



(11) **EP 4 353 375 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
17.04.2024 Patentblatt 2024/16

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B21B 37/42^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **22200877.3**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
**B21B 37/42; B21B 2269/04; B21B 2269/06;
B21B 2269/16**

(22) Anmeldetag: **11.10.2022**

(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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(72) Erfinder:
• **Grillmeier, Hubertus
91056 Erlangen (DE)**
• **Schätzler, Sven
90766 Fürth (DE)**

(71) Anmelder: **Primetals Technologies Germany
GmbH
91058 Erlangen (DE)**

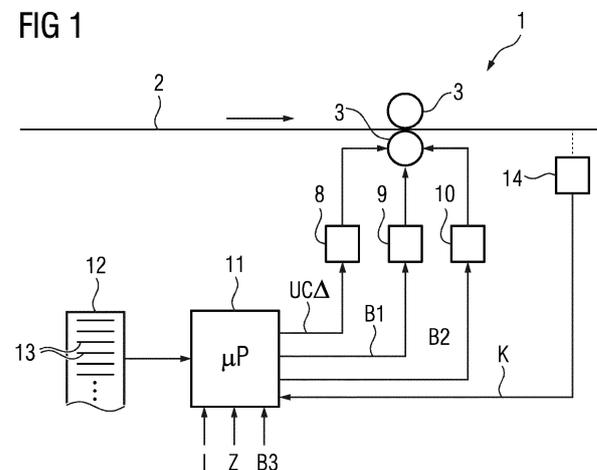
(74) Vertreter: **Metals@Linz
Primetals Technologies Austria GmbH
Intellectual Property Upstream IP UP
Turmstraße 44
4031 Linz (AT)**

(54) **VERFAHREN ZUM ERMITTELN VON STELLGRÖSSEN EINES WALZGERÜSTS,
ENSTPRECHENDES STEUERPROGRAMM, STEUEREINRICHTUNG MIT EINEM DERARTIGEN
STEUERPROGRA SOWIE WALZGERÜST MIT EINER DERARTIGEN STEUEREINRICHTUNG**

(57) Ein Walzgerüst (1) zum Walzen eines flachen Walzguts (2) aus Metall weist Arbeitswalzen (3), Stützwalzen (4) und Zwischenwalzen (5) auf. Eine Steuereinrichtung (11) für das Walzgerüst (1) nimmt Istgrößen (I) und Zielgrößen (Z) entgegen. Die Istgrößen (I) beschreiben das flache Walzgut (2) vor dem Walzen in dem Walzgerüst (1), die Zielgrößen (Z) eine Sollkontur und/oder eines Sollplanheit des flachen Walzguts (2) nach dem Walzen in dem Walzgerüst (1). Die Steuereinrichtung (11) ermittelt vor dem Walzen des flachen Walzguts (2) unter Berücksichtigung der Istgrößen (I) einen Zwischenwalzen-Einstellwert ($UC\Delta$) für eine axiale Verschiebung der Zwischenwalzen (5) und anfängliche Ansteuerwerte für eine Biegeeinrichtungen (9, 10) zum Biegen der Arbeitswalzen (3) und der Zwischenwalzen (5), für die eine erwartete Kontur und/oder eine erwartete Planheit des flachen Walzguts (2) der durch die Zielgrößen (Z) beschriebenen Sollkontur und/oder Sollplanheit so weit wie möglich angenähert werden. Die Steuereinrichtung (11) stellt vor dem Walzen des flachen Walzguts (2) in dem Walzgerüst (1) die axiale Verschiebung der Zwischenwalzen (5) entsprechend dem ermittelten Zwischenwalzen-Einstellwert ($UC\Delta$) ein und stellt zumindest zu Beginn des Walzens des flachen Walzguts (2) die Biegeeinrichtungen (9, 10) entsprechend den ermittelten anfänglichen Ansteuerwerten ein. Die Steuereinrichtung (11) ermittelt den Zwischenwalzen-Einstellwert ($UC\Delta$) und die anfänglichen Ansteuerwerte derart, dass der anfängliche Arbeitswalzen-Ansteuerwert und/oder der anfängliche Zwischenwalzen-Ansteuerwert von ihren Minimal- und Maximalwerten einen jeweiligen vorbestimmten

Mindestabstand aufweisen.

FIG 1



EP 4 353 375 A1

Beschreibung

Gebiet der Technik

5 **[0001]** Die vorliegende Erfindung geht aus von einem Betriebsverfahren für ein Walzgerüst zum Walzen eines flachen Walzguts aus Metall, wobei das Walzgerüst Arbeitswalzen, Stützwalzen und zwischen den Arbeitswalzen und den Stützwalzen angeordnete Zwischenwalzen aufweist,

- wobei eine Steuereinrichtung für das Walzgerüst Istgrößen und Zielgrößen entgegennimmt,
- 10 - wobei die Istgrößen das flache Walzgut vor dem Walzen in dem Walzgerüst beschreiben und die Zielgrößen eine Sollkontur und/oder eine Sollplanheit des flachen Walzguts nach dem Walzen in dem Walzgerüst beschreiben,
- wobei die Steuereinrichtung vor dem Walzen des flachen Walzguts in dem Walzgerüst unter Berücksichtigung der Istgrößen einen Zwischenwalzen-Einstellwert für eine axiale Verschiebung der Zwischenwalzen, einen anfänglichen Arbeitswalzen-Ansteuerwert für eine Arbeitswalzen-Biegeeinrichtung zum Biegen der Arbeitswalzen und einen anfänglichen Zwischenwalzen-Ansteuerwert für eine Zwischenwalzen-Biegeeinrichtung zum Biegen der Zwischenwalzen ermittelt, für die eine erwartete Kontur und/oder eine erwartete Planheit des flachen Walzguts der durch die Zielgrößen beschriebenen Sollkontur und/oder Sollplanheit so weit wie möglich angenähert werden,
- 15 - wobei die Steuereinrichtung vor dem Walzen des flachen Walzguts in dem Walzgerüst die axiale Verschiebung der Zwischenwalzen entsprechend dem ermittelten Zwischenwalzen-Einstellwert einstellt,
- 20 - wobei die Steuereinrichtung zumindest zu Beginn des Walzens des flachen Walzguts in dem Walzgerüst die Arbeitswalzen-Biegeeinrichtung entsprechend dem ermittelten anfänglichen Arbeitswalzen-Ansteuerwert und die Zwischenwalzen-Biegeeinrichtung entsprechend dem ermittelten anfänglichen Zwischenwalzen-Ansteuerwert einstellt.

25 **[0002]** Die vorliegende Erfindung geht weiterhin aus von einem Steuerprogramm, das Maschinencode umfasst, der von einer Steuereinrichtung für ein Arbeitswalzen, Stützwalzen und zwischen den Arbeitswalzen und den Stützwalzen angeordnete Zwischenwalzen aufweisendes Walzgerüst zum Walzen eines flachen Walzguts aus Metall abarbeitbar ist, wobei die Abarbeitung des Maschinencodes durch die Steuereinrichtung bewirkt, dass die Steuereinrichtung

- für das Walzgerüst Istgrößen und Zielgrößen entgegennimmt, wobei die Istgrößen das flache Walzgut vor dem Walzen in dem Walzgerüst beschreiben und die Zielgrößen eine Sollkontur und/oder eine Sollplanheit des flachen Walzguts nach dem Walzen in dem Walzgerüst beschreiben,
- 30 - vor dem Walzen des flachen Walzguts in dem Walzgerüst unter Berücksichtigung der Istgrößen einen Zwischenwalzen-Einstellwert für eine axiale Verschiebung der Zwischenwalzen, einen anfänglichen Arbeitswalzen-Ansteuerwert für eine Arbeitswalzen-Biegeeinrichtung zum Biegen der Arbeitswalzen und einen anfänglichen Zwischenwalzen-Ansteuerwert für eine Zwischenwalzen-Biegeeinrichtung zum Biegen der Zwischenwalzen ermittelt, für die eine erwartete Kontur und/oder eine erwartete Planheit des flachen Walzguts der durch die Zielgrößen beschriebenen Sollkontur und/oder Sollplanheit so weit wie möglich angenähert werden,
- 35 - vor dem Walzen des flachen Walzguts in dem Walzgerüst die axiale Verschiebung der Zwischenwalzen entsprechend dem ermittelten Zwischenwalzen-Einstellwert einstellt,
- 40 - zumindest zu Beginn des Walzens des flachen Walzguts in dem Walzgerüst die Arbeitswalzen-Biegeeinrichtung entsprechend dem ermittelten anfänglichen Arbeitswalzen-Ansteuerwert und die Zwischenwalzen-Biegeeinrichtung entsprechend dem ermittelten anfänglichen Zwischenwalzen-Ansteuerwert einstellt.

45 **[0003]** Das Walzgerüst weist - wie jedes Walzgerüst - zwei Arbeitswalzen auf, welche direkt und unmittelbar (also ohne dazwischen angeordnete andere Walzen) auf das flache Walzgut einwirken. Das Walzgerüst weist weiterhin zwei Stützwalzen auf, welche einer Durchbiegung der Arbeitswalzen entgegenwirken. Wären keine weiteren Walzen vorhanden, wäre das Walzgerüst ein sogenanntes Quartogerüst. Vorliegend sind zusätzlich zu den Arbeitswalzen und den Stützwalzen zwei Zwischenwalzen vorhanden, welche zwischen den beiden Arbeitswalzen und den beiden Stützwalzen angeordnet sind. Das Walzgerüst ist somit ein sogenanntes Sextogerüst.

50 **[0004]** Die Istgrößen, welche das flache Walzgut vor dem Walzen in dem Walzgerüst beschreiben, können beispielsweise die Breite, die Dicke, das Profil, die Kontur, die Planheit, die Temperatur, die chemische Zusammensetzung, die Vorgeschichte und andere mehr sein.

[0005] Das flache Walzgut besteht oftmals aus Stahl, manchmal aus Aluminium. In seltenen Fällen kann es sich auch um ein anderes Metall handeln, beispielsweise Kupfer. Das flache Walzgut ist meist ein Band, in seltenen Fällen ein Grobblech. Das Walzen ist in der Regel ein Kaltwalzen. In Ausnahmefällen kann es sich aber auch um ein Warmwalzen handeln.

[0006] Die vorliegende Erfindung geht weiterhin aus von einer Steuereinrichtung für ein Walzgerüst zum Walzen eines flachen Walzguts aus Metall, wobei das Walzgerüst Arbeitswalzen, Stützwalzen und zwischen den Arbeitswalzen und

den Stützwalzen angeordnete Zwischenwalzen aufweist, wobei die Steuereinrichtung mit einem derartigen Steuerprogramm programmiert ist, so dass sie bei Abarbeitung des Maschinencodes des Steuerprogramms das Walzgerüst gemäß einem derartigen Betriebsverfahren betreibt.

[0007] Die vorliegende Erfindung geht weiterhin aus von einem Walzgerüst zum Walzen eines flachen Walzguts aus Metall,

- wobei das Walzgerüst Arbeitswalzen, Stützwalzen und zwischen den Arbeitswalzen und den Stützwalzen angeordnete Zwischenwalzen aufweist,
- wobei das Walzgerüst eine derartige Steuereinrichtung aufweist, von der das Walzgerüst im Betrieb gemäß einem derartigen Betriebsverfahren betrieben wird.

Stand der Technik

[0008] Die genannten Gegenstände sind Fachleuten allgemein bekannt.

[0009] In dem Fachaufsatz "Numerical Analysis of Intermediate Roll Shifting-Induced Rigidity Characteristics of UCM Cold Rolling Mill" von Qing-Long Wang et al., veröffentlicht in steel research international 2018, Artikelnummer 1700454, wird eine numerische Analyse des Einflusses der Verschiebung der Zwischenwalzen auf die Steifigkeit eines derartigen Walzgerüsts durchgeführt.

[0010] In dem Fachaufsatz "Numerical and experimental analysis of strip cross-directional control and flatness prediction for UCM Cold Rolling Mill" von Qing-Long Wang et al., veröffentlicht in Journal of Manufacturing Processes 34 (2018), Seiten 637 bis 649, wird eine numerische und experimentelle Analyse unter anderem der Planheitsvorhersage für ein derartiges Walzgerüst durchgeführt.

Zusammenfassung der Erfindung

[0011] Beim Walzen eines flachen Walzguts aus Metall sind die sich ergebende Kontur des Walzguts und die sich ergebende Planheit des Walzguts wichtige Qualitätsmerkmale. Die Beeinflussung der Kontur und der Planheit sind - zumindest bei relativ dünnem Walzgut - untrennbar miteinander gekoppelt. Die Beeinflussung der Planheit und/oder der Kontur ist auf verschiedene Art und Weise möglich. Beispielsweise können die Kontur und/oder die Planheit bei einem Sextogerüst (also einem Walzgerüst, bei dem zusätzlich zu den Arbeitswalzen und den Stützwalzen noch Zwischenwalzen vorhanden sind, die zwischen den Arbeitswalzen und den Stützwalzen angeordnet sind, im englischen üblicherweise als 6-high-Gerüst bezeichnet) durch Biegung der Arbeitswalzen und durch Biegung der Zwischenwalzen beeinflusst werden. Weiterhin können die Kontur und/oder die Planheit auch durch die gegenläufige Verschiebung der Zwischenwalzen beeinflusst werden. Dies gilt ganz besonders für ein sogenanntes UCM (universal crown mill = Universalwalzgerüst).

[0012] Mittels eines derartigen Walzgerüsts können für viele Materialien gute Ergebnisse erzielt werden. Bei hochfesten breiten Materialien und bei Forderung eines möglichst kastenförmigen Profils stößt im Stand der Technik aber auch ein derartiges Walzgerüst an seine Grenzen.

[0013] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, Möglichkeiten zu schaffen, mittels derer der Bereich, innerhalb dessen ein qualitativ hochwertiges Walzen eines flachen Walzguts möglich ist, vergrößert werden kann.

[0014] Die Aufgabe wird durch ein Betriebsverfahren für ein Walzgerüst mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Betriebsverfahrens sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche 2 bis 5.

[0015] Erfindungsgemäß wird ein Betriebsverfahren der eingangs genannten Art dadurch ausgestaltet, dass die Steuereinrichtung den Zwischenwalzen-Einstellwert, den anfänglichen Arbeitswalzen-Ansteuerwert und den anfänglichen Zwischenwalzen-Ansteuerwert derart ermittelt, dass der anfängliche Arbeitswalzen-Ansteuerwert und/oder der anfängliche Zwischenwalzen-Ansteuerwert von ihren Minimal- und Maximalwerten einen jeweiligen vorbestimmten Mindestabstand aufweisen.

[0016] Dadurch wird erreicht, dass bei späteren, in der Praxis unvermeidbaren Störungen des Walzprozesses beim Walzen des flachen Walzguts (beispielsweise bei einer Änderung der Temperatur des flachen Walzguts und damit verbunden einer Änderung der Materialfestigkeit des flachen Walzguts) eine hinreichend große Regelreserve zur Verfügung steht. Dadurch können die Störungen mittels einer Anpassung des Arbeitswalzen-Ansteuerwertes und/oder des Zwischenwalzen-Ansteuerwertes kompensiert werden.

[0017] Der Mindestabstand kann nach Bedarf bestimmt sein. Wenn der mögliche Stellbereich, also der Bereich vom jeweiligen Minimalwert zum jeweiligen Maximalwert, auf 100 % normiert wird und dem jeweiligen Minimalwert der Wert 0 % zugeordnet wird, kann der Mindestabstand beispielsweise bei 20 %, 25 %, 30 %, 35 % und auch noch darüber liegen, beispielsweise bei 40 % oder 45 % oder sogar bei 50 %. Natürlich sind auch andere Werte möglich. Es ist sogar möglich, für den Mindestabstand vom jeweiligen Minimalwert einen anderen Wert zu wählen als für den Mindestabstand vom jeweiligen Maximalwert. Beispielsweise kann festgelegt sein, dass der anfängliche Arbeitswalzen-Ansteuerwert

um mindestens 30 % von seinem Minimalwert beabstandet sein muss und mindestens 40 % von seinem Maximalwert. Die Summe der beiden Mindestabstände darf natürlich maximal 100 % betragen. Weiterhin ist es möglich, die Mindestabstände für den anfänglichen Arbeitswalzen-Ansteuerwert anders vorzugeben als für den anfänglichen Zwischenwalzen-Ansteuerwert. Beispielsweise kann gefordert werden, dass der anfängliche Arbeitswalzen-Ansteuerwert von seinem

Minimalwert um mindestens 30 % und von seinem Maximalwert um mindestens 40 % beabstandet ist, der anfängliche Zwischenwalzen-Ansteuerwert hingegen von seinem Minimalwert um mindestens 20 % und von seinem Maximalwert um mindestens 50 % beabstandet ist. Die genannten Zahlenwerte sind nur rein beispielhaft, um das Prinzip zu erläutern. **[0018]** In der Praxis dürfte es von Vorteil sein, die Mindestabstände derart festzulegen, dass mindestens einer der beiden anfänglichen Ansteuerwerte nicht in der Mitte zwischen den Grenzen seines jeweiligen Stellbereichs liegt, sondern näher an seinem Minimalwert oder Maximalwert. Dadurch kann insbesondere berücksichtigt werden, dass die thermische Balligkeit der Arbeitswalzen sich beim Walzen des flachen Walzguts ändert und dieser Änderung durch entsprechende Ansteuerung der Arbeitswalzen-Biegeeinrichtung und/oder der Zwischenwalzen-Biegeeinrichtung entgegengewirkt werden muss. Wenn sich durch dieses Entgegenwirken der Ansteuerwert mehr in Richtung auf seinen Maximalwert verschiebt, sollte der zugehörige anfängliche Ansteuerwert mehr in Richtung auf seinen Minimalwert hin festgelegt werden. In diesem Fall kann beispielsweise ein Mindestabstand vom Minimalwert von 30 % und ein Mindestabstand vom Maximalwert von 50 % gefordert werden.

[0019] Die Zwischenwalzen sind üblicherweise gleich ausgebildet und invers zueinander in das Walzgerüst eingebaut. Bei einer UCM weisen weiterhin die Zwischenwalzen einseitig innerhalb ihrer Lauffläche einen Konus auf. Bei einem derartigen Walzgerüst ermittelt die Steuereinrichtung den Zwischenwalzen-Ansteuerwert vorzugsweise als vorzeichenbehafteten Abstand des Konus von der Seitenkante des flachen Walzguts. Diese Vorgehensweise ist besonders einfach zu implementieren.

[0020] Die Zielgrößen können für die Sollkontur und/oder für die Sollplanheit beispielsweise einen C2-Wert und einen C4-Wert eines Tschebyscheff-Polynoms umfassen. Eine Beschreibung der Sollkontur bzw. der Sollplanheit auf diese Art und Weise ist besonders einfach. Oftmals ist es auch völlig hinreichend, wenn die Zielgrößen ausschließlich diese beiden Werte umfassen.

[0021] Das Betriebsverfahren ist vorzugsweise derart ausgestaltet,

- dass die Steuereinrichtung ein Modell implementiert, mittels dessen das Walzen des flachen Walzguts in dem Walzgerüst basierend auf mathematisch-physikalischen Gleichungen modelliert wird,
- dass in die mathematisch-physikalischen Gleichungen sowohl die Istgrößen und die Zielgrößen als auch der Zwischenwalzen-Einstellwert, der anfängliche Arbeitswalzen-Ansteuerwert und der anfängliche Zwischenwalzen-Ansteuerwert eingehen und
- dass die Steuereinrichtung den Zwischenwalzen-Einstellwert, den anfänglichen Arbeitswalzen-Ansteuerwert und den anfänglichen Zwischenwalzen-Ansteuerwert durch Lösen eines Optimierungsproblems ermittelt, in das das Modell eingeht.

[0022] Diese Vorgehensweise ist echtzeitfähig und liefert zuverlässig gute Ergebnisse. Bei den Gleichungen kann es sich insbesondere um algebraische Gleichungen und um Differenzialgleichungen handeln.

[0023] In manchen Fällen weist das Walzgerüst zur Beeinflussung von Kontur und/oder Planheit des flachen Walzguts zusätzlich eine Kühleinrichtung auf, mittels derer über eine Ballenbreite der Arbeitswalzen gesehen Abschnitte der Arbeitswalzen individuell kühlbar sind. In diesem Fall berücksichtigt die Steuereinrichtung bei der Ermittlung des Zwischenwalzen-Einstellwertes, des anfänglichen Arbeitswalzen-Ansteuerwertes und des anfänglichen Zwischenwalzen-Ansteuerwertes vorzugsweise auch die individuelle Kühlung der Abschnitte der Arbeitswalzen.

[0024] Die Aufgabe wird weiterhin durch ein Steuerprogramm mit den Merkmalen des Anspruchs 6 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Steuerprogramms sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche 7 bis 10.

[0025] Erfindungsgemäß bewirkt die Abarbeitung des Steuerprogramms, dass die Steuereinrichtung ein Betriebsverfahren der eingangs genannten Art dadurch ausgestaltet, dass die Steuereinrichtung den Zwischenwalzen-Einstellwert, den anfänglichen Arbeitswalzen-Ansteuerwert und den anfänglichen Zwischenwalzen-Ansteuerwert derart ermittelt, dass der anfängliche Arbeitswalzen-Ansteuerwert und/oder der anfängliche Zwischenwalzen-Ansteuerwert von ihren Minimal- und Maximalwerten einen jeweiligen vorbestimmten Mindestabstand aufweisen.

[0026] Die dadurch erzielten Vorteile korrespondieren mit denen des erfindungsgemäßen Betriebsverfahrens.

[0027] Auch das Steuerprogramm kann auf vorteilhafte Art und Weise ausgestaltet werden. Die vorteilhaften Ausgestaltungen des Steuerprogramms und die dadurch erzielten Vorteile korrespondieren mit denen des erfindungsgemäßen Betriebsverfahrens.

[0028] Die Aufgabe wird weiterhin durch eine Steuereinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 11 gelöst. Erfindungsgemäß ist die Steuereinrichtung mit einem erfindungsgemäßen Steuerprogramm programmiert, so dass die Steuereinrichtung bei Abarbeitung des Maschinencodes des Steuerprogramms das Walzgerüst gemäß einem erfindungsgemäßen Betriebsverfahren betreibt.

[0029] Die Aufgabe wird weiterhin durch ein Walzgerüst zum Walzen eines flachen Walzguts aus Metall mit den Merkmalen des Anspruchs 12 gelöst. Erfindungsgemäß ist bei einem Walzgerüst der eingangs genannten Art die Steuereinrichtung des Walzgerüsts als erfindungsgemäße Steuereinrichtung ausgebildet.

5 Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[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 eines Ausführungsbeispiels, das im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert wird. Dabei zeigen:

10

FIG 1 ein Walzgerüst von der Seite,
 FIG 2 ein Walzgerüst von oben,
 FIG 3 einen Teil eines Walzgerüsts in Walzrichtung gesehen,
 FIG 4 ein Ablaufdiagramm,
 15 FIG 5 ein Tschebyscheff-Polynom 2. Grades,
 FIG 6 ein Tschebyscheff-Polynom 4. Grades,
 FIG 7 Wirksamkeiten von Biegeeinrichtungen,
 FIG 8 ein weiteres Ablaufdiagramm und
 FIG 9 ein Modell.

20

Beschreibung der Ausführungsformen

[0031] Gemäß den FIG 1 und 2 soll in einem Walzgerüst 1 ein Walzgut 2 gewalzt werden. Das Walzgut 2 besteht aus Metall, beispielsweise aus Stahl oder Aluminium. Das Walzgut 2 ist ein flaches Walzgut, also ein Band (Regelfall) oder ein Grobblech (Ausnahme). Das Walzen in dem Walzgerüst 1 ist in der Regel ein Kaltwalzen. Ausnahmsweise kann es sich aber auch um ein Warmwalzen handeln. Das Walzgerüst 1 weist Arbeitswalzen 3 auf, die zwischen sich einen Walzspalt bilden, in dem das Walzgut 2 gewalzt wird.

25

[0032] In den FIG 1 und 2 sind nur die Arbeitswalzen 3 des Walzgerüsts 1 dargestellt, also in FIG 1 die obere und die untere Arbeitswalze 3 und in FIG 2 nur die obere Arbeitswalze 3 (die untere Arbeitswalze 3 ist durch die obere Arbeitswalze 3 verdeckt). FIG 3 zeigt das Walzgut 2 und die oberhalb des Walzguts 2 angeordneten Walzen 3 bis 5 des Walzgerüsts 1. Unterhalb des Walzguts 2 besteht dieselbe Abfolge von Walzen 3 bis 5, auch wenn dies in FIG 3 (und auch in FIG 1) nicht dargestellt ist.

30

[0033] Entsprechend der Darstellung in FIG 3 weist das Walzgerüst 1 zusätzlich zu den Arbeitswalzen 3 Stützwalzen 4 auf, also eine obere und eine untere Stützwalze 4. Weiterhin weist das Walzgerüst 1 Zwischenwalzen 5 auf. Die Zwischenwalzen 5 sind zwischen den Arbeitswalzen 3 und den Stützwalzen 4 angeordnet. Konkret ist also die obere Zwischenwalze 5 zwischen der oberen Arbeitswalze 3 und der oberen Stützwalze 4 angeordnet, so dass sich oberhalb des Walzguts 2 eine Abfolge von drei übereinander angeordneten Walzen 3 bis 5 ergibt. In analoger Weise ist die untere Zwischenwalze 5 zwischen der unteren Arbeitswalze 3 und der unteren Stützwalze 4 angeordnet, so dass sich auch unterhalb des Walzguts 2 eine Abfolge von drei übereinander angeordneten Walzen 3 bis 5 ergibt.

35

[0034] Die Arbeitswalzen 3 und die Stützwalzen 4 sind, wie in FIG 3 zu erkennen, in der Regel in sich symmetrisch und untereinander gleich ausgebildet. Die Zwischenwalzen 5 sind in der Regel ebenfalls untereinander gleich ausgebildet. Sie sind jedoch oftmals nicht in sich symmetrisch. Beispielsweise können die Zwischenwalzen 5 innerhalb ihrer Lauffläche 6 einseitig einen Konus 7 aufweisen. Ein derartiger Schliff der Zwischenwalzen 5 wird oftmals als einseitiger Zwischenwalzenschliff bezeichnet.

40

[0035] Im Falle der unsymmetrischen Ausgestaltung der Zwischenwalzen 5 sind die Zwischenwalzen 5 in der Regel invers zueinander in das Walzgerüst 1 eingebaut. Wenn sich, wie in FIG 3 dargestellt, der Konus 7 der oberen Zwischenwalze 4 im Bereich der in FIG 3 rechten Seitenkante des flachen Walzguts 2 befindet, befindet sich somit der Konus 7 der unteren Zwischenwalze 4 im Bereich der in FIG 3 linken Seitenkante des flachen Walzguts 2.

45

[0036] Zum ordnungsgemäßen Walzen des flachen Walzguts 2 in dem Walzgerüst 1, insbesondere zur Einstellung von Profil, Kontur und Planheit, weist das Walzgerüst 1 gemäß FIG 1 verschiedene Stellglieder 8 bis 10 auf, nämlich eine Schiebeeinrichtung 8, eine Arbeitswalzen-Biegeeinrichtung 9 und eine Zwischenwalzen-Biegeeinrichtung 10.

50

[0037] Die Begriffe Profil, Kontur und Planheit werden im Rahmen der vorliegenden Erfindung in ihren üblichen Bedeutungen verwendet. Konkret wird der Begriff "Profil" als rein skalares Maß für die Abweichung der Dicke des flachen Walzguts 2 in einem vorbestimmten Abstand von den Seitenkanten des flachen Walzguts 2 verwendet. Für das Profil ist im Stand der Technik die Bezeichnung Cxx üblich, wobei xx (in der Einheit "mm") für den vorbestimmten Abstand von den Seitenkanten des flachen Walzguts 2 steht. Der Begriff "Kontur" wird für den Verlauf der Dicke des Walzguts 2 über die Breite des Walzguts 2 abzüglich der Dicke des Walzguts 2 in der Mitte des Walzguts 2 verwendet. Der Begriff Planheit umfasst von seinem Wortsinn her zunächst nur sichtbare Verwerfungen des flachen Walzguts 2. Er wird jedoch

55

als Synonym für die in dem flachen Walzguts 2 herrschenden inneren Spannungen verwendet, und zwar unabhängig davon, ob diese inneren Spannungen zu sichtbaren Verwerfungen des flachen Walzguts 2 führen oder nicht.

[0038] Mittels der Schiebereinrichtung 8 kann eine axiale Verschiebung der Zwischenwalzen 5 eingestellt werden. Die axiale Verschiebung der Zwischenwalzen 5 ist in aller Regel gegenläufig zueinander. Wenn also die obere Zwischenwalze 5 in einem bestimmten Ausmaß nach links verschoben wird, wird die untere Zwischenwalze 5 in demselben Ausmaß nach rechts verschoben. Das Verschieben der Zwischenwalzen 5 ist in FIG 3 durch einen Doppelpfeil innerhalb der oberen Zwischenwalze 5 angedeutet. Das Ausmaß der axialen Verschiebung ist durch einen Zwischenwalzen-Einstellwert UC_{Δ} bestimmt. Der Zwischenwalzen-Einstellwert UC_{Δ} kann entsprechend der Darstellung in FIG 3 insbesondere als der vorzeichenbehaftete Abstand des Konus 7 von der Seitenkante des flachen Walzguts 2 bestimmt sein.

[0039] Mittels der Arbeitswalzen-Biegeeinrichtung 9 kann auf die Arbeitswalzen 3 eine Biegekraft zum Biegen der Arbeitswalzen 3 ausgeübt werden. Das Biegen der Arbeitswalzen 3 ist in FIG 3 durch Doppelpfeile neben der oberen Arbeitswalze 3 angedeutet. Der zugehörige Arbeitswalzen-Ansteuerwert für die Arbeitswalzen-Biegeeinrichtung 9 wird mit dem Bezugszeichen B1 bezeichnet. In analoger Weise kann mittels der Zwischenwalzen-Biegeeinrichtung 10 auf die Zwischenwalzen 5 eine Biegekraft zum Biegen der Zwischenwalzen 5 ausgeübt werden. Das Biegen der Zwischenwalzen 5 ist in FIG 3 durch Doppelpfeile neben der oberen Zwischenwalze 5 angedeutet. Der zugehörige Zwischenwalzen-Ansteuerwert für die Zwischenwalzen-Biegeeinrichtung 10 wird mit dem Bezugszeichen B2 bezeichnet.

[0040] Das Walzen des Walzguts 2 in dem Walzgerüst 1 wird von einer Steuereinrichtung 11 des Walzgerüsts 1 gesteuert. Die Steuereinrichtung 11 ist, wie innerhalb der Steuereinrichtung 11 durch die Angabe "µP" für "Mikroprozessor" angedeutet ist, üblicherweise softwareprogrammierbar. Die Steuereinrichtung 11 ist daher mit einem Steuerprogramm 12 programmiert. Das Steuerprogramm 12 umfasst Maschinencode 13, der von der Steuereinrichtung 11 abarbeitbar ist. Die Abarbeitung des Maschinencodes 13 durch die Steuereinrichtung 11 bewirkt, dass die Steuereinrichtung 11 das Walzgerüst 1 gemäß einem Betriebsverfahren betreibt, das nachstehend näher erläutert wird.

[0041] Gemäß FIG 4 nimmt die Steuereinrichtung 11 zunächst in einem Schritt S1 Istgrößen I und Zielgrößen Z entgegen.

[0042] Die Istgrößen I beschreiben das flache Walzgut 2 vor dem Walzen in dem Walzgerüst 1. Die Istgrößen I können beispielsweise die geometrischen Abmessungen des flachen Walzguts 2 umfassen, insbesondere dessen Breite und dessen Dicke. Die Istgrößen I können auch weitere geometrische Kenngrößen des flachen Walzguts 2 umfassen, beispielsweise dessen Profil, dessen Kontur und dessen Planheit. Weiterhin können die Istgrößen I auch andere Eigenschaften des flachen Walzguts 2 umfassen, beispielsweise dessen Temperatur, dessen chemische Zusammensetzung und eventuell auch dessen Vorgesichte.

[0043] Die Zielgrößen Z können Größen umfassen, die eine Sollkontur K^* des flachen Walzguts 2 nach dem Walzen in dem Walzgerüst 1 beschreiben. Beispielsweise können die Zielgrößen Z für die Sollkontur K^* einen C2-Wert k_2 und einen C4-Wert k_4 eines Tschebyscheff-Polynoms umfassen, also die Koeffizienten für die Tschebyscheff-Funktionen 2. und 4. Grades. Alternativ oder zusätzlich zur Beschreibung der Sollkontur K^* ist auch eine Beschreibung der Sollplanheit möglich. Die Sollplanheit kann gegebenenfalls analog zur Sollkontur K^* durch einen entsprechenden C2-Wert und einen entsprechenden C4-Wert beschrieben werden.

[0044] Tschebyscheff-Polynome und Tschebyscheff-Funktionen sind Fachleuten allgemein bekannt. Konkret weisen die Tschebyscheff-Funktionen 2. und 4. Grades die funktionalen Beziehungen

$$C2(x) = \frac{1}{2} - x^2 \quad \text{und} \quad C4(x) = -\frac{1}{2} + 4x^2 - 4x^4$$

auf, wobei x der normierte Ort in Breitenrichtung des flachen Walzguts 2 ist. Der Wert $x = 0$ steht also für die Mitte des flachen Walzguts 2, die Werte -1 und +1 für die linke und die rechte Seitenkante des flachen Walzguts 2. Die FIG 5 und 6 zeigen die entsprechenden Funktionen. Der C2-Wert k_2 und der C4-Wert k_4 sind die Koeffizienten, mit denen die Funktionen beispielsweise in die Beschreibung der Sollkontur K^* eingehen:

$$K^* = k_2 \cdot C2 + k_4 \cdot C4$$

[0045] In einem Schritt S2 ermittelt die Steuereinrichtung 11 den Zwischenwalzen-Einstellwert UC_{Δ} , einen anfänglichen Arbeitswalzen-Ansteuerwert B10 und einen anfänglichen Zwischenwalzen-Ansteuerwert B20. Die Ermittlung erfolgt unter Berücksichtigung der Istgrößen I. Sie erfolgt derart, dass eine erwartete Kontur KE des flachen Walzguts 2 der Sollkontur K^* - wie sie durch die Zielgrößen Z beschrieben ist - so weit wie möglich angenähert wird. Alternativ oder zusätzlich kann die Ermittlung auch derart erfolgen, dass eine erwartete Planheit des flachen Walzguts 2 der durch die Zielgrößen Z beschriebenen Sollplanheit so weit wie möglich angenähert wird.

[0046] Die Ermittlung des Schrittes S2 ist, soweit bisher definiert, noch nicht eindeutig. Es sind also mehrere Kombi-

nationen des Zwischenwalzen-Einstellwertes UC_{Δ} , des anfänglichen Arbeitswalzen-Ansteuerwertes B10 und des anfänglichen Zwischenwalzen-Ansteuerwertes B20 möglich, wobei mit jeder derartigen Kombination erreicht wird, dass die erwartete Kontur KE und/oder die erwartete Planheit des flachen Walzguts 2 der durch die Zielgrößen Z beschriebenen Sollkontur K^* und/oder Sollplanheit so weit wie möglich angenähert wird. Um den Zwischenwalzen-Einstellwert UC_{Δ} , den anfänglichen Arbeitswalzen-Ansteuerwert B10 und den anfänglichen Zwischenwalzen-Ansteuerwert B20 eindeutig zu bestimmen, berücksichtigt die Steuereinrichtung 11 bei der Ermittlung der genannten Werte UC_{Δ} , B10, B20 zusätzlich die Bedingung, dass der anfängliche Arbeitswalzen-Ansteuerwert B10 und/oder der anfängliche Zwischenwalzen-Ansteuerwert B20 von ihren Minimalwerten B1min, B2min und Maximalwerten B1max, B2max einen jeweiligen vorbestimmten Mindestabstand aufweisen. Mindestens einer der beiden anfänglichen Ansteuerwerte B10, B20 erfüllt also die für ihn festgelegte Bedingung. Im einfachsten Fall erfolgt die Festlegung so, dass der anfängliche Arbeitswalzen-Ansteuerwert B10 und/oder der anfängliche Zwischenwalzen-Ansteuerwert B20 so weit wie möglich von ihren Minimalwerten B1min, B2min und Maximalwerten B1ax, B1max beabstandet sind.

[0047] In einem Schritt S3 stellt die Steuereinrichtung 11 die axiale Verschiebung der Zwischenwalzen 5 entsprechend dem ermittelten Zwischenwalzen-Einstellwert UC_{Δ} ein. Der Zwischenwalzen-Einstellwert UC_{Δ} wird also der Schiebeeinrichtung 8 vorgegeben. Die axiale Verschiebung der Zwischenwalzen 5 wird während des Walzens des flachen Walzguts 2 in dem Walzgerüst 1 nicht mehr geändert. Weiterhin setzt die Steuereinrichtung 11 in einem Schritt S4 den Arbeitswalzen-Ansteuerwert B1 auf den anfänglichen Arbeitswalzen-Ansteuerwert B10 und den Zwischenwalzen-Ansteuerwert B2 auf den anfänglichen Zwischenwalzen-Ansteuerwert B20.

[0048] Die Schritte S1 bis S4 werden von der Steuereinrichtung 11 vor dem Walzen des flachen Walzguts 2 in dem Walzgerüst 1 ausgeführt. Ab dem Schritt S5 wird das Walzgerüst 1 in dem Walzgerüst 1 gewalzt.

[0049] Im Schritt S5 erfolgt die Ansteuerung des Walzgerüsts 1 im laufenden Betrieb, also während des Walzens des Walzguts 2 in dem Walzgerüst 1. Im Schritt S5 steuert die Steuereinrichtung 11 unter anderem die beiden Biegeeinrichtungen 9, 10 entsprechend ihren jeweiligen Ansteuerwerten B1, B2 an. Sie stellt also die Biegeeinrichtungen 9, 10 entsprechend ihrem jeweiligen Ansteuerwerten B1, B2 ein. Aufgrund des Schrittes S4 weisen die Ansteuerwerte B1, B2 zumindest zu Beginn des Walzens des flachen Walzguts 2 in dem Walzgerüst 1 die anfänglichen Ansteuerwerte B10, B20 auf, so dass die Steuereinrichtung 11 zumindest zu Beginn des Walzens des flachen Walzguts 2 in dem Walzgerüst 1 die Biegeeinrichtungen 9, 10 entsprechend ihren jeweiligen anfänglichen Ansteuerwerten B10, B20 einstellt.

[0050] Die anfänglichen Ansteuerwerte B10, B20 werden zunächst beibehalten, bis mittels einer auslaufseitig des Walzgerüsts 1 angeordneten Messeinrichtung 14 ein Istwert für die Kontur K erfasst werden kann. Die Steuereinrichtung 11 prüft daher in einem Schritt S6, ob ihr ein derartiger Istwert zur Verfügung steht. Wenn und solange dies nicht der Fall ist, geht die Steuereinrichtung 11 direkt zum Schritt S5 zurück. In diesem Fall behält die Steuereinrichtung 11 insbesondere die Ansteuerung der Biegeeinrichtungen 9, 10 entsprechend ihren anfänglichen Ansteuerwerten B10, B20 unverändert bei. Sobald der Steuereinrichtung 11 jedoch ein Istwert für die Kontur K zur Verfügung steht, geht die Steuereinrichtung 11 zu einem Schritt S7 über. Im Schritt S7 ändert die Steuereinrichtung 11 die Ansteuerwerte B1, B2 mit dem Ziel, die tatsächliche, durch den Istwert gegebene Kontur K an die Sollkontur K^* anzunähern. Sodann geht die Steuereinrichtung 11 zum Schritt S5 zurück. Die erneute Ansteuerung der Biegeeinrichtungen 9, 10 bei der erneuten Ausführung des Schrittes S5 erfolgt nunmehr mit den entsprechend geänderten Ansteuerwerten B1, B2.

[0051] Die wiederholte Ausführung der Schritte S5, S6 und S7 wird beibehalten, bis das flache Walzgerüst 2 vollständig in dem Walzgerüst 1 gewalzt worden ist.

[0052] Alternativ oder zusätzlich zur Erfassung des Istwertes für die Kontur K wäre auch die Erfassung eines Istwertes für die Planheit möglich. In diesem Fall würde bei der Ermittlung der Ansteuerwerte B1, B2 im Schritt S7 alternativ oder zusätzlich das Ziel berücksichtigt werden, die tatsächliche, durch den Istwert gegebene Planheit an die Sollplanheit anzunähern.

[0053] Nachstehend wird in Verbindung mit FIG 7 erläutert, warum bei der Ermittlung des Zwischenwalzen-Einstellwertes UC_{Δ} , des anfänglichen Arbeitswalzen-Ansteuerwertes B10 und des anfänglichen Zwischenwalzen-Ansteuerwertes B20 die Bedingung berücksichtigt wird, dass der anfängliche Arbeitswalzen-Ansteuerwert B10 und/oder der anfängliche Zwischenwalzen-Ansteuerwert B20 von ihren Minimalwerten B1min, B2min und Maximalwerten B1max, B2max einen jeweiligen vorbestimmten Mindestabstand aufweisen.

[0054] FIG 7 zeigt für mehrere Zwischenwalzen-Einstellwerte UC_{Δ} , welche C2-Werte k_2 und C4-Werte k_4 durch Einstellen des Arbeitswalzen-Ansteuerwertes B1 und des Zwischenwalzen-Ansteuerwertes B2 jeweils eingestellt werden können. Gemäß FIG 7 ergibt sich für jeden Zwischenwalzen-Einstellwert UC_{Δ} jeweils (exakt oder zumindest näherungsweise) ein Trapez 15 im k_2 - k_4 -Raum. Die Trapeze 15 sind in FIG 7 jeweils durch einen kleinen Buchstaben (a bis e) ergänzt. Die Ergänzung durch den jeweiligen kleinen Buchstaben dient lediglich der sprachlichen Unterscheidung der Trapeze 15 voneinander. Die kleinen Buchstaben werden nachstehend nur dann verwendet, wenn ganz konkret auf ein ganz bestimmtes der Trapeze 15 Bezug genommen werden soll. Soweit auf die Trapeze 15 allgemein Bezug genommen wird, wird der kleine Buchstabe weggelassen. Auf völlig analoge Weise wird bezüglich des jeweiligen Zwischenwalzen-Einstellwertes UC_{Δ} vorgegangen.

[0055] Die Kanten der Trapeze 15 entsprechen dem Sachverhalt, dass einer der beiden Ansteuerwerte B1, B2 minimal oder maximal ist und der jeweils andere der beiden Ansteuerwerte B1, B2 seinen möglichen Wertebereich durchläuft. Die Ecken des jeweiligen Trapezes 15 entsprechen dem Sachverhalt, dass beide Ansteuerwerte B1, B2 minimal oder maximal sind. Ersichtlich kann durch Variieren des Zwischenwalzen-Einstellwertes $UC\Delta$ die Lage des zugehörigen Trapezes 15 im k2-k4-Raum eingestellt werden.

[0056] Wenn - beispielsweise - die Sollkontur K^* einem Punkt 16 im k2-k4-Raum entspricht, so kann bei dem Zwischenwalzen-Einstellwert $UC\Delta c$ die Sollkontur K^* zwar eingestellt werden. Sowohl für eine Verringerung des Zwischenwalzen-Ansteuerwerts B2 als auch für eine Vergrößerung des C2-Wertes k2 als auch für eine Verringerung des C4-Wertes k4 steht jedoch nur noch eine geringe Regelreserve zur Verfügung. In analoger Weise kann bei dem Zwischenwalzen-Einstellwert $UC\Delta e$ die Sollkontur K^* zwar ebenfalls eingestellt werden. Sowohl für eine Vergrößerung des Zwischenwalzen-Ansteuerwertes B2 als auch für eine Verringerung des C2-Wertes k2 als auch für eine Vergrößerung des C4-Wertes k4 steht jedoch nur noch eine geringe Regelreserve zur Verfügung. Wird hingegen der Zwischenwalzen-Einstellwert $UC\Delta d$ gewählt, kann nicht nur die Sollkontur K^* eingestellt werden. Vielmehr steht sowohl für eine Verringerung als auch für eine Vergrößerung des Zwischenwalzen-Ansteuerwerts B2 (und auch des Arbeitswalzen-Ansteuerwerts B1) eine große Regelreserve zur Verfügung. Hiermit korrespondierend steht auch sowohl für eine Verringerung als auch für eine Vergrößerung des C2-Wertes k2 und ebenso auch sowohl für eine Verringerung als auch für eine Vergrößerung des C4-Wertes k4 eine große Regelreserve zur Verfügung.

[0057] Soweit bisher erläutert, wäre es optimal, den anfänglichen Arbeitswalzen-Ansteuerwert B10 und/oder den anfänglichen Zwischenwalzen-Ansteuerwert B20 derart zu ermitteln, dass mindestens einer der beiden Werte B10, B20 so weit wie möglich von seinem Minimalwert B1min, B2min und Maximalwert B1max, B2max beabstandet ist. Ein Abweichen von dieser Regel kann jedoch dadurch gerechtfertigt sein, dass eine spätere, während des Walzens des Walzguts 2 in dem Walzgerüst 1 auftretende Erwärmung der Arbeitswalzen 3 und hiermit korrespondierend eine Änderung der Kontur der Arbeitswalzen 3 auftritt.

[0058] Für den Fall, dass mindestens einer der beiden Werte B10, B20 so weit wie möglich von seinem Minimalwert B1min, B2min und Maximalwert B1max, B2max beabstandet sein soll, kann eine konkrete Bestimmung des Zwischenwalzen-Einstellwertes $UC\Delta$ beispielsweise derart vorgenommen werden, dass im k2-k4-Raum eine symmetrische konvexe geometrische Figur definiert wird. Eine geeignete symmetrische konvexe geometrische Figur ist beispielsweise ein Rechteck (Spezialfall: Quadrat), dessen Kanten parallel zur k2- bzw. k4-Achse orientiert sind und ein vorbestimmtes Verhältnis zueinander aufweisen. Eine weitere geeignete symmetrische konvexe geometrische Figur ist beispielsweise eine Ellipse (Spezialfall: Kreis), deren Hauptachsen parallel zur k2- bzw. k4-Achse orientiert sind und ein vorbestimmtes Verhältnis zueinander aufweisen. Dann ist im Regelfall der gesuchte Zwischenwalzen-Einstellwert $UC\Delta$ eindeutig durch die Bedingung bestimmt, dass bei einer Zentrierung der symmetrischen konvexen geometrischen Figur relativ zum Punkt 16 die von der symmetrischen konvexen geometrischen Figur überdeckte Fläche maximiert wird. Eine Ausnahme ergibt sich lediglich in dem sehr unwahrscheinlichen Fall, dass die Sollkontur K^* so ungünstig vorgegeben ist, dass sie "nur so gerade noch" erreicht werden kann. Ein Beispiel für einen derartigen Fall wäre, wenn die Sollkontur K^* im k2-k4-Raum durch den Punkt 16' beschrieben werden könnte. Falls der anfängliche Arbeitswalzen-Ansteuerwert B10 und/oder der anfängliche Zwischenwalzen-Ansteuerwert B20 nicht in der Mitte zwischen ihren Minimalwerten B1min, B2min und Maximalwerten B1max, B2max sollen, kann diese Vorgehensweise dadurch modifiziert werden, dass verzerrte Figuren verwendet werden.

[0059] FIG 8 zeigt schematisch eine mögliche Vorgehensweise zur Ermittlung des Zwischenwalzen-Einstellwertes $UC\Delta$. FIG 8 entspricht im Ergebnis einer Implementierung des Schrittes S2 von FIG 4.

[0060] Gemäß FIG 8 ermittelt die Steuereinrichtung 11 in einem Schritt S11 zunächst einen mittleren Wert B1M für den Arbeitswalzen-Ansteuerwert B1. Im einfachsten Fall bildet die Steuereinrichtung 11 im Schritt S11 den ungewichteten arithmetischen Mittelwert des minimalen und des maximalen Arbeitswalzen-Ansteuerwertes B1min, B1max. In analoger Weise ermittelt die Steuereinrichtung 11 in einem Schritt S12 einen mittleren Wert B2M für den Zwischenwalzen-Ansteuerwert B2.

[0061] In einem Schritt S13 setzt die Steuereinrichtung 11 den Zwischenwalzen-Einstellwert $UC\Delta$ auf einen Anfangswert. In einem Schritt S14 ermittelt die Steuereinrichtung 11 die zugehörigen anfänglichen Ansteuerwerte B10, B20, für welche die erwartete Kontur KE der Sollkontur K^* so weit wie möglich entspricht (alternativ oder zusätzlich: die erwartete Planheit der Sollplanheit so weit wie möglich entspricht).

[0062] In einem Schritt S15 prüft die Steuereinrichtung 11, ob der ermittelte anfängliche Arbeitswalzen-Ansteuerwert B10 exakt oder zumindest in etwa dem zugehörigen mittleren Wert B1M entspricht. Wenn dies der Fall ist, geht die Steuereinrichtung 11 zu einem Schritt S16 über. Wenn dies nicht der Fall ist, prüft die Steuereinrichtung 11 in einem Schritt S17, ob der ermittelte anfängliche Zwischenwalzen-Ansteuerwert B20 exakt oder zumindest in etwa dem zugehörigen mittleren Wert B2M entspricht. Wenn dies der Fall ist, geht die Steuereinrichtung 11 ebenfalls zum Schritt S16 über. Wenn dies nicht der Fall ist, variiert die Steuereinrichtung 11 in einem Schritt S18 den Zwischenwalzen-Einstellwert $UC\Delta$ und geht von dort aus zum Schritt S14 zurück.

[0063] Im Schritt S16 prüft die Steuereinrichtung 11, ob das Variieren des Zwischenwalzen-Einstellwertes $UC\Delta$ beendet

werden soll. Die Prüfung des Schrittes S16 kann beispielsweise in einer Bewertung der obenstehend erläuterten symmetrischen konvexen geometrischen Figur bestehen. Wenn das Variieren des Zwischenwalzen-Einstellwertes $UC\Delta$ nicht beendet werden soll, geht die Steuereinrichtung 11 zum Schritt S18 über. Anderenfalls ist die Vorgehensweise von FIG 8 abgeschlossen. Die zuletzt ermittelten Werte $UC\Delta$, B10, B20 werden sodann in den Schritten S3 und S4 von FIG 4 verwendet.

[0064] Zur Ausführung des Schrittes S2 von FIG 4 bzw. des Schrittes S14 von FIG 8 kann die Steuereinrichtung 11 entsprechend der Darstellung in FIG 9 ein Modell 17 implementieren. Mittels des Modells 17 wird das Walzen des flachen Walzguts 2 in dem Walzgerüst 1 modelliert. Das Modell 17 basiert auf mathematisch-physikalischen Gleichungen. Es kann insbesondere örtlich zwei- oder dreidimensional aufgelöste, miteinandergekoppelte Differenzialgleichungssysteme umfassen. In die mathematisch-physikalischen Gleichungen gehen die Istgrößen I und die Zielgrößen Z ein. In die mathematisch-physikalischen Gleichungen gehen weiterhin auch der Zwischenwalzen-Einstellwert $UC\Delta$, der anfängliche Arbeitswalzen-Ansteuerwert B10 und der anfängliche Zwischenwalzen-Ansteuerwert B20 ein. Das Modell 17 liefert als Ausgangsgröße die erwartete Kontur KE (alternativ oder zusätzlich die erwartete Planheit). Ein entsprechendes Modell 17 als solches ist Fachleuten bekannt.

[0065] Im Falle einer derartigen Modellierung kann die Steuereinrichtung 11 beispielsweise den Zwischenwalzen-Einstellwert $UC\Delta$, den anfänglichen Arbeitswalzen-Ansteuerwert B10 und den anfänglichen Zwischenwalzen-Ansteuerwert B20 im Rahmen des Schrittes S2 bzw. des Schrittes S14 durch Lösen eines Optimierungsproblems ermitteln, in das das Modell 17 eingeht.

[0066] In manchen Fällen sind die genannten Aktuatoren 8 bis 10, also die Schiebeeinrichtung 8, die Arbeitswalzen-Biegeeinrichtung 9 und die Zwischenwalzen-Biegeeinrichtung 10, die einzigen Aktuatoren, mittels derer die Kontur K und/oder die Planheit des flachen Walzguts 2 beeinflusst werden können. In anderen Fällen weist das Walzgerüst 1 zur Beeinflussung von Kontur K und/oder Planheit des flachen Walzguts 2 entsprechend der Darstellung in FIG 2 zusätzlich eine Kühleinrichtung 18 auf. Mittels der Kühleinrichtung 18 können in diesem Fall über eine Ballenbreite der Arbeitswalzen 3 gesehen Abschnitte der Arbeitswalzen 3 individuell gekühlt werden. Wenn eine derartige Ausgestaltung gegeben ist, berücksichtigt die Steuereinrichtung 11 bei der Ermittlung des Zwischenwalzen-Einstellwertes $UC\Delta$, des anfänglichen Arbeitswalzen-Ansteuerwertes B10 und des anfänglichen Zwischenwalzen-Ansteuerwertes B20 auch eine individuelle Kühlung B3 der Abschnitte der Arbeitswalzen 3. Beispielsweise kann die individuelle Kühlung B3 der Abschnitte der Arbeitswalzen 3 von der Steuereinrichtung 11 im Rahmen der Ausführung der Schritte S2 bzw. S14 der FIG 4 bzw. 8 berücksichtigt werden oder kann die individuelle Kühlung B3 der Abschnitte der Arbeitswalzen 3 eine zusätzliche Eingangsgröße des Modells 17 sein und im Modell 17 entsprechend berücksichtigt werden.

[0067] Die vorliegende Erfindung weist viele Vorteile auf. So bleibt der Einfluss des konkreten Zwischenwalzen-Einstellwertes $UC\Delta$ im wesentlichen ohne Einfluss auf den Stellbereich der beiden Biegeeinrichtungen 9, 10. Er beeinflusst jedoch in erheblichem Umfang die sich ergebende Wirkung der zugehörigen Ansteuerwerte B1, B2 auf den Walzspalt und damit auf die Kontur K und die Planheit des gewalzten Walzguts 2. Im Ergebnis kann durch die erfindungsgemäße Vorgehensweise in dem Walzgerüst 1 ein sehr breites Spektrum an unterschiedlichsten flachen Walzgütern 2 ordnungsgemäß gewalzt werden. Dies gilt sowohl für die Festigkeit des flachen Walzguts 2 als auch für dessen Abmessungen als auch für die Ansprüche an Profil, Kontur K und Planheit. Ein kosten- und zeitintensiver Austausch der Arbeitswalzen 3 gegen andere Arbeitswalzen 3 mit einer angepassten Balligkeit ist in vielen Fällen nicht erforderlich. Auf die individuelle Kühlung B3 der Arbeitswalzen 3 kann zwar zurückgegriffen werden. Im Regelfall ist dies aber nicht erforderlich. Dies stellt insbesondere deshalb einen Vorteil dar, weil die individuelle Kühlung B3 der Arbeitswalzen 3 zum einen sehr träge ist und zum anderen nur einen geringen Stellbereich aufweist.

[0068] Obwohl die Erfindung im Detail durch die bevorzugten Ausführungsbeispiele 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.

Bezugszeichenliste

[0069]

- 1 Walzgerüst
- 2 Walzgut
- 3 Arbeitswalzen
- 4 Stützwalzen
- 5 Zwischenwalzen
- 6 Lauffläche
- 7 Konus
- 8 Schiebeeinrichtung
- 9, 10 Biegeeinrichtungen

11	Steuereinrichtung
12	Steuerprogramm
13	Maschinencode
14	Messeinrichtung
5	15 Trapeze
	16, 16' Punkte
	17 Modell
	18 Kühleinrichtung
10	B1, B10 Arbeitswalzen-Ansteuerwerte
	B1min, B2min Minimalwerte
	B1max, B2max Maximalwerte
	B2, B20 Zwischenwalzen-Ansteuerwerte
	B3 individuelle Kühlung
15	B1M, B2M mittlere Werte
	I Istgrößen
	K, KE, K* Konturen
	k2 C2-Wert
	k4 C4-Wert
20	S1 bis S18 Schritte
	UC Δ Zwischenwalzen-Einstellwert
	Z Zielgrößen

25 **Patentansprüche**

1. Betriebsverfahren für ein Walzgerüst (1) zum Walzen eines flachen Walzguts (2) aus Metall, wobei das Walzgerüst (1) Arbeitswalzen (3), Stützwalzen (4) und zwischen den Arbeitswalzen (3) und den Stützwalzen (4) angeordnete Zwischenwalzen (5) aufweist,

- 30
- wobei eine Steuereinrichtung (11) für das Walzgerüst (1) Istgrößen (I) und Zielgrößen (Z) entgegennimmt,
 - wobei die Istgrößen (I) das flache Walzgut (2) vor dem Walzen in dem Walzgerüst (1) beschreiben und die Zielgrößen (Z) eine Sollkontur (K*) und/oder eine Sollplanheit des flachen Walzguts (2) nach dem Walzen in dem Walzgerüst (1) beschreiben,
 - 35 - wobei die Steuereinrichtung (11) vor dem Walzen des flachen Walzguts (2) in dem Walzgerüst (1) unter Berücksichtigung der Istgrößen (I) einen Zwischenwalzen-Einstellwert (UC Δ) für eine axiale Verschiebung der Zwischenwalzen (5), einen anfänglichen Arbeitswalzen-Ansteuerwert (B10) für eine Arbeitswalzen-Biegeeinrichtung (9) zum Biegen der Arbeitswalzen (3) und einen anfänglichen Zwischenwalzen-Ansteuerwert (B20) für eine Zwischenwalzen-Biegeeinrichtung (10) zum Biegen der Zwischenwalzen (5) ermittelt, für die eine erwartete Kontur (KE) und/oder eine erwartete Planheit des flachen Walzguts (2) der durch die Zielgrößen (Z) beschriebenen Sollkontur (K*) und/oder Sollplanheit so weit wie möglich angenähert werden,
 - 40 - wobei die Steuereinrichtung (11) vor dem Walzen des flachen Walzguts (2) in dem Walzgerüst (1) die axiale Verschiebung der Zwischenwalzen (5) entsprechend dem ermittelten Zwischenwalzen-Einstellwert (UC Δ) einstellt,
 - 45 - wobei die Steuereinrichtung (11) zumindest zu Beginn des Walzens des flachen Walzguts (2) in dem Walzgerüst (1) die Arbeitswalzen-Biegeeinrichtung (9) entsprechend dem ermittelten anfänglichen Arbeitswalzen-Ansteuerwert (B10) und die Zwischenwalzen-Biegeeinrichtung (10) entsprechend dem ermittelten anfänglichen Zwischenwalzen-Ansteuerwert (B20) einstellt,

50 **dadurch gekennzeichnet,**

dass die Steuereinrichtung (11) den Zwischenwalzen-Einstellwert (UC Δ), den anfänglichen Arbeitswalzen-Ansteuerwert (B10) und den anfänglichen Zwischenwalzen-Ansteuerwert (B20) derart ermittelt, dass der anfängliche Arbeitswalzen-Ansteuerwert (B10) und/oder der anfängliche Zwischenwalzen-Ansteuerwert (B20) von ihren Minimal- und Maximalwerten (B1min, B2min, B1max, B2max) einen jeweiligen vorbestimmten Mindestabstand aufweisen.

55 2. Betriebsverfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Zwischenwalzen (5) gleich ausgebildet sind und invers zueinander in das Walzgerüst (1) eingebaut sind,

dass die Zwischenwalzen (5) einseitig innerhalb ihrer Lauffläche einen Konus (7) aufweisen und dass die Steuereinrichtung (11) den Zwischenwalzen-Einstellwert ($UC\Delta$) als vorzeichenbehafteten Abstand des Konus (7) von der Seitenkante des flachen Walzguts (2) ermittelt.

5 3. Betriebsverfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Zielgrößen (Z) für die Sollkontur (K^*) und/oder für die Sollplanheit einen C2-Wert (k_2) und einen C4-Wert (k_4) eines Tschebyscheff-Polynoms umfassen.

10 4. Betriebsverfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet,

- **dass** die Steuereinrichtung (11) ein Modell (17) implementiert, mittels dessen das Walzen des flachen Walzguts (2) in dem Walzgerüst (1) basierend auf mathematisch-physikalischen Gleichungen modelliert wird,
- 15 - **dass** in die mathematisch-physikalischen Gleichungen sowohl die Istgrößen (I) und die Zielgrößen (Z) als auch der Zwischenwalzen-Einstellwert ($UC\Delta$), der anfängliche Arbeitswalzen-Ansteuerwert (B10) und der anfängliche Zwischenwalzen-Ansteuerwert (B20) eingehen und
- **dass** die Steuereinrichtung (11) den Zwischenwalzen-Einstellwert ($UC\Delta$), den anfänglichen Arbeitswalzen-Ansteuerwert (B10) und den anfänglichen Zwischenwalzen-Ansteuerwert (B20) durch Lösen eines Optimierungsproblems ermittelt, in das das Modell (17) eingeht.

20

5. Betriebsverfahren nach einem der obigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Walzgerüst (1) zur Beeinflussung von Kontur (K) und/oder Planheit des flachen Walzguts (2) zusätzlich
25 eine Kühleinrichtung (18) aufweist, mittels derer über eine Ballenbreite der Arbeitswalzen (3) gesehen Abschnitte der Arbeitswalzen (3) individuell kühlbar sind, und dass die Steuereinrichtung (11) bei der Ermittlung des Zwischenwalzen-Einstellwertes ($UC\Delta$), des anfänglichen Arbeitswalzen-Ansteuerwertes (B10) und des anfänglichen Zwischenwalzen-Ansteuerwertes (B20) auch die individuelle Kühlung der Abschnitte der Arbeitswalzen (3) berücksichtigt.

30

6. Steuerprogramm, das Maschinencode (13) umfasst, der von einer Steuereinrichtung (11) für ein Arbeitswalzen (3), Stützwalzen (4) und zwischen den Arbeitswalzen (3) und den Stützwalzen (4) angeordnete Zwischenwalzen (5) aufweisendes Walzgerüst (1) zum Walzen eines flachen Walzguts (2) aus Metall abarbeitbar ist, wobei die Abarbeitung des Maschinencodes (13) durch die Steuereinrichtung (11) bewirkt, dass die Steuereinrichtung (11)

35

- für das Walzgerüst (1) Istgrößen (I) und Zielgrößen (Z) entgegennimmt, wobei die Istgrößen (I) das flache Walzgut (2) vor dem Walzen in dem Walzgerüst (1) beschreiben und die Zielgrößen (Z) eine Sollkontur (K^*) und/oder eine Sollplanheit des flachen Walzguts (2) nach dem Walzen in dem Walzgerüst (1) beschreiben,
- vor dem Walzen des flachen Walzguts (2) in dem Walzgerüst (1) unter Berücksichtigung der Istgrößen (I) einen Zwischenwalzen-Einstellwert ($UC\Delta$) für eine axiale Verschiebung der Zwischenwalzen (5), einen anfänglichen Arbeitswalzen-Ansteuerwert (B10) für eine Arbeitswalzen-Biegeeinrichtung (9) zum Biegen der Arbeitswalzen (3) und einen anfänglichen Zwischenwalzen-Ansteuerwert (B20) für eine Zwischenwalzen-Biegeeinrichtung (10) zum Biegen der Zwischenwalzen (5) ermittelt, für die eine erwartete Kontur (KE) und/oder eine erwartete Planheit des flachen Walzguts (2) der durch die Zielgrößen (Z) beschriebenen Sollkontur (K^*) und/oder Sollplanheit so weit wie möglich angenähert werden,
- 40 - vor dem Walzen des flachen Walzguts (2) in dem Walzgerüst (1) die axiale Verschiebung der Zwischenwalzen (5) entsprechend dem ermittelten Zwischenwalzen-Einstellwert ($UC\Delta$) einstellt,
- zumindest zu Beginn des Walzens des flachen Walzguts (2) in dem Walzgerüst (1) die Arbeitswalzen-Biegeeinrichtung (9) entsprechend dem ermittelten anfänglichen Arbeitswalzen-Ansteuerwert (B10) und die Zwischenwalzen-Biegeeinrichtung (10) entsprechend dem ermittelten anfänglichen Zwischenwalzen-Ansteuerwert (B20) einstellt und
- den Zwischenwalzen-Einstellwert ($UC\Delta$), den anfänglichen Arbeitswalzen-Ansteuerwert (B10) und den anfänglichen Zwischenwalzen-Ansteuerwert (B20) derart ermittelt, dass der anfängliche Arbeitswalzen-Ansteuerwert (B10) und/oder der anfängliche Zwischenwalzen-Ansteuerwert (B20) von ihren Minimal- und Maximalwerten (B1min, B2min, B1max, B2max) einen jeweiligen vorbestimmten Mindestabstand aufweisen.

50

55

7. Steuerprogramm nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,

dass die Abarbeitung des Maschinencodes (13) durch die Steuereinrichtung (11) bewirkt, dass die Steuereinrichtung (11) bei einem Walzgerüst (1), dessen Zwischenwalzen (5) gleich ausgebildet sind, invers zueinander in das Walzgerüst (1) eingebaut sind und einseitig innerhalb ihrer Lauffläche einen Konus (7) aufweisen, den Zwischenwalzen-Einstellwert ($UC\Delta$) als vorzeichenbehafteten Abstand des Konus (7) von der Seitenkante des flachen Walzguts (2) ermittelt.

8. Steuerprogramm nach Anspruch 6 oder 7,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Zielgrößen (Z) für die Sollkontur (K^*) und/oder für die Sollplanheit einen C2-Wert (k_2) und einen C4-Wert (k_4) eines Tschebyscheff-Polynoms umfassen.

9. Steuerprogramm nach Anspruch 6, 7 oder 8,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Abarbeitung des Maschinencodes (13) durch die Steuereinrichtung (11) bewirkt, dass die Steuereinrichtung (11)

- ein Modell (17) implementiert, mittels dessen das Walzen des flachen Walzguts (2) in dem Walzgerüst (1) basierend auf mathematisch-physikalischen Gleichungen modelliert wird, wobei in die mathematisch-physikalischen Gleichungen sowohl die Istgrößen (I) und die Zielgrößen (Z) als auch der Zwischenwalzen-Einstellwert ($UC\Delta$), der anfängliche Arbeitswalzen-Ansteuerwert (B10) und der anfängliche Zwischenwalzen-Ansteuerwert (B20) eingehen, und

- den Zwischenwalzen-Einstellwert ($UC\Delta$), den anfänglichen Arbeitswalzen-Ansteuerwert (B10) und den anfänglichen Zwischenwalzen-Ansteuerwert (B20) durch Lösen eines Optimierungsproblems ermittelt, in das das Modell (17) eingeht.

10. Steuerprogramm nach einem der Ansprüche 6 bis 9,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Abarbeitung des Maschinencodes (13) durch die Steuereinrichtung (11) bewirkt, dass die Steuereinrichtung (11) bei einem Walzgerüst (1), das zur Beeinflussung von Kontur (K) und/oder Planheit des flachen Walzguts (2) zusätzlich eine Kühleinrichtung (18) aufweist, mittels derer über eine Ballenbreite der Arbeitswalzen (3) gesehen Abschnitte der Arbeitswalzen (3) individuell kühlbar sind, bei der Ermittlung des Zwischenwalzen-Einstellwertes ($UC\Delta$), des anfänglichen Arbeitswalzen-Ansteuerwertes (B10) und des anfänglichen Zwischenwalzen-Ansteuerwertes (B20) auch die individuelle Kühlung der Abschnitte der Arbeitswalzen (3) berücksichtigt.

11. Steuereinrichtung für ein Walzgerüst (1) zum Walzen eines flachen Walzguts (2) aus Metall, wobei das Walzgerüst (1) Arbeitswalzen (3), Stützwalzen (4) und zwischen den Arbeitswalzen (3) und den Stützwalzen (4) angeordnete Zwischenwalzen (5) aufweist, wobei die Steuereinrichtung mit einem Steuerprogramm (12) nach einem der Ansprüche 6 bis 10 programmiert ist, so dass sie bei Abarbeitung des Maschinencodes (13) des Steuerprogramms (12) das Walzgerüst (1) gemäß einem Betriebsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 betreibt.

12. Walzgerüst zum Walzen eines flachen Walzguts (2) aus Metall,

- wobei das Walzgerüst Arbeitswalzen (3), Stützwalzen (4) und zwischen den Arbeitswalzen (3) und den Stützwalzen (4) angeordnete Zwischenwalzen (5) aufweist,

- wobei das Walzgerüst eine Steuereinrichtung (11) nach Anspruch 11 aufweist, von der das Walzgerüst im Betrieb gemäß einem Betriebsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 betrieben wird.

FIG 1

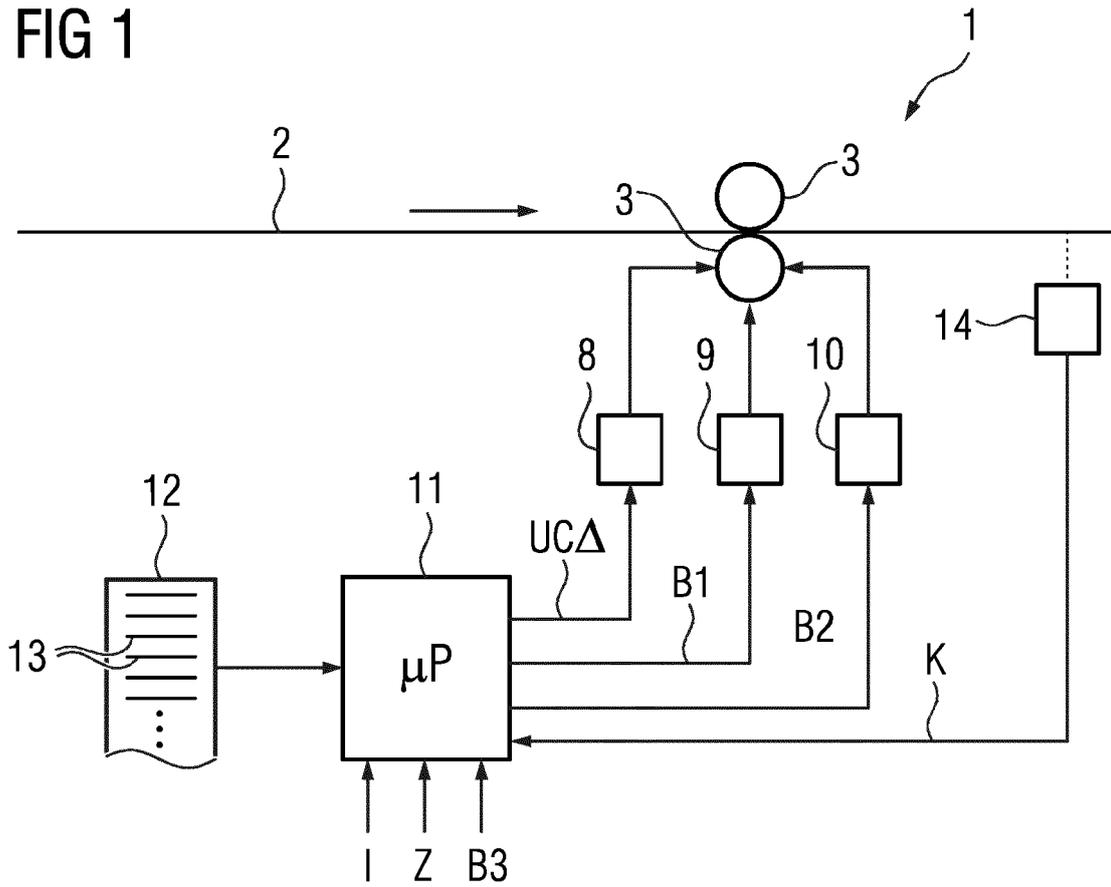
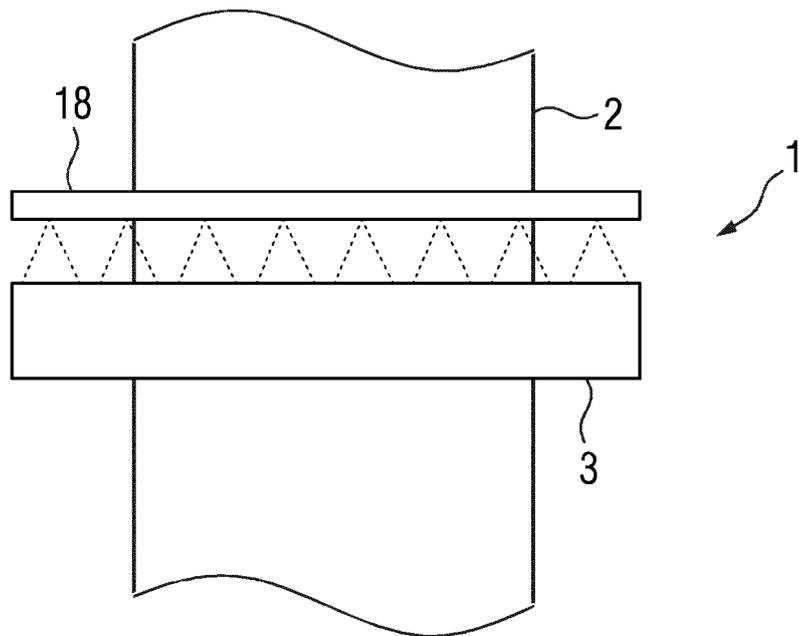


FIG 2



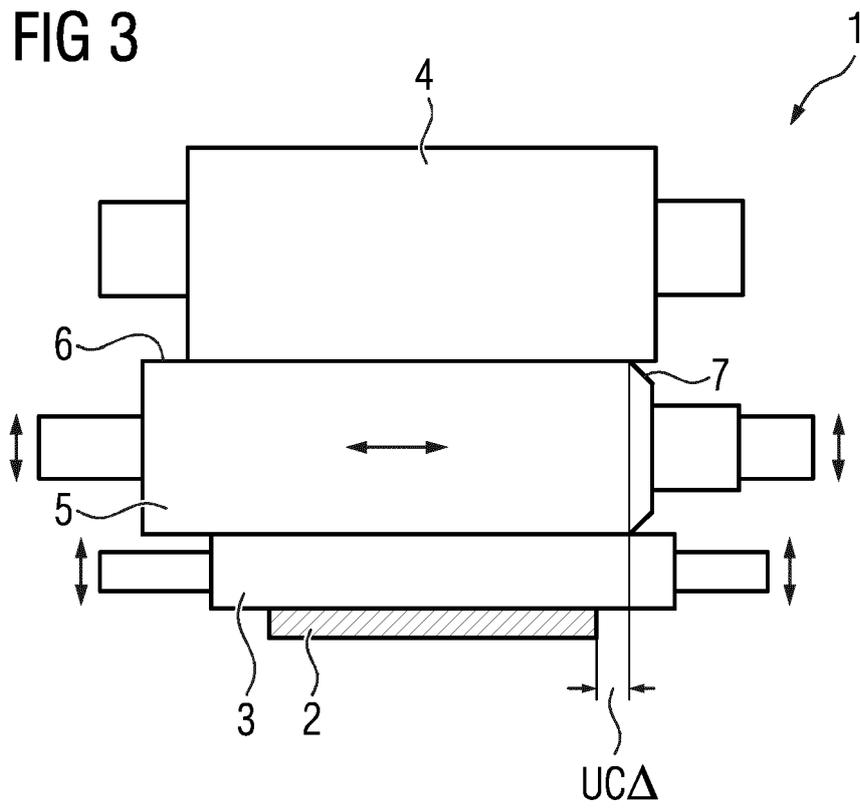


FIG 4

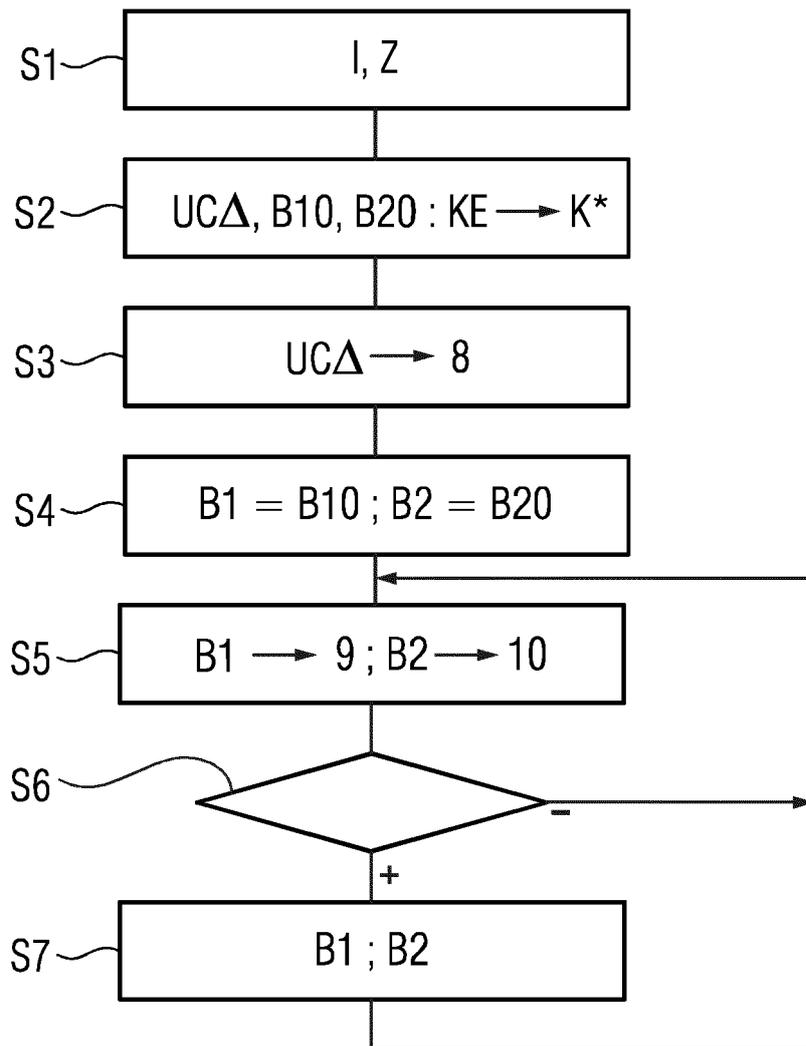


FIG 5

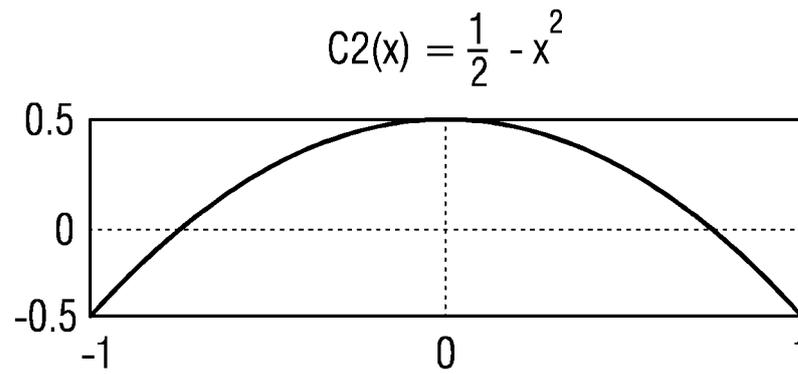


FIG 6

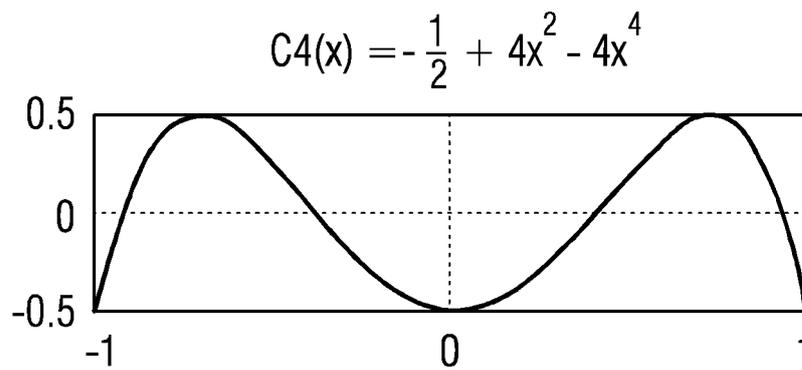


FIG 7

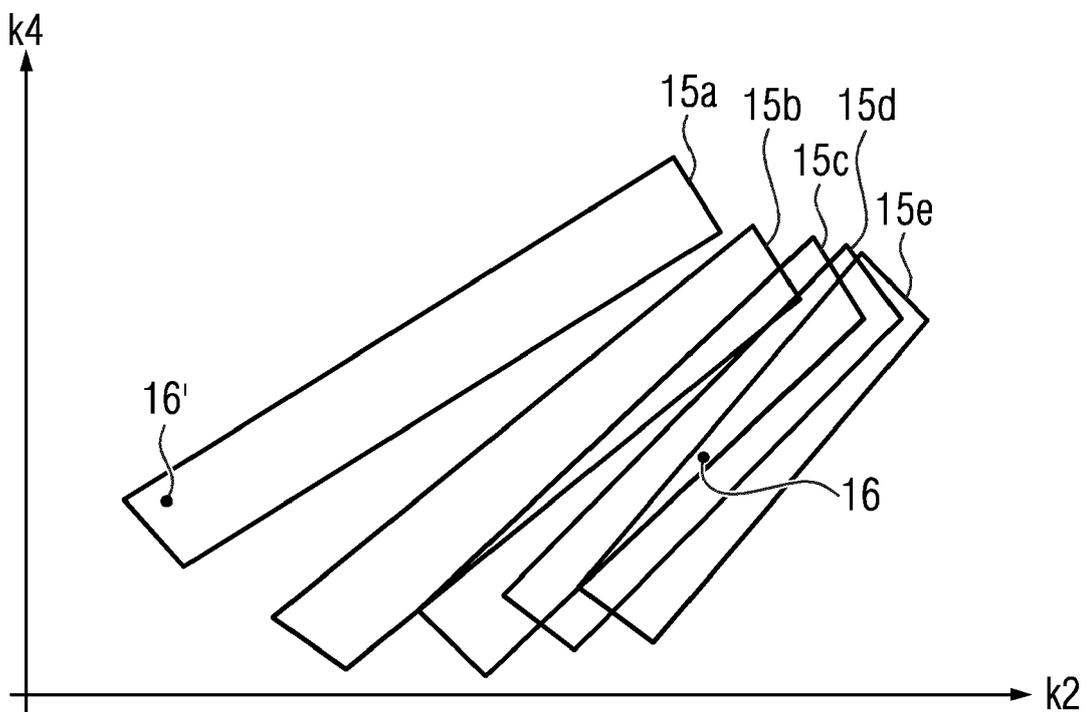


FIG 8

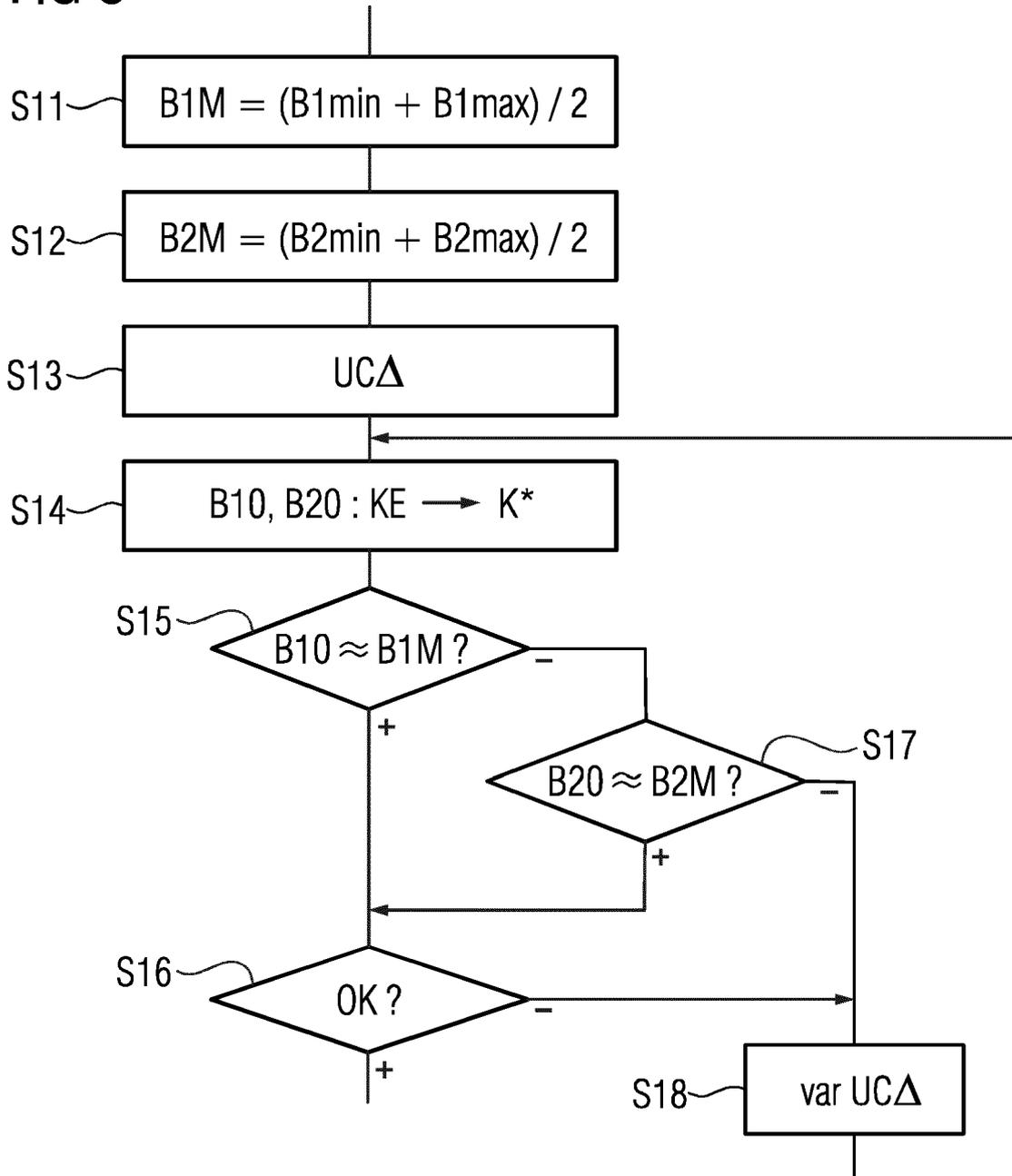
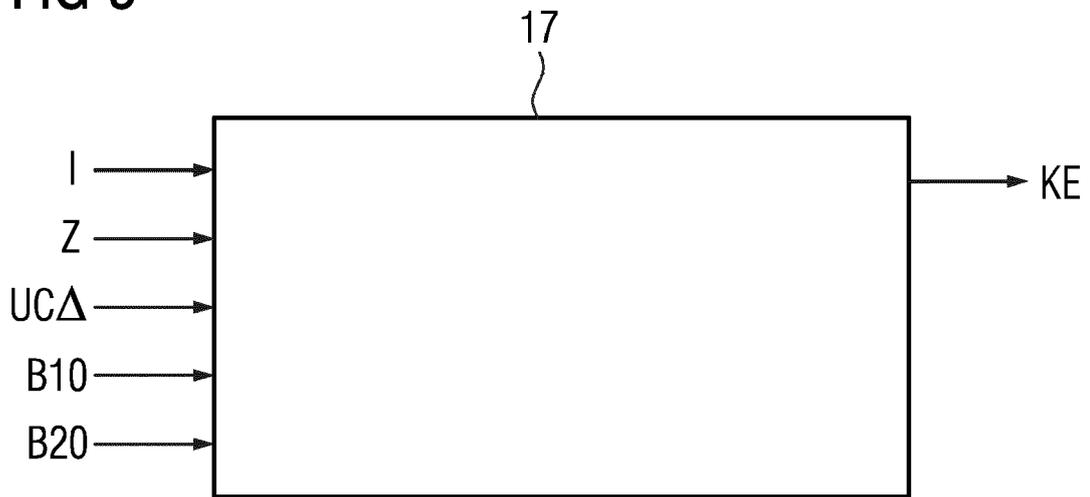


FIG 9





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 20 0877

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	JP S60 46804 A (HITACHI LTD) 13. März 1985 (1985-03-13) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-3 * -----	1-12	INV. B21B37/42
A	EP 3 536 411 A1 (PRIMETALS TECHNOLOGIES GERMANY GMBH [DE]) 11. September 2019 (2019-09-11) * Absatz [0041] - Absatz [0058]; Abbildungen 3-4 * -----	1-12	
A	EP 0 094 104 A2 (HITACHI LTD [JP]) 16. November 1983 (1983-11-16) * Abbildung 7 * -----	1, 2, 6, 7	
A	EYRING H ET AL: "NEUBAU EINES ZWEIGERUESTIGEN NACHWALZWERKES FUER DAS DRESSIEREN UND REDUZIEREN VON FEINSTBLECH", STAHL UND EISEN,, Bd. 112, Nr. 4, 15. April 1992 (1992-04-15), Seiten 73-81, 154, XP000274132, ISSN: 0340-4803 * Kapitel "Planheitsmessung und Regelung"; Seite 7 * -----	1, 3, 6, 8	RECHERCHIERTER SACHGEBIETE (IPC) B21B
A	EP 1 481 742 A2 (SIEMENS AG [DE]) 1. Dezember 2004 (2004-12-01) * Ansprüche 1-8; Abbildung 2 * -----	1, 4, 6, 9	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 24. Februar 2023	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			

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

EP 22 20 0877

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.

24-02-2023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP S6046804 A	13-03-1985	KEINE	
EP 3536411 A1	11-09-2019	CN 111801173 A	20-10-2020
		EP 3536411 A1	11-09-2019
		US 2021046529 A1	18-02-2021
		WO 2019170381 A1	12-09-2019
EP 0094104 A2	16-11-1983	BR 8006349 A	14-04-1981
		EP 0026903 A1	15-04-1981
		EP 0094104 A2	16-11-1983
		JP S5666307 A	04-06-1981
		JP S6340602 B2	11-08-1988
		US 4369646 A	25-01-1983
EP 1481742 A2	01-12-2004	AT 367217 T	15-08-2007
		EP 1481742 A2	01-12-2004

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 Nicht-Patentliteratur

- **QING-LONG WANG et al.** Numerical Analysis of Intermediate Roll Shifting-Induced Rigidity Characteristics of UCM Cold Rolling Mill. *steel research international*, 2018 [0009]
- **QING-LONG WANG et al.** Numerical and experimental analysis of strip cross-directional control and flatness prediction for UCM Cold Rolling Mill. *Journal of Manufacturing Processes*, 2018, vol. 34, 637-649 [0010]