arbeitswalzen 1U, 1L eine Teilsexzentrizität für die Arbeitswalzen 1U, 1L und in Abhängigkeit von der Drehstellung φUB , φLB einer der Stützwalzen 2U, 2L eine Teilsexzentrizität für die Stützwalzen 2U, 2L. Weiterhin addiert sie in diesem Fall die beiden Teilsexzentrizitäten zur Gesamtexzentrizität ε . Die Steuereinrichtung 4 ermittelt also auch in diesem Fall im Normalbetrieb den Kompensationswert ε in Abhängigkeit von der Drehstellung φUB , φUW , φLB , φLW 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 Teilsexzentrizität charakteristisch sind, beispielsweise eine Exzentrizitätsamplitude und eine Phasenlage. Ebenso ermittelt die Steuereinrichtung 4 in

diesem Fall im Kalibrierbetrieb für die beiden Arbeitswalzen 1U, 1L einheitliche Größen, die für deren Teilsexzentrizität charakteristisch sind, beispielsweise eine Exzentrizitätsamplitude und eine Phasenlage.

[0065] Weiterhin können während Walzpausen entsprechend der Darstellung in FIG 10 Schritte S21 bis S23 vorhanden sein. Die Schritte S21 bis S23 sind eine mögliche Ausgestaltung des Schrittes S8 von FIG 1.

[0066] Gemäß FIG 10 ermittelt die Steuereinrichtung 4 im Schritt S21 eine Kostenfunktion K. In die Kostenfunktion K können - gewichtet mit jeweiligen Wichtungsfaktoren α_0 bis α_2 - beispielsweise die Gesamtsexzentrizität ε , die erste zeitliche Ableitung der Gesamtsexzentrizität und/oder die zweite zeitliche Ableitung der Gesamtsexzentrizität eingehen. Es ist möglich, dass alle drei Wichtungsfaktoren α_0 bis α_2 von 0 verschieden sind. Alternativ ist es möglich, dass nur zwei der Wichtungsfaktoren α_0 bis α_2 von 0 verschieden sind. Mindestens einer der drei Wichtungsfaktoren α_0 bis α_2 muss jedoch von 0 verschieden sein. Die Wichtungsfaktoren α_0 bis α_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

$$\int_0^{L1} \|K\| dl \quad (4)$$

und minimiert das Integral dadurch, dass sie Drehstellungen ϕ_{UB} , ϕ_{UW} , ϕ_{LB} , ϕ_{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 ϕ_{UB} , ϕ_{UW} , ϕ_{LB} , ϕ_{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.

[0067] 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.

[0068] Die erfindungsgemäße Vorgehensweise führt zu ausgezeichneten Ergebnissen. FIG 11 zeigt rein beispielhaft einen Vergleich zwischen einer gemessenen (M) Exzentrizität ε und einer zugehörigen, modellierten (C) Exzentrizität ε , also einer Exzentrizität ε , die anhand der Exzentrizitätsamplituden RUB, RUW, RLW, RLB und Phasenlagen ϕ_{1UB} , ϕ_{2UW} , ϕ_{1LB} , ϕ_{2LW} ermittelt wurde, wobei die Exzentrizitätsamplituden RUB, RUW, RLW, RLB und Phasenlagen ϕ_{1UB} , ϕ_{2UW} , ϕ_{1LB} , ϕ_{2LW} anhand des gemessenen Verlaufs der Exzentrizität ε ermittelt wurden. FIG 12 zeigt den zugehörigen Verlauf der Umdrehungen der Walzen 1U, 1L, 2U, 2L.

[0069] Im Idealfall werden durch das Aufschalten des Kompensationssignals ε die Exzentrizitäten 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 ε eine nur unvollständige Kompensation erfolgt, dass also eine Restexzentrizität ε_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 ε_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.

[0070] 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 ε_r kompensieren. In diesem Fall korrigiert die Steuereinrichtung 4 also den Walzspaltsollwert s^* nicht nur um den Kompensationswert ε , sondern zusätzlich auch um die Restexzentrizität ε_r . Weiterhin kann die Steuereinrichtung 4 in diesem Fall in einem Schritt S33 die ersten und zweiten Größen RUB, RUW, RLW, RLB, ϕ_{1UB} , ϕ_{2UW} , ϕ_{1LB} , ϕ_{2LW} nachführen. Es ist sogar möglich, dass die Steuereinrichtung 4 die ersten und zweiten Größen RUB, RLB, ϕ_{1UB} , ϕ_{1LB} , RUW, RLW, ϕ_{2UW} , ϕ_{2LW} vollständig anhand der Restexzentrizität ε_r ermittelt, dass die Amplituden RUB, RLB, RUW, RLW der einzelnen Exzentrizitäten also zunächst den Wert 0 aufweisen. Die Phasenlagen ϕ_{1UB} , ϕ_{1LB} , ϕ_{2UW} , ϕ_{2LW} sind in diesem Fall zunächst ohne Belang.

[0071] Im Rahmen der Erläuterung der vorliegenden Erfindung wurden obenstehend als erste und zweite Größen RUB, RUW, RLW, RLB, ϕ_{1UB} , ϕ_{2UW} , ϕ_{1LB} , ϕ_{2LW} Exzentrizitätsamplituden RUB, RUW, RLW, RLB und Phasenlagen ϕ_{1UB} , ϕ_{2UW} , ϕ_{1LB} , ϕ_{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.

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

5 Zusammengefasst betrifft die vorliegende Erfindung somit folgenden Sachverhalt:

10 **[0072]** Ein Walzgerüst zum Walzen eines flachen Walzguts 3 aus Metall weist einen oberen Walzensatz U und einen unteren Walzensatz L mit entsprechenden Arbeitswalzen 1U, 1L und Stützwalzen 2U, 2L auf. In einem Normalbetrieb wird das flache Walzgut 3 gewalzt. Hierbei ermittelt eine Steuereinrichtung 4 kontinuierlich anhand von ersten und zweiten Größen RUB, RLB, $\varphi 1UB$, $\varphi 1LB$, RUW, RLW, $\varphi 2UW$, $\varphi 2LW$, die für eine Exzentrizität der Stützwalzen 2U, 2L und der Arbeitswalzen 1U, 1L des Walzgerüsts als Funktion einer Drehstellung φUB , φUW , φLB , φLW mindestens einer Walze 1U, 1L, 2U, 2L des Walzgerüsts charakteristisch sind, einen von der Drehstellung φUB , φUW , φLB , φLW abhängigen Kompensationswert ε . Die Steuereinrichtung 4 korrigiert einen Walzspaltsollwert s^* für das Walzgerüst um den Kompensationswert ε und beaufschlagt das Walzgerüst entsprechend.

15 **[0073]** 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.

20 **[0074]** 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 Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

25 Bezugszeichenliste

[0075]

30	1L, 1U	Arbeitswalzen
	2L, 2U	Stützwalzen
	3	flaches Walzgut
	4	Steuereinrichtung
	5	Computerprogramm
	6	Maschinencode
35	7U, 7L	Walzgerüstantriebe
	8	Walze
	9U, 9L	Drehstellungsgeber
	10U, 10L	Referenzsignalgeber
40	C	modellierte Exzentrizität
	K	Kostenfunktion
	L, U	Walzensätze
	L0	Erfassungslänge
	L1	gewalzte Länge
45	M	gemessene Exzentrizität
	r	Radius
	r0	mittlerer Radius
	RUB, RUW, RLW, RLB	Exzentrizitätsamplituden
	s	Walzspalt
50	s*	Sollwalzspalt
	S1 bis S33	Schritte
	$\alpha 0$ bis $\alpha 2$	Wichtungsfaktoren
	δr_i	Störung
55	ε	Kompensationswert
	$\varepsilon, \varepsilon', \varepsilon''$	Exzentrizitäten
	φi	Phasenlage
	$\varphi UB, \varphi UW, \varphi LB, \varphi LW$	Drehstellungen

$\varphi 1UB, \varphi 2UW, \varphi 1LB, \varphi 2LW$ Exzentrizitätsphasen

Patentansprüche

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

- 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,
- 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

-- 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 (ε) ermittelt,

-- einen Walzspaltsollwert (s^*) für das Walzgerüst um den ermittelten Kompensationswert (ε) korrigiert und

-- einen Walzspalt (s) des Walzgerüsts entsprechend dem korrigierten Walzspaltsollwert einstellt,

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

2. Betriebsverfahren nach Anspruch 1,

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 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 (RUB, RUW, RLW, RLB, $\varphi 1UB, \varphi 2UW, \varphi 1LB, \varphi 2LW$) 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 (RUB, RLB, $\varphi 1UB, \varphi 1LB, RUW, RLW, \varphi 2UW, \varphi 2LW$) der Steuereinrichtung (4) von einer übergeordneten Steuereinrichtung oder von einer Bedienperson vorgegeben werden.

5. Betriebsverfahren nach einem der obigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**

- **dass** die Drehstellungen ($\varphi UB, \varphi UW, \varphi LB, \varphi LW$) sowohl der Stützwalzen (2U, 2L) als auch der Arbeitswalzen (1U, 1L) des Walzgerüsts erfasst und von der Steuereinrichtung (4) entgegengenommen werden oder dass 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 und die Drehstellungen (φ_{UB} , φ_{UW} , φ_{LB} , φ_{LW}) derjenigen Walzen (1U, 1L, 2U, 2L), deren Drehstellungen (φ_{UB} , φ_{UW} , φ_{LB} , φ_{LW}) nicht erfasst werden, von der Steuereinrichtung (4) aus den Drehstellungen (φ_{UB} , φ_{UW} , φ_{LB} , φ_{LW}) derjenigen Walzen, (1U, 1L, 2U, 2L) deren Drehstellungen (φ_{UB} , φ_{UW} , φ_{LB} , φ_{LW}) erfasst werden, ermittelt werden,

- **dass** die ersten Größen (RUB, RLB, φ_{1UB} , φ_{1LB}) die Exzentrizität der Stützwalzen (2U, 2L) in Abhängigkeit von der Drehstellung (φ_{UB} , φ_{LB}) der Stützwalzen (2U, 2L) charakterisieren,
- **dass** die zweiten Größen (RUW, RLW, φ_{2UW} , φ_{2LW}) die Exzentrizität der Arbeitswalzen (1U, 1L) in Abhängigkeit von der Drehstellung (φ_{UW} , φ_{LW}) der Arbeitswalzen (1U, 1L) charakterisieren und
- **dass** die Steuereinrichtung (4) den Kompensationswert (ε) in Abhängigkeit von der Drehstellung (φ_{UB} , φ_{UW} , φ_{LB} , φ_{LW}) sowohl der Arbeitswalzen (1U, 1L) als auch der Stützwalzen (2U, 2L) ermittelt.

6. Betriebsverfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet,**

- **dass** die Drehstellungen (φ_{UB} , φ_{LB}) der Stützwalzen (2U, 2L) des Walzgerüsts unabhängig voneinander ermittelt oder erfasst werden und dass die Drehstellungen (φ_{UW} , φ_{LW}) der Arbeitswalzen (1U, 1L) des Walzgerüsts unabhängig voneinander ermittelt oder erfasst werden,
- **dass** die ersten Größen (RUB, RLB, φ_{1UB} , φ_{1LB}) Größen (RUB, φ_{1UB}) umfassen, welche die durch die obere Stützwalze (2U) hervorgerufene Exzentrizität in Abhängigkeit von der Drehstellung (φ_{UB}) der oberen Stützwalze (2U) charakterisieren, und Größen (RLB, φ_{1LB}) umfassen, welche die durch die untere Stützwalze (2L) hervorgerufene Exzentrizität in Abhängigkeit von der Drehstellung (φ_{LB}) der unteren Stützwalze (2L) charakterisieren,
- **dass** die zweiten Größen (RUW, RLW, φ_{2UW} , φ_{2LW}) Größen (RUW, φ_{2UW}) umfassen, welche die durch die obere Arbeitswalze (1U) hervorgerufene Exzentrizität in Abhängigkeit von der Drehstellung (φ_{UW}) der oberen Arbeitswalze (1U) charakterisieren, und Größen (RLW, φ_{2LW}) umfassen, welche die durch die untere Arbeitswalze (1L) hervorgerufene Exzentrizität in Abhängigkeit von der Drehstellung (φ_{LW}) der unteren Arbeitswalze (1L) charakterisieren, und - dass die Steuereinrichtung (4) den Kompensationswert (ε) in Abhängigkeit von der jeweiligen Drehstellung (φ_{UB} , φ_{UW} , φ_{LB} , φ_{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 Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet,**

dass für Walzen (1U, 1L, 2U, 2L), deren Drehstellungen (φ_{UB} , φ_{UW} , φ_{LB} , φ_{LW}) nicht erfasst werden, sondern deren Drehstellungen (φ_{UB} , φ_{UW} , φ_{LB} , φ_{LW}) aus den Drehstellungen (φ_{UB} , φ_{UW} , φ_{LB} , φ_{LW}) derjenigen Walzen (1U, 1L, 2U, 2L), deren Drehstellungen (φ_{UB} , φ_{UW} , φ_{LB} , φ_{LW}) erfasst werden, ermittelt werden, jeweils das Passieren einer Referenzdrehstellung erfasst und der Steuereinrichtung (4) zugeführt wird.

9. Betriebsverfahren nach einem der obigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**

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 (ε), die erste zeitliche Ableitung ($\dot{\varepsilon}$ der Gesamtexzentrizität (ε) und/oder die zweite zeitliche Ableitung ($\ddot{\varepsilon}$) der Gesamtexzentrizität (ε) eingehen.

10. 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 (ε_r) charakteristisch ist, die trotz der Korrektur des Walzspaltsollwerts (s^*) um den ermittelten Kompensationswert (ε) auftritt, und die ersten und zweiten Größen (RUB, RUW, RLW, RLB, φ_{1UB} , φ_{2UW} , φ_{1LB} , φ_{2LW}) anhand der Restexzentrizität (ε_r) nachführt.

11. 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.

EP 3 210 682 A1

12. 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 10 betreibt.

5 13. Walzgerüst zum Walzen eines flachen Walzguts (3) aus Metall, wobei das Walzgerüst von einer Steuereinrichtung (4) nach Anspruch 12 gesteuert wird.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

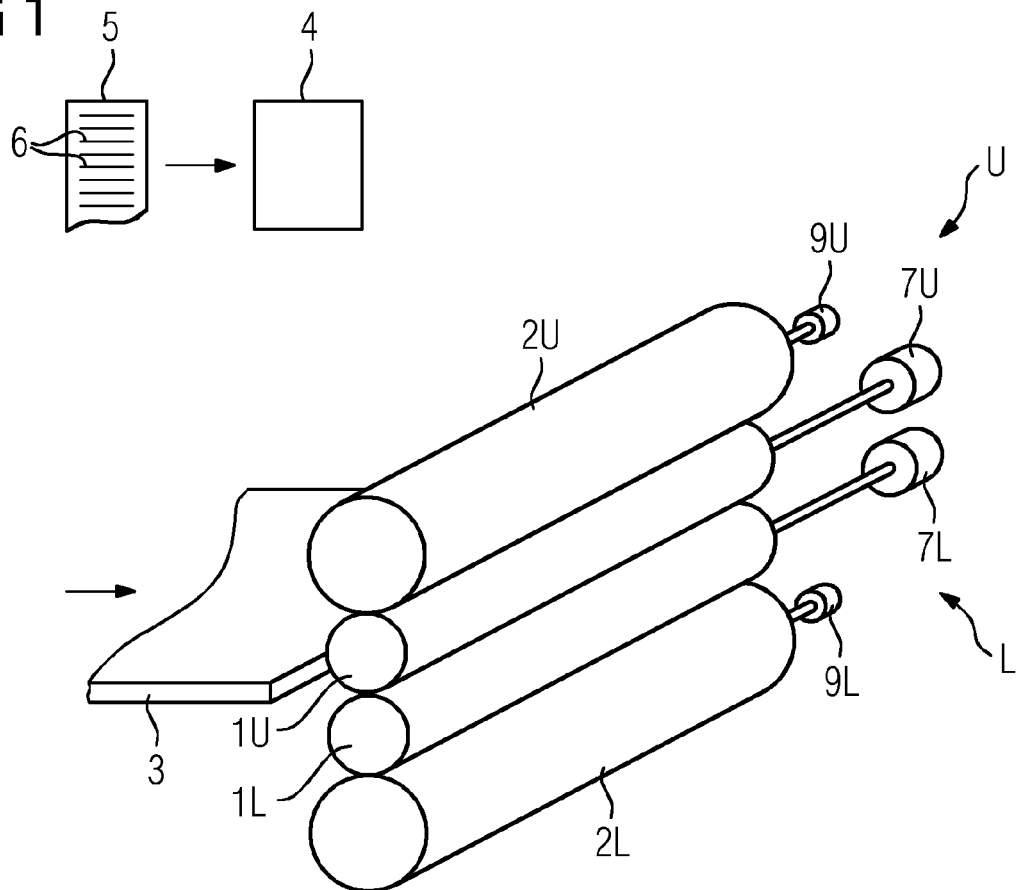


FIG 2

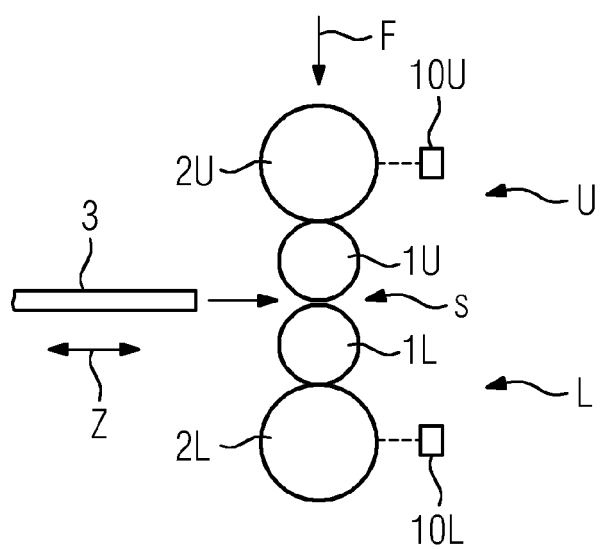


FIG 3

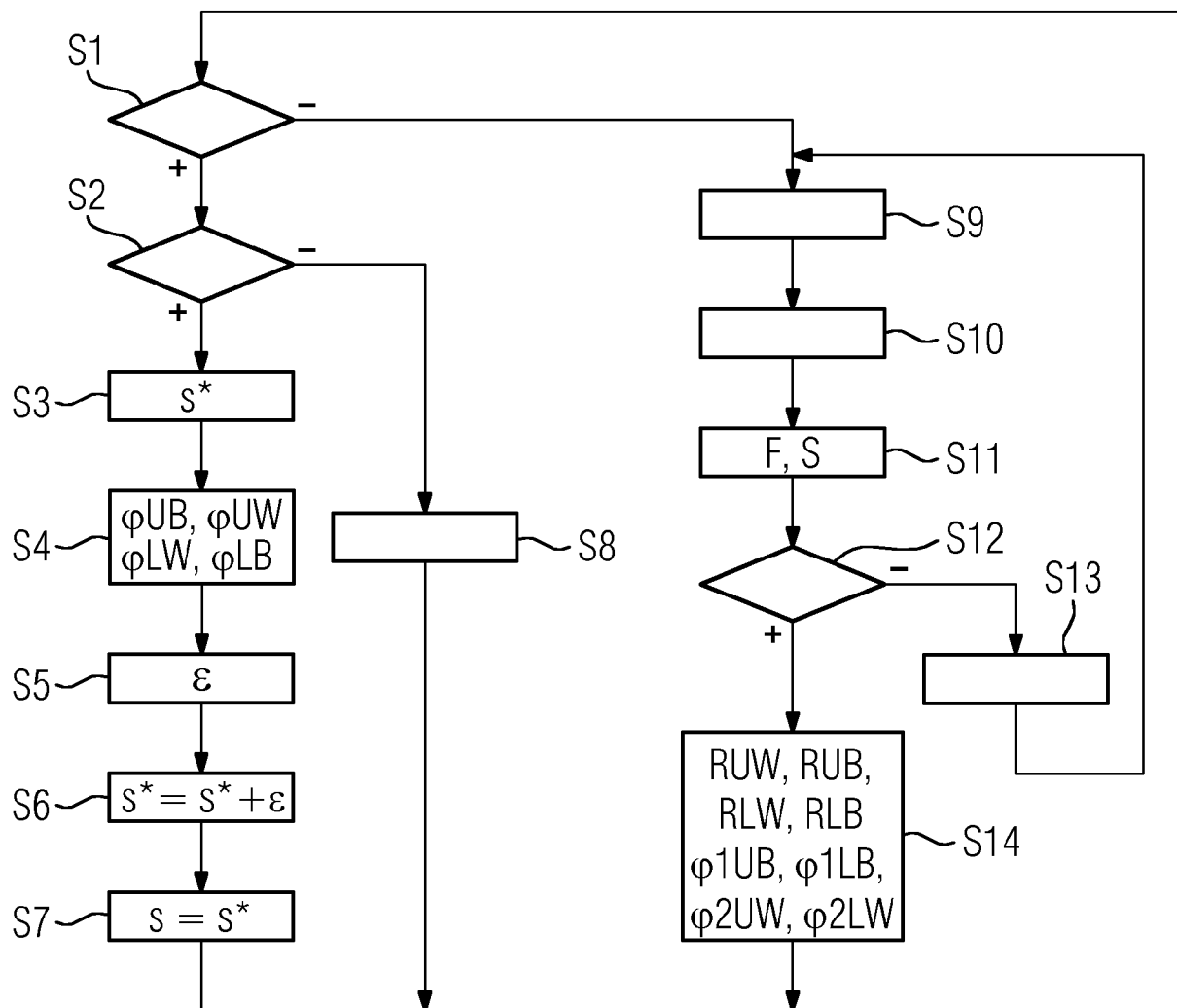


FIG 4

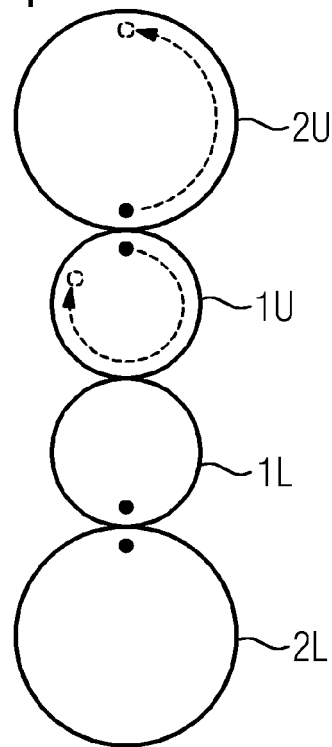


FIG 5

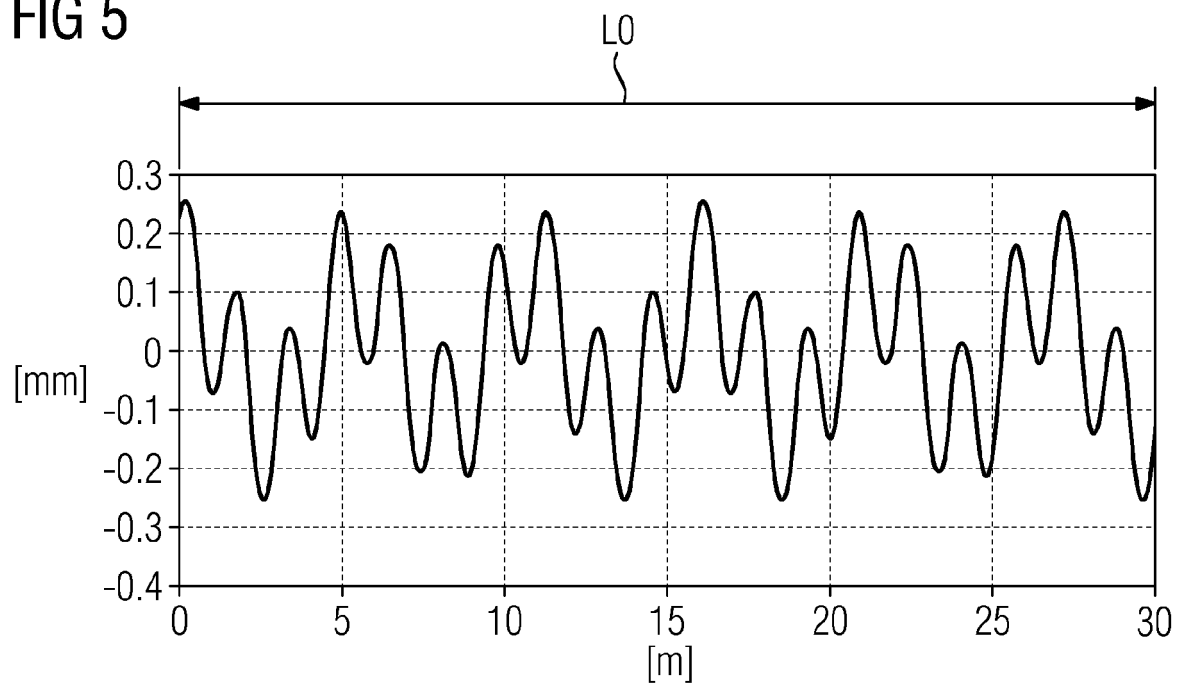


FIG 6

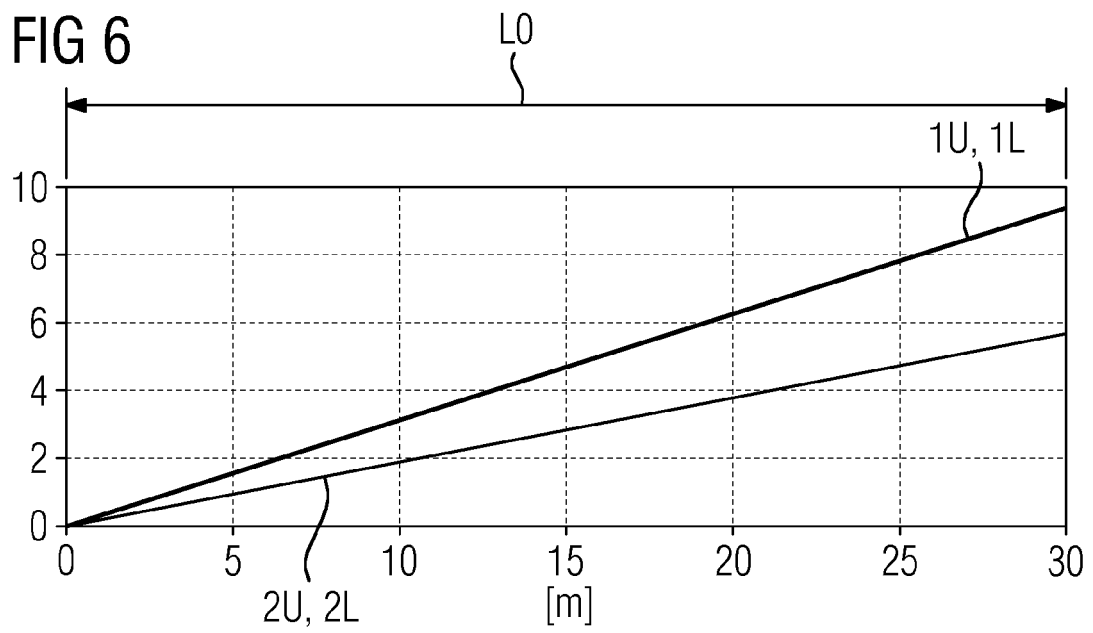


FIG 7

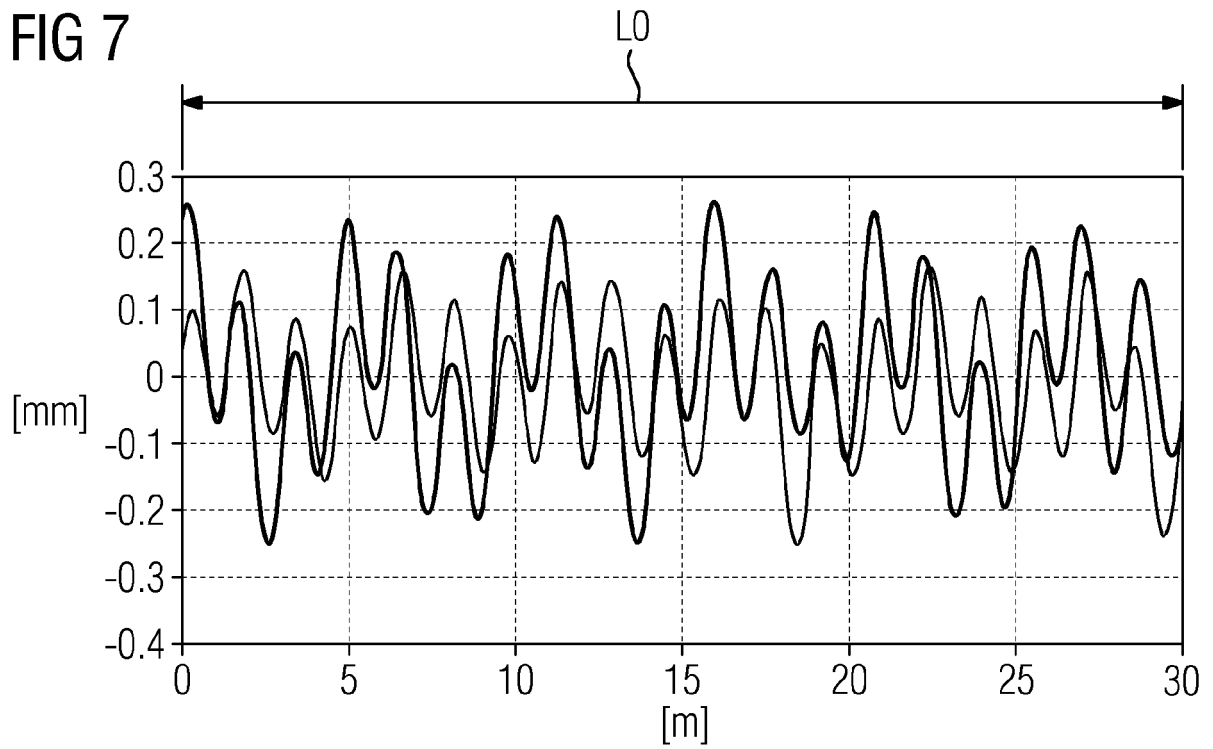


FIG 8

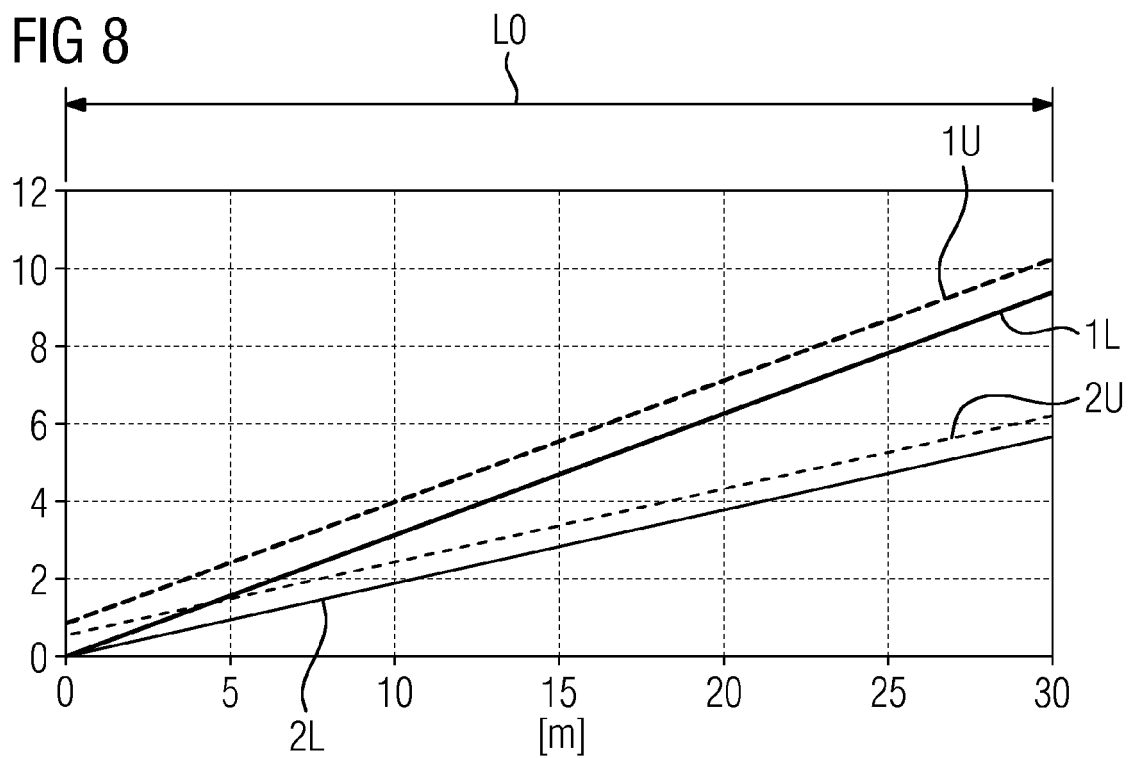


FIG 9

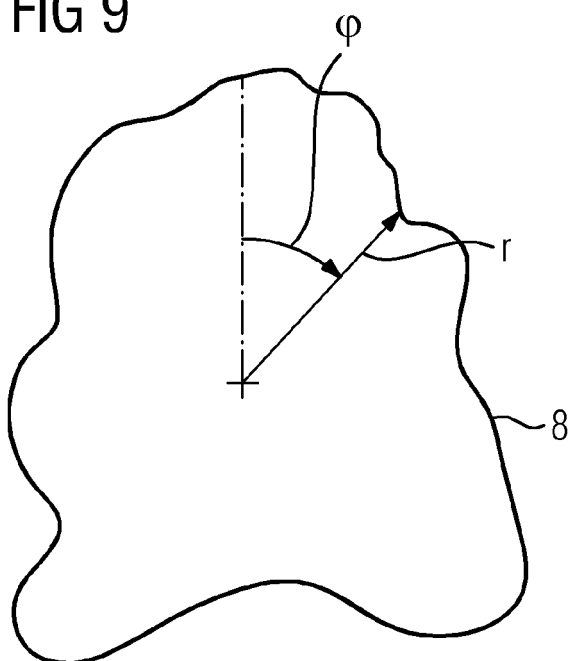


FIG 10

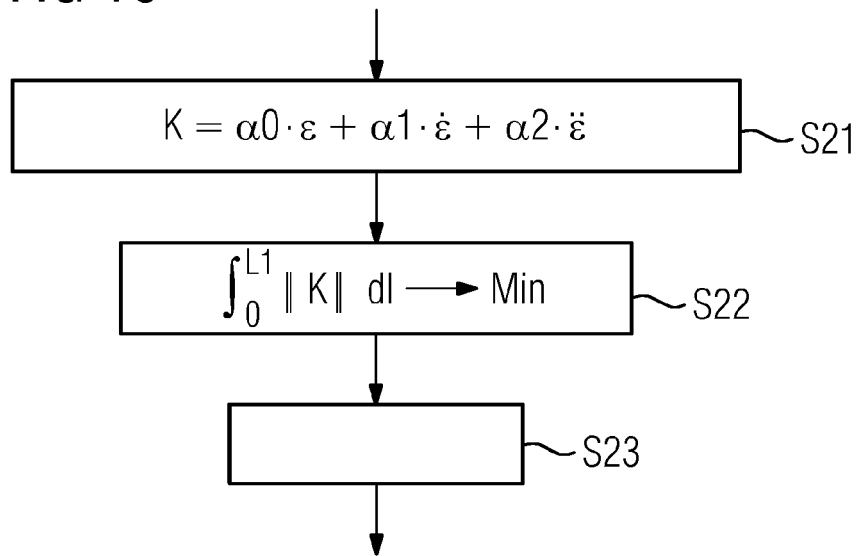


FIG 11

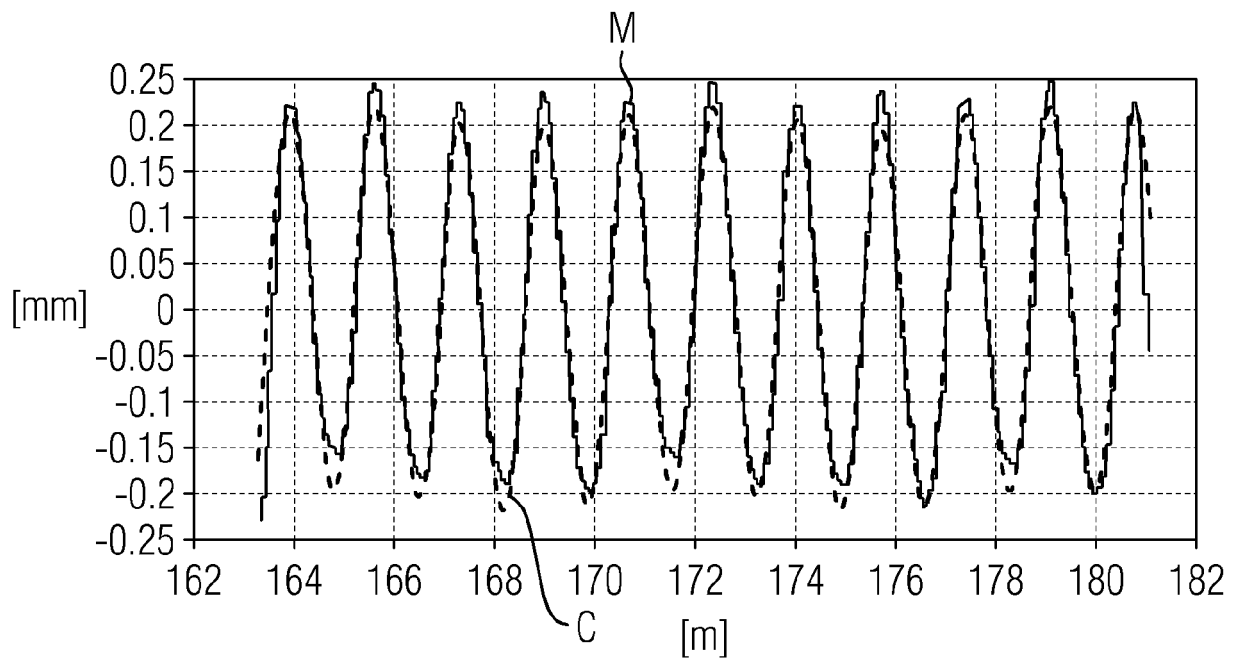


FIG 12

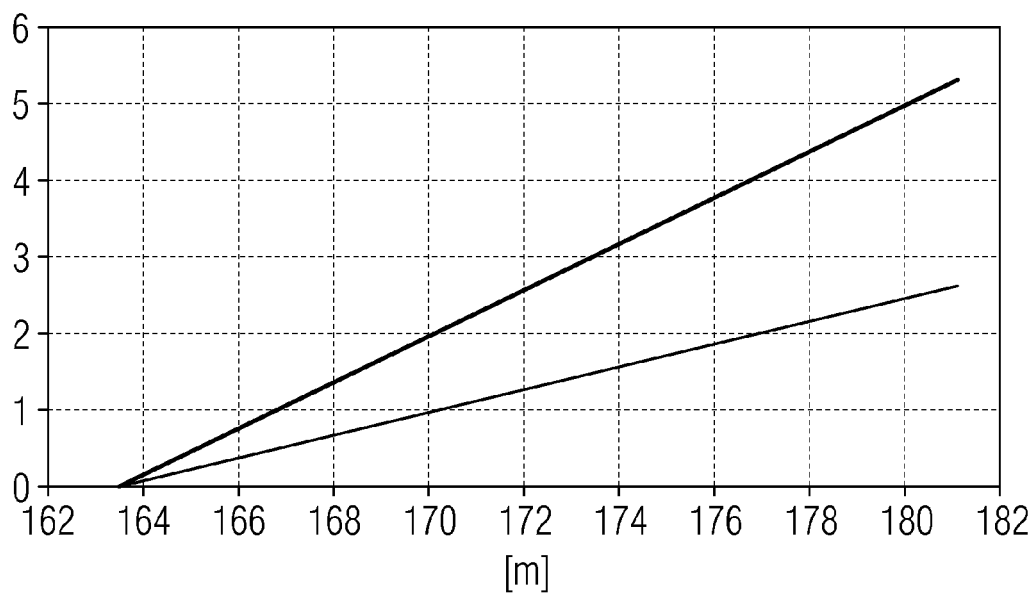
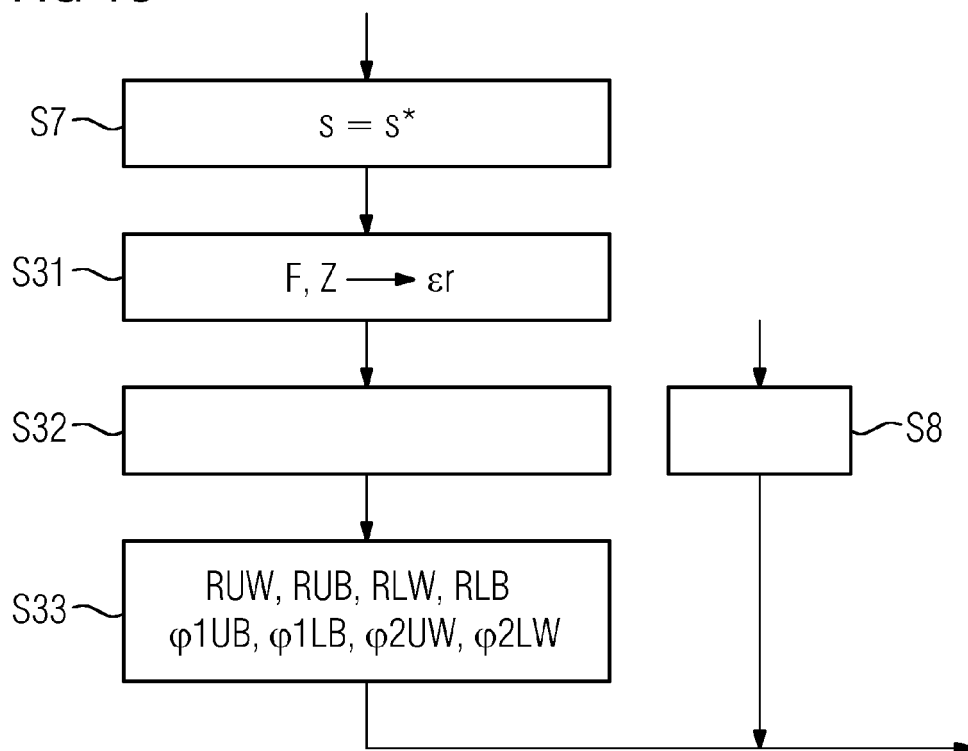


FIG 13





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 16 15 6857

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 24 16 867 A1 (DAVY LOEWY LTD) 24. Oktober 1974 (1974-10-24) * Seite 12, letzter Absatz - Seite 13, Absatz 1; Ansprüche 1-11; Abbildungen 1-2 *	1-13	INV. B21B37/66
A	----- JP 2002 282917 A (TOSHIBA CORP) 2. Oktober 2002 (2002-10-02) * Zusammenfassung *	1	
A	----- JP S63 157713 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD; RYOMEI ENG CORP LTD) 30. Juni 1988 (1988-06-30) * Zusammenfassung *	1	
A	----- WO 98/24567 A1 (VOEST ALPINE IND ANLAGEN [AT]; KUGI ANDREAS [AT]; HAAS WERNER [AT]; AI) 11. Juni 1998 (1998-06-11) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-2 *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B21B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 21. Juli 2016	Prüfer Forciniti, Marco
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 : mündliche 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 03.92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 16 15 6857

5 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.

21-07-2016

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 2416867 A1	24-10-1974	CA 1017031 A	06-09-1977
		DE 2416867 A1	24-10-1974
		GB 1467446 A	16-03-1977
		IT 1009809 B	20-12-1976
		JP S5041753 A	16-04-1975
		JP S6132090 B2	24-07-1986
		US 3893317 A	08-07-1975

JP 2002282917 A	02-10-2002	KEINE	

JP S63157713 A	30-06-1988	JP H0530522 B2	10-05-1993
		JP S63157713 A	30-06-1988

WO 9824567 A1	11-06-1998	AT 407015 B	27-11-2000
		AU 5110198 A	29-06-1998
		EP 0942791 A1	22-09-1999
		WO 9824567 A1	11-06-1998

EPO FORM P0461

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

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

- US 3881335 A [0005] [0006]