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

(11) **EP 4 104 944 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
21.12.2022 Patentblatt 2022/51

(21) Anmeldenummer: **21179945.7**

(22) Anmeldetag: **17.06.2021**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B21B 37/28 *(2006.01)*

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B21B 37/28; B21B 2263/04; B21B 2263/10

(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:
KH MA MD TN

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

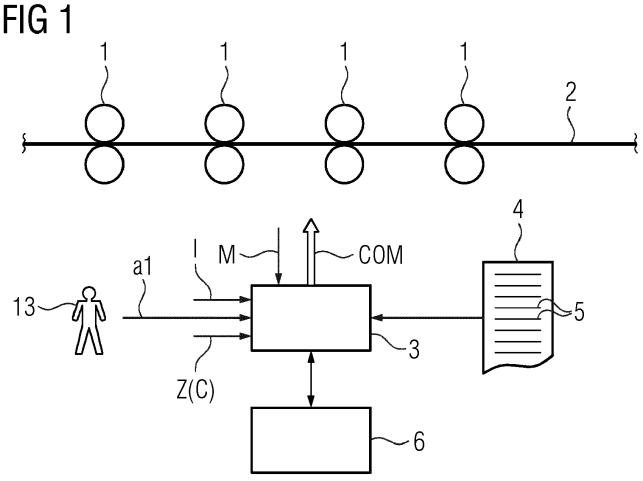
(72) Erfinder:
- **Kurz, Matthias**
  91052 Erlangen (DE)
- **Gurrath, Karola**
  91080 Uttenreuth (DE)
- **Miele, Marco**
  91052 Erlangen (DE)

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

(54) **VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES WALZGUTS MIT KASTENPROFIL**

(57) Eine Steuereinrichtung (3) nimmt Istgrößen (I) eines flachen Walzguts (2) vor dem Walzen und Zielgrößen (Z) des Walzguts (2) nach dem Walzen in einer Walzstraße entgegen. Die Zielgrößen (Z) umfassen zumindest einen Profilwert (C) des Walzguts (2), der auf einen vorbestimmten Abstand (a) von den Rändern des Walzguts (2) bezogen ist. Die Steuereinrichtung (3) ermittelt anhand der Zielgrößen (Z) einen idealen Konturverlauf (ci). Anhand der Istgrößen (I) und des idealen Konturverlaufs (ci) ermittelt sie unter Verwendung eines Modells (6) der Walzstraße Sollwerte (COM) für Stellgrößen für die Walzgerüste (1) der Walzstraße. Die Sollwerte (COM) übermittelt sie an die Walzgerüste (1), so dass das Walzgut (2) in der Walzstraße unter Berücksichtigung der Sollwerte (COM) gewalzt wird. Die Steuereinrichtung (3) ermittelt die Sollwerte (COM) derart, dass ein erwarteter Konturverlauf (ce) des Walzguts (2) nach dem Walzen dem idealen Konturverlauf (ci) ausschließlich oder zumindest vorrangig in einem über die Walzgutbreite (b) gesehen mittleren Bereich (11) so weit wie möglich angenähert wird. Der mittlere Bereich (11) erstreckt sich zu den Rändern des Walzgutes (2) hin bis zu Bereichsgrenzen (12), die von den Rändern des Walzguts (2) einen größeren als den vorbestimmten Abstand (a) aufweisen.

FIG 1



EP 4 104 944 A1

Beschreibung

Gebiet der Technik

[0001] Die vorliegende Erfindung geht aus von einem Betriebsverfahren für eine eine Anzahl von Walzgerüsten umfassende Walzstraße zum Walzen eines flachen Walzguts, wobei eine Steuereinrichtung der Walzstraße

- Istgrößen des flachen Walzguts vor dem Walzen des flachen Walzguts in der Walzstraße und Zielgrößen des flachen Walzguts nach dem Walzen des flachen Walzguts in der Walzstraße entgegennimmt, wobei die Zielgrößen zumindest einen gewünschten Profilwert des flachen Walzguts umfassen, der die Abweichung der Dicke des flachen Walzguts in einem vorbestimmten Abstand von den Rändern des flachen Walzguts von einer Mittendicke charakterisiert, die das flache Walzgut in der Mitte zwischen den Rändern aufweist,
- anhand der Zielgrößen einen idealen Konturverlauf des flachen Walzguts über die Walzgutbreite ermittelt,
- anhand der Istgrößen des flachen Walzguts und des idealen Konturverlaufs unter Verwendung eines Modells der Walzstraße Sollwerte für Stellgrößen für die Walzgerüste der Walzstraße ermittelt und
- die ermittelten Sollwerte an die Walzgerüste der Walzstraße übermittelt, so dass das flache Walzgut in der Walzstraße unter Berücksichtigung der übermittelten Sollwerte gewalzt wird.

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

[0003] Die vorliegende Erfindung geht weiterhin aus von einer Steuereinrichtung für eine Walzstraße zum Walzen eines flachen Walzguts, wobei die Steuereinrichtung als softwareprogrammierbare Steuereinrichtung ausgebildet ist und mit einem derartigen Computerprogramm programmiert ist, so dass sie die Walzstraße gemäß einem derartigen Betriebsverfahren betreibt.

[0004] Die vorliegende Erfindung geht weiterhin aus von einer Walzstraße zum Walzen eines flachen Walzguts,

- wobei die Walzstraße eine Anzahl von Walzgerüsten aufweist, mittels derer das flache Walzgut gewalzt wird,
- wobei die Walzstraße eine derartige Steuereinrichtung aufweist.

Stand der Technik

[0005] Ein derartiges Betriebsverfahren ist beispielsweise aus der WO 2019/086 172 A1 bekannt. Bei diesem Betriebsverfahren können der Steuereinrichtung als Zielgrößen unter anderem die Kontur und/oder die Kontur definierende diskrete Kenngrößen zugeführt werden. Die Steuereinrichtung berücksichtigt die Zielgrößen bei der Ermittlung der Sollwerte.

Zusammenfassung der Erfindung

[0006] Beim Walzen eines flachen Walzguts aus Metall, beispielsweise eines Metallbandes, variiert in Breitenrichtung des flachen Walzguts gesehen die Dicke des flachen Walzguts. Die Dicke d des flachen Walzguts ist also eine Funktion des Ortes x in Breitenrichtung des flachen Walzguts gesehen:

$$d = f(x) \text{ mit } -b/2 < x < b/2$$

und
b = Breite des Metallbandes.

[0007] Der Dickenverlauf kann durch verschiedene Kenngrößen beschrieben werden. Eine wichtige Kenngröße, die in aller Regel vorgegeben wird, ist die Mittendicke d0, die das flache Walzgut in seiner Mitte aufweist, also in einem Bereich, der von beiden Rändern des flachen Walzguts gleich weit entfernt ist.

[0008] Eine weitere wichtige Kenngröße ist die Kontur, genauer der Konturverlauf. Der Konturverlauf ergibt sich dadurch, dass man den Dickenverlauf von der Mittendicke subtrahiert:

$$c(x) = d0 - d(x)$$

[0009] Eine weitere wichtige Kenngröße ist der gewünschte Profilwert C. Er ergibt sich durch den Mittelwert des Konturverlaufs c in einem Abstand xx von den beiden Rändern des Bandes:

$$C = [c(-b/2+xx) + c(b/2-xx)]/2.$$

[0010] Der Abstand xx kann prinzipiell beliebige Werte aufweisen, weist in der Regel aber den Wert 25 mm, den Wert 40 mm oder den Wert 100 mm auf.

[0011] Im Stand der Technik wird beim Warmwalzen meist ein gewünschter Profilwert C40 von 20 μm oder mehr vorgegeben, damit das erzeugte Band einen konvexen Dickenverlauf aufweist, also einen bauchigen Verlauf, bei dem die Mittendicke d0 größer als die Dicke an den Rändern des flachen Walzguts ist. Dadurch können die Führungseigenschaften sowohl beim Warmwalzen als auch beim nachfolgenden Kaltwalzen stabil gehalten werden.

[0012] Wird das flache Walzgut - insbesondere zwischen dem Warmwalzen und dem Kaltwalzen - einmal oder mehrmals längsgeteilt, stellen sich erhöhte Anforderungen an die Toleranzen für das flache Walzgut. Für eine Maximierung der Ausbringung werden daher zunehmend sogenannte Kastenprofile gefordert, das heißt, dass das flache Walzgut über die Walzgutbreite gesehen eine möglichst konstante Dicke aufweist, der Konturverlauf also sehr kleine Werte annimmt. Gleichzeitig wird aber gefordert, dass der Konturverlauf nicht konkav wird, da sich hierdurch negative Auswirkungen auf die Stabilität des Produktionsprozesses ergeben. Im Extremfall kann der Walzprozess so instabil werden, dass Materialverlust, Anlagenschäden und Anlagenstillstand die Folge sind.

[0013] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, Möglichkeiten zu schaffen, mittels derer Kastenprofile so gut wie möglich erzeugt werden können, wobei gleichzeitig die Stabilität des Produktionsprozesses gewährleistet sein soll.

[0014] Die Aufgabe wird durch ein Betriebsverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Betriebsverfahrens sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche 2 bis 12.

[0015] Erfindungsgemäß wird ein Betriebsverfahren der eingangs genannten Art dadurch ausgestaltet, dass die Steuereinrichtung die Sollwerte für die Stellgrößen mittels des Modells derart ermittelt, dass ein für das flache Walzgut nach dem Walzen des flachen Walzguts in der Walzstraße erwarteter Konturverlauf ausschließlich oder zumindest vorrangig in einem über die Walzgutbreite gesehen anfänglichen mittleren Bereich, der sich zu den Rändern des flachen Walzgutes hin bis zu anfänglichen Bereichsgrenzen erstreckt, die von den Rändern des flachen Walzguts einen größeren als den vorbestimmten Abstand aufweisen, dem idealen Konturverlauf so weit wie möglich angenähert wird.

[0016] Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass der Konturverlauf sich durch die Stellglieder in aller Regel in der Mitte des flachen Walzguts sehr gut beeinflussen lässt, zu den Rändern des flachen Walzguts hin jedoch immer schlechter. Insbesondere ist in der unmittelbaren Nähe der Ränder des flachen Walzguts ein Dickenabfall unvermeidbar. Es ist daher möglich, das flache Walzgut in Breitenrichtung des flachen Walzguts gesehen gedanklich in den anfänglichen mittleren Bereich und zwei anfängliche Außenbereiche aufzuteilen. Der anfängliche mittlere Bereich erstreckt sich von -b1/2 bis b1/2, wobei b1 kleiner als b ist. Im anfänglichen mittleren Bereich kann der Konturverlauf gut beeinflusst werden. Die anfänglichen Außenbereiche erstrecken sich von -b/2 bis -b1/2 und von b1/2 bis b/2. In den anfänglichen Außenbereichen kann der Konturverlauf nur schlecht beeinflusst werden, muss also mehr oder minder so hingenommen werden, wie er sich ergibt.

[0017] Wird nun ein sehr kleiner gewünschter Profilwert vorgegeben - beispielsweise ein C40-Wert von nur 10 μm -, so können bei einer Vorgehensweise gemäß dem Stand der Technik die Sollwerte zwar derart bestimmt werden, dass der genannte C40-Wert erreicht wird. Das Erreichen eines derart geringen C40-Wertes kann jedoch zur Folge haben, dass der Konturverlauf lokal konkav wird (das heißt, dass das flache Walzgut in Bereichen, die von den Rändern des flachen Walzguts 40 mm (oder etwas mehr) entfernt sind, dicker ist zur Mitte des flachen Walzguts hin, unter Umständen sogar dicker als in der Mitte des flachen Walzguts). Das flache Walzgut bildet an seinen Rändern also sozusagen "Höcker" aus. Das Erzwingen eines derart geringen C40-Wertes kann hierbei zur Folge haben, dass die beiden Höcker eine durchaus nennenswerte Höhe aufweisen. Unter Umständen kann es geschehen, dass der Maximalwert der Dicke des flachen Walzguts nicht mehr in einem gewünschten Toleranzbereich um die Mittendicke herum gehalten werden kann, so dass Ausschuss produziert wird. Im Extremfall kann der Konturverlauf sogar global konkav werden, das heißt, dass von der Mitte des flachen Walzguts zu den Rändern des flachen Walzguts hin die Dicke des flachen Walzguts über die gesamte Walzgutbreite zunimmt. Dadurch kann der Walzprozess leicht instabil werden.

[0018] Durch die erfindungsgemäße Vorgehensweise können diese Probleme hingegen gelöst oder zumindest deutlich reduziert werden. Denn durch die erfindungsgemäße Vorgehensweise kann zum einen ein idealer Konturverlauf angesetzt werden, dessen Einhaltung zum anderen aber nur im anfänglichen mittleren Bereich sichergestellt wird. Der Kantenabfall zu den Rändern des flachen Walzguts wird als unvermeidbar hingenommen und bleibt - im Gegensatz zum Stand der Technik - bei der Ermittlung der Sollwerte unberücksichtigt oder wird zumindest nur nachrangig berücksichtigt, also nur insoweit, als es ohne Beeinträchtigung der Annäherung des erwarteten Konturverlaufs an den idealen Konturverlauf in dem anfänglichen mittleren Bereich möglich ist.

[0019] Ein wichtiges Element der vorliegenden Erfindung ist die geeignete Bestimmung der anfänglichen Bereichsgrenzen bzw. - hiermit äquivalent - der Abstände der anfänglichen Bereichsgrenzen von den Rändern des flachen Walzguts, im Ergebnis also die Bestimmung des Wertes b1 bzw. des Wertes a1=(b-b1)/2.

[0020] Im einfachsten Fall nimmt die Steuereinrichtung die anfänglichen Bereichsgrenzen oder den Abstand der anfänglichen Bereichsgrenzen von den Rändern des flachen Walzguts entgegen. Die Vorgabe kann beispielsweise durch eine Bedienperson erfolgen. Beispielsweise kann ein Fachmann aus seiner Erfahrung heraus wissen, auf welchen Wert er die anfänglichen Bereichsgrenzen oder den Abstand der anfänglichen Bereichsgrenzen von den Rändern des flachen Walzguts für ein bestimmtes flaches Walzgut exakt oder zumindest in etwa setzen muss.

[0021] Alternativ ist es möglich, dass die Steuereinrichtung die anfänglichen Bereichsgrenzen oder den Abstand der anfänglichen Bereichsgrenzen von den Rändern des flachen Walzguts unter Verwertung der Istgrößen des flachen Walzguts vor dem Walzen des flachen Walzguts in der Walzstraße und/oder des vorbestimmten Abstands ermittelt. Beispielsweise können in der Steuereinrichtung Tabellen oder Kennlinienfelder hinterlegt sein, so dass die Steuereinrichtung in der Lage ist, für ein bestimmtes flaches Walzgut den geeigneten Wert zu ermitteln. Die Eingangsgrößen können beispielsweise die chemische Zusammensetzung des flachen Walzguts, dessen Breite, dessen Mittendicke vor und/oder nach dem Walzen, dessen Temperatur usw. sein. Diese Vorgehensweise weist den Vorteil auf, dass die Bedienperson von der manchmal schwierigen Bestimmung der entsprechenden Werte entlastet wird.

[0022] Besonders gut ist es, wenn die Steuereinrichtung prüft, ob die erwartete Kontur konvex ist oder nicht, im Falle einer konvexen Kontur den anfänglichen mittleren Bereich vergrößert oder die Abstände der anfänglichen Bereichsgrenzen von den Rändern des flachen Walzguts verkleinert und umgekehrt im Falle einer nicht konvexen Kontur den anfänglichen mittleren Bereich verkleinert oder die Abstände der Bereichsg anfänglichen renzen von den Rändern des flachen Walzguts vergrößert. Durch diese Vorgehensweise kann der anfängliche mittlere Bereich so groß wie gerade noch zulässig bestimmt werden.

[0023] Die Steuereinrichtung arbeitet im letztgenannten Fall in einer mehrmals ausgeführten Schleife. Innerhalb eines einzelnen Durchlaufs der Schleife verwertet die Steuereinrichtung die momentan gültigen anfänglichen Bereichsgrenzen und ermittelt für diese anfänglichen Bereichsgrenzen die zugehörigen Sollwerte und den zugehörigen erwarteten Konturverlauf. Anhand der Prüfung vergrößert oder verkleinert sie dann den anfänglichen mittleren Bereich und führt sodann die Schleife nochmals aus.

[0024] Die Schleife darf natürlich keine Endlosschleife sein. Das Wiederholen der Schleife muss daher bei Erreichen eines Abbruchkriteriums beendet werden. Die dann erreichten Werte für die anfänglichen Bereichsgrenzen, die zugehörigen Sollwerte und der zugehörige erwartete Konturverlauf sind dann die endgültigen Werte. Das genaue Abbruchkriterium ist jedoch von untergeordneter Bedeutung. Es kann beispielsweise darin bestehen, dass im Falle einer konvexen Kontur die anfänglichen Bereichsgrenzen nach und nach vergrößert werden, beim erstmaligen Auftreten einer konkaven Kontur jedoch die Schleife verlassen wird. In diesem Fall werden als endgültige Werte die Werte für die anfänglichen Bereichsgrenzen verwendet, bei denen letztmals ein konvexer Konturverlauf ermittelt wurde. In umgekehrter Weise können im Falle einer konkaven Kontur die anfänglichen Bereichsgrenzen nach und nach verkleinert werden und kann beim erstmaligen Auftreten einer konvexen Kontur die Schleife verlassen werden. In diesem Fall werden als endgültige Werte die Werte für die anfänglichen Bereichsgrenzen verwendet, bei denen erstmals ein konvexer Konturverlauf ermittelt wurde. Es sind aber auch andere Vorgehensweisen möglich. Auch kann das Abbruchkriterium darin bestehen, dass eine vorbestimmte Anzahl von Durchläufen der Schleife ausgeführt ist oder dass - bezogen auf das Vergrößern und Verkleinern der anfänglichen Bereichsgrenzen - eine vorbestimmte Anzahl an Richtungswechseln erreicht ist. Auch kann beispielsweise bei jedem Richtungswechsel die Schrittweite verkleinert werden und das Abbruchkriterium durch das Erreichen oder Unterschreiten einer vorbestimmten minimalen Schrittweite definiert sein.

[0025] Vorzugsweise ermittelt die Steuereinrichtung den idealen Konturverlauf dadurch, dass sie die Koeffizienten eines den idealen Konturverlauf beschreibenden Polynoms derart bestimmt, dass der ideale Konturverlauf so gut wie möglich mit den Zielgrößen übereinstimmt. Dadurch ergibt sich eine einfache und zuverlässige Bestimmung des idealen Konturverlaufs. Diese Vorgehensweise ist insbesondere dann von Vorteil, wenn der gewünschte Profilwert der Steuereinrichtung als solcher direkt vorgegeben wird. Die Übereinstimmung kann insbesondere durch Minimieren der mittleren quadratischen Abweichung des idealen Konturverlaufs von den Zielgrößen ermittelt werden. Je nach Anzahl an vorgegebenen Zielgrößen kann hierbei eine Identität vorliegen, dass also die Zielgrößen exakt erreicht werden.

[0026] Das Polynom ist in aller Regel ein Polynom, das nur gerade Potenzen des Ortes x in Breitenrichtung enthält. Es kann insbesondere ein Monom sein, also nur eine einzige Potenz des Ortes x in Breitenrichtung enthalten. Insbesondere kann der ideale Konturverlauf durch eine Parabel 2. oder 4. Ordnung definiert sein.

[0027] In einer bevorzugten Ausgestaltung des Betriebsverfahrens ist vorgesehen, dass die Steuereinrichtung

- nach dem Walzen des flachen Walzguts in der Walzstraße für einen tatsächlichen Konturverlauf des flachen Walzguts charakteristische Messgrößen entgegennimmt,
- eine sich zumindest über einen finalen mittleren Bereich erstreckende Konturfunktion derart ermittelt, dass die Konturfunktion dem tatsächlichen Konturverlauf in dem finalen mittleren Bereich so weit wie möglich angenähert

ist, und

- anhand der Konturfunktion rechnerisch einen modellierten Profilwert des flachen Walzguts ermittelt und den modellierten Profilwert im Rahmen einer Modelladaption, mittels derer die Steuereinrichtung das Modell der Walzstraße anpasst, als tatsächlichen Profilwert verwertet, der die Abweichung der Dicke in dem vorbestimmten Abstand von den Rändern des flachen Walzguts von der Mittendicke des flachen Walzguts charakterisiert.

[0028] Insbesondere ist es möglich, dass die Steuereinrichtung zum Ermitteln der Konturfunktion Koeffizienten der Konturfunktion ermittelt und sodann den modellierten Profilwert anhand der Koeffizienten der Konturfunktion ermittelt.

[0029] Die Erfassung geeigneter Messgrößen als solche ist bekannt. Sie wird beispielsweise in mehrgerüstigen Walzstraßen zur Steuerung und Regelung des Profils verwendet. Das Ermitteln des zugehörigen tatsächlichen Konturverlaufs (beispielsweise durch Fitten) ist ebenfalls allgemein bekannt. Auch das Adaptieren des Modells ist als solches allgemein bekannt. Durch die Verwertung des modellierten Profilwertes kann aber erreicht werden, dass einerseits ebenso wie im Stand der Technik weiterhin ein Nachführen und Adaptieren des Modells erfolgen kann, andererseits aber dennoch das Modell nur in einer Art und Weise adaptiert wird, dass keine konkaven Konturverläufe bewirkt werden. Es kann also verhindert werden, dass über die Adaption das Modell sofort oder nach und nach derart modifiziert wird, dass trotz der Ermittlung der Sollwerte aufgrund der Annäherung des erwarteten Konturverlaufs an den idealen Konturverlauf ausschließlich oder zumindest vorrangig im anfänglichen mittleren Bereich dennoch ein flaches Walzgut mit einem konkaven Konturverlauf produziert wird.

[0030] Für die konkrete Ermittlung des modellierten Profilwertes kann die Steuereinrichtung beispielsweise die ermittelte Konturfunktion in dem vorbestimmten Abstand von den Rändern des flachen Walzguts auswerten. Der so ermittelte Wert kann sich von dem Profilwert unterscheiden, wie er sich durch den tatsächlichen Konturverlauf als solchen ergibt. Alternativ kann die Steuereinrichtung beispielsweise für den tatsächlichen Konturverlauf einen tatsächlichen Profilwert in einem Abstand von den Rändern des flachen Walzguts verwerten, der größer als der vorbestimmte Abstand ist. Beispielsweise kann die Steuereinrichtung einen C100-Wert ermitteln und im Rahmen der Modelladaption als C40-Wert verwerten.

[0031] Die zuletzt erläuterte Vorgehensweise betrifft die Verwertung der Messgrößen im Rahmen einer Adaption des Modells von flachem Walzgut zu flachem Walzgut. Es ist aber auch möglich, die Messwerte direkt in eine Regelschleife einzubinden. Diese Vorgehensweise kann insbesondere beim Walzen eines als Band ausgebildeten flachen Walzguts sinnvoll sein. Die Einbindung in eine Regelschleife kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass die Steuereinrichtung

- während des Walzens des flachen Walzguts in der Walzstraße für einen tatsächlichen Konturverlauf des flachen Walzguts charakteristische Messgrößen entgegennimmt,
- eine sich zumindest über einen finalen mittleren Bereich erstreckende Konturfunktion derart ermittelt, dass die Konturfunktion dem tatsächlichen Konturverlauf in dem finalen mittleren Bereich so weit wie möglich angenähert ist, und
- anhand der Abweichung der Konturfunktion von dem idealen Konturverlauf die Sollwerte für die Stellgrößen nachführt.

[0032] Dadurch wird innerhalb ein und desselben flachen Walzguts der tatsächliche Konturverlauf optimiert.

[0033] Unabhängig davon, ob die Verwertung der Messgrößen im Rahmen einer Adaption des Modells von Walzgut zu Walzgut oder im Rahmen der Einbindung in eine Regelschleife erfolgt, kann die Steuereinrichtung prüfen, ob die Konturfunktion in dem finalen mittleren Bereich konvex ist oder nicht. Im Falle einer konvexen Konturfunktion kann die Steuereinrichtung den finalen mittleren Bereich vergrößern und umgekehrt im Falle einer nicht konvexen Konturfunktion den finalen mittleren Bereich verkleinern. Durch diese Vorgehensweise kann der finale mittlere Bereich maximiert werden. Zur Erreichung einer Stabilität bei dieser Vorgehensweise kann beispielsweise eine Hysterese vorgesehen sein und/oder eine Vorgehensweise implementiert werden, die ähnlich zu der Vorgehensweise ist, die obenstehend in Verbindung mit der Bestimmung des anfänglichen mittleren Bereichs anhand des erwarteten Konturverlaufs erläutert wurde.

[0034] Vorzugsweise steuert die Steuereinrichtung eine Kühleinrichtung, mittels derer die Arbeitswalzen mindestens eines der Walzgerüste als Funktion des Ortes über die Walzgutbreite gesehen gekühlt werden, derart an, dass der für das flache Walzgut nach dem Walzen des flachen Walzguts in der Walzstraße erwartete Konturverlauf von den anfänglichen Bereichsgrenzen zu den Rändern des flachen Walzguts hin so weit wie möglich an den idealen Konturverlauf angenähert wird. Dadurch kann die Breite des flachen Walzguts, innerhalb derer das flache Walzgut innerhalb der zulässigen Toleranzen produziert werden kann, maximiert werden. Diese Ermittlung erfolgt aber nur nachrangig.

[0035] Die Aufgabe wird weiterhin durch ein Computerprogramm mit den Merkmalen des Anspruchs 13 gelöst. Erfindungsgemäß bewirkt die Abarbeitung des Computerprogramms, dass die Steuereinrichtung die Walzstraße gemäß einem erfindungsgemäßen Betriebsverfahren betreibt.

[0036] Die Aufgabe wird weiterhin durch eine Steuereinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 14 gelöst. Erfindungsgemäß ist eine Steuereinrichtung der eingangs genannten Art mit einem erfindungsgemäßen Computerprogramm

programmiert, so dass die Steuereinrichtung die Walzstraße gemäß einem erfindungsgemäßen Betriebsverfahren betreibt.

[0037] Die Aufgabe wird weiterhin durch eine Walzstraße mit den Merkmalen des Anspruchs 15 gelöst. Erfindungsgemäß ist bei einer Walzstraße der eingangs genannten Art die Steuereinrichtung als erfindungsgemäße Steuereinrichtung ausgebildet.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0038] 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 Walzstraße mit mehreren Walzgerüsten,
FIG 2 ein flaches Walzgut im Querschnitt,
FIG 3 ein Ablaufdiagramm,
FIG 4 einen idealen Konturverlauf,
FIG 5 Arbeitswalzen eines Walzgerüsts und Stellglieder,
FIG 6 verschiedene Konturverläufe,
FIG 7 ein Ablaufdiagramm,
FIG 8 ein Ablaufdiagramm,
FIG 9 ein Ablaufdiagramm,
FIG 10 verschiedene Konturverläufe,
FIG 11 ein Ablaufdiagramm,
FIG 12 ein Ablaufdiagramm,
FIG 13 ein Ablaufdiagramm und
FIG 14 ein Ablaufdiagramm.

Beschreibung der Ausführungsformen

[0039] Gemäß FIG 1 weist eine Walzstraße eine Anzahl von Walzgerüsten 1 auf. Dargestellt sind in FIG 1 insgesamt vier Walzgerüste 1. Die Walzstraße könnte aber auch weniger als vier Walzgerüste 1 aufweisen, beispielsweise nur zwei oder drei Walzgerüste 1. Minimal ist ein einziges Walzgerüst 1 vorhanden. Ebenso könnte die Walzstraße aber auch mehr als vier Walzgerüste 1 aufweisen, beispielsweise fünf, sechs oder sieben Walzgerüste 1.

[0040] In der Walzstraße wird mittels der Walzgerüste 1 ein flaches Walzgut 2 gewalzt. Das Walzgut 2 besteht aus Metall, meistens aus Stahl, in manchen Fällen auch aus Aluminium, in seltenen Fällen aus einem anderen Metall, beispielsweise Kupfer. Das Walzgut 2 ist in der Regel ein Band. Im Einzelfall kann es sich aber auch um ein Grobblech handeln.

[0041] Flache Walzgüter - das gilt auch für das flache Walzgut 2 - werden in der Regel durch eine Mehrzahl an geometrischen Größen charakterisiert. Diese Größen werden, soweit sie im Rahmen der vorliegenden Erfindung relevant sind, nachfolgend in Verbindung mit FIG 2 näher erläutert.

[0042] Eine wesentliche geometrische Größe ist die Breite b des flachen Walzguts 2. Die Breite b liegt in der Regel bei mindestens 600 mm, kann aber auch erheblich größere Werte aufweisen. In manchen Fällen sind Werte bis 2000 mm und sogar darüber hinaus möglich. Bezüglich einer Koordinate x, die in Breitenrichtung des flachen Walzguts 2 gerichtet ist, erstreckt sich das flache Walzgut 2 also von -b/2 bis +b/2. Genau genommen variiert die Breite b von Walzstich zu Walzstich. Meist nimmt die Breite b von Walzstich zu Walzstich zu. Die Änderung der Breite b ist jedoch sehr gering und kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung vernachlässigt werden. Eine weitere wesentliche geometrische Größe ist die Mittendicke d0, das heißt die Dicke d, die das flache Walzgut 2 bei der Koordinate x = 0 aufweist.

[0043] In vielen Fällen wird das flache Walzgut 2 weiterhin auch durch zusätzliche geometrische Größen charakterisiert. Bei diesen Größen kann es sich um einen Dickenverlauf handeln, also die Dicke d als Funktion des Ortes x in Breitenrichtung. Alternativ kann es sich um aus dem Dickenverlauf abgeleitete Größen handeln, insbesondere die Kontur c oder einen gewünschten Profilwert C. Die Kontur c ist in aller Regel definiert als die Differenz der Dicke d als Funktion des Ortes x in Breitenrichtung und der Mittendicke d0:

$$c(x) = d0 - d(x).$$

[0044] Der gewünschte Profilwert C ergibt sich aus der Kontur c. Im Gegensatz zur Kontur c, die eine Funktion über

die Breite b des flachen Walzguts 2 ist, ist der gewünschte Profilwert C ein skalarer Wert. Er ergibt sich aus dem Mittelwert der Kontur c in einem vorbestimmten Abstand a von den Rändern des flachen Walzguts 2:

$$C = [c(-b/2+a)+c(b/2-a)]/2.$$

[0045] Der Abstand a weist einen im Vergleich zur Breite b kleinen Wert auf. Typisch ist ein Abstand a von beispielsweise 25 mm, 40 mm, 50 mm, 75 mm oder 100 mm. Entsprechend wird der gewünschte Profilwert C meist durch den Abstand a ergänzt, so dass man von einem C25-Wert, einem C40-Wert, einem C50-Wert, einem C75-Wert oder einem C100-Wert spricht.

[0046] Die Walzstraße wird gemäß FIG 1 von einer Steuereinrichtung 3 gesteuert. Die Steuereinrichtung 3 ist in der Regel als softwareprogrammierbare Steuereinrichtung ausgebildet. In diesem Fall ist die Steuereinrichtung 3 mit einem Computerprogramm 4 programmiert. Das Computerprogramm 4 umfasst Maschinencode 5, der von der Steuereinrichtung 3 abarbeitbar ist. Die Abarbeitung des Maschinencodes 5 durch die Steuereinrichtung 3 bewirkt, dass die Steuereinrichtung 3 die Walzstraße gemäß einem Betriebsverfahren betreibt, das nachstehend - zunächst in Verbindung mit FIG 3 - näher erläutert wird.

[0047] Gemäß FIG 3 nimmt die Steuereinrichtung 3 in einem Schritt S1 zunächst Istgrößen I des flachen Walzguts 2 entgegen. Die Istgrößen I beschreiben tatsächliche Eigenschaften des flachen Walzguts 2, die das flache Walzgut 2 vor dem Walzen in der Walzstraße aufweist. Die Istgrößen I können beispielsweise die Breite b, die Mittendicke d0, die Temperatur, die chemische Zusammensetzung und andere Istgrößen des flachen Walzguts 2 sein. Die Istgrößen I können gemessene Werte sein. Alternativ kann es sich um rechnerisch ermittelte Werte handeln, die aufgrund von Bearbeitungsschritten ermittelt werden, denen das flache Walzgut 2 vor dem Walzen in der Walzstraße unterzogen wird. Auch Mischformen sind möglich, dass also ein Teil der Istgrößen I gemessen wird und ein anderer Teil der Istgrößen I rechnerisch ermittelt wird.

[0048] Weiterhin nimmt die Steuereinrichtung 3 in einem Schritt S2 Zielgrößen Z des flachen Walzguts 2 entgegen. Die Zielgrößen Z beschreiben Eigenschaften des flachen Walzguts 2, die das flache Walzgut 2 nach dem Walzen in der Walzstraße aufweisen soll.

[0049] Soweit es die vorliegende Erfindung betrifft, umfassen die Zielgrößen Z direkt oder indirekt zumindest den gewünschten Profilwert C. Der gewünschte Profilwert C ist auf den Abstand a referenziert. Es wird also beispielsweise als gewünschter Profilwert C ein C25-Wert oder ein C40-Wert vorgegeben. In der Regel umfassen die Zielgrößen Z weitere Größen, beispielsweise die Mittendicke d0 und die Temperatur. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung kommt es jedoch nur auf den gewünschten Profilwert C (einschließlich des zugehörigen Abstands a) an.

[0050] Es ist möglich, dass als Zielgröße Z der gewünschte Profilwert C als solcher direkt vorgegeben wird. Alternativ ist es möglich, dass der gewünschte Profilwert C indirekt vorgegeben wird. Beispielsweise kann als Zielgröße Z die Kontur c vorgegeben werden, so dass der gewünschte Profilwert C sich durch den Wert der Kontur c in dem vorbestimmten Abstand a von den Rändern des flachen Walzguts 2 ergibt. Auch ist es möglich, dass die Dicke d über die Walzgutbreite b vorgegeben wird, so dass die Steuereinrichtung 3 aus dem Verlauf der Dicke d die Kontur c ermittelt und aus der Kontur c den gewünschten Profilwert C ermittelt.

[0051] In einem Schritt S3 ermittelt die Steuereinrichtung 3 einen idealen Konturverlauf ci des flachen Walzguts 2. Der ideale Konturverlauf ci ist eine Funktion des Ortes x. Die Steuereinrichtung 3 ermittelt den idealen Konturverlauf ci also über die Breite b des flachen Walzguts 2. Die Ermittlung erfolgt anhand der Zielgrößen Z, und zwar derart, dass eine auf die Abweichung des Konturverlaufs ci von den Zielgrößen Z bezogene Norm minimiert wird. Im Rahmen des Schrittes S3 werden selbstverständlich nur die relevanten Zielgrößen Z berücksichtigt. Wenn - rein beispielhaft - die Zielgrößen die Temperatur, die Mittendicke d0 und den gewünschten Profilwert C umfassen, muss für die Ermittlung des idealen Konturverlaufs ci nur der gewünschte Profilwert C berücksichtigt werden. Die Vorgehensweise des Schrittes S3 ist Fachleuten allgemein bekannt und geläufig.

[0052] Beispielsweise kann die Steuereinrichtung 3 den idealen Konturverlauf ci dadurch ermitteln, dass sie die Koeffizienten eines Polynoms, das den idealen Konturverlauf ci beschreibt, bestimmt. Die Bestimmung erfolgt in diesem Fall derart, dass der ideale Konturverlauf ci - wie er durch die Koeffizienten definiert ist - so gut wie möglich mit den Zielgrößen Z übereinstimmt.

[0053] Sofern es nur auf den gewünschten Profilwert C ankommt, ist das Polynom in der Regel ein Monom. Es wird also durch einen einzigen Koeffizienten für eine einzige Potenz vollständig beschrieben. In diesem Fall wird der ideale Konturverlauf ci durch eine Parabel 2., 4., 6. usw. Grades beschrieben, wobei der Grad der Steuereinrichtung 3 vorgegeben ist und von der Steuereinrichtung 3 nur der Koeffizient bestimmt wird. Sofern es zusätzlich zu dem gewünschten Profilwert C auch auf weitere Werte ankommt, beispielsweise auf Werte, die ähnlich dem gewünschten Profilwert C definiert sind, aber auf größere Abstände als der Abstand a für den gewünschten Profilwert C bezogen sind, kann das Polynom alternativ ein Monom oder ein "echtes" Polynom sein, also ein Polynom, bei dem mehr als nur ein einziger Koeffizient von 0 verschieden sein kann. Auch in diesem Fall sind die möglichen Grade der Steuereinrichtung 3 jedoch

vorgegeben. Nur die Koeffizienten werden von der Steuereinrichtung 3 bestimmt.

[0054] FIG 4 zeigt - rein beispielhaft - den Fall, dass als relevante Zielgröße Z ausschließlich der gewünschte Profilwert C in einem Abstand a von 40 mm von den Rändern des flachen Walzguts 2 verwertet wird und weiterhin der ideale Konturverlauf ci eine Parabel 4. Grades ist.

[0055] In einem Schritt S4 ermittelt die Steuereinrichtung 3 anhand der Istgrößen I des flachen Walzguts 2 und des idealen Konturverlaufs ci Sollwerte COM für Stellgrößen für die Walzgerüste 1. Die Ermittlung erfolgt unter Verwendung eines Modells 6 der Walzstraße (siehe FIG 1).

[0056] Das Modell der Walzstraße basiert auf mathematisch-physikalischen Gleichungen. Geeignete Modelle sind Fachleuten allgemein bekannt. Sie werden insbesondere für die Voreinstellung der Walzstraße (setup Berechnung) verwendet. Rein beispielhaft kann für ein derartiges Modell auf die DE 102 11 623 A1 verwiesen werden.

[0057] Im Rahmen der Modellierung ist es möglich, die Vorgehensweise von FIG 3 für jeden einzelnen Walzstich auszuführen. Es können aber auch mehrere Walzstiche gleichzeitig betrachtet werden. Dies ist Fachleuten allgemein bekannt.

[0058] Die Stellgrößen wirken auf entsprechende Stellglieder 7 bis 9 der Walzgerüste 1. Die Stellglieder 7 bis 9 können beispielsweise entsprechend der Darstellung in FIG 5 eine Biegeeinrichtung 7 umfassen, mittels derer bei einem bestimmten der Walzgerüste 1 die Walzenbiegung von dessen Arbeitswalzen 10 eingestellt werden kann. Alternativ oder zusätzlich können die Stellglieder 7 bis 9 beispielsweise eine Schiebeeinrichtung 8 umfassen, mittels derer bei demselben oder einem anderen der Walzgerüste 1 eine gegenläufige Verschiebung der Arbeitswalzen 10 (und/oder von gegebenenfalls vorhandenen Zwischenwalzen) eingestellt werden kann. Alternativ oder zusätzlich können die Stellglieder 7 bis 9 beispielsweise eine Kühleinrichtung 9 umfassen, mittels derer die Arbeitswalzen 10 eines der Walzgerüste 1 als Funktion des Ortes x gesehen gekühlt werden kann. Die Kühlung kann also in Breitenrichtung x gesehen ortsaufgelöst eingestellt werden. Die Stellglieder 7 bis 9 können somit Stellglieder 7, 8 umfassen, bei denen die zugehörige Stellgröße die Kontur c des flachen Walzguts 2 global über die gesamte Breite b des flachen Walzguts 2 beeinflusst. Ebenso können die Stellglieder 7 bis 9 aber auch Stellglieder 9 umfassen, bei denen einzelne Stellgrößen die Kontur c des flachen Walzguts 2 nur lokal beeinflussen.

[0059] Die ermittelten Sollwerte COM übermittelt die Steuereinrichtung 3 in einem Schritt S5 an die Walzgerüste 1 der Walzstraße (genauer: an die Echtzeitregelungen der Walzgerüste 1, also an das sogenannte L1-System). Dadurch wird bewirkt, dass das flache Walzgut 2 in der Walzstraße unter Berücksichtigung der übermittelten Sollwerte COM gewalzt wird.

[0060] Die Art und Weise, auf welche die übermittelten Sollwerte COM in den Walzvorgang eingehen, kann von Sollwert COM zu Sollwert COM verschieden sein. Es ist möglich, dass ein bestimmter Sollwert COM direkt und unmittelbar als entsprechender Sollwert der jeweiligen Echtzeitregelung verwendet wird. Alternativ ist es möglich, dass ein bestimmter Sollwert COM lediglich ein Basissollwert ist, der während des Walzvorgangs durch einen Zusatzsollwert oder mehrere Zusatzsollwerte dynamisch modifiziert wird, beispielsweise um eine dynamische Auffederung des entsprechenden Walzgerüsts 1 oder Zugschwankungen im flachen Walzgut 2 zu kompensieren. Auch im Falle einer dynamischen Modifizierung wird aber stets der jeweilige Sollwert COM als solcher mit berücksichtigt.

[0061] Mit jeder Festlegung der Sollwerte COM korrespondiert ein jeweiliger tatsächlicher Konturverlauf ct, denen das flache Walzgut 2 nach dem Walzen in der Walzstraße aufweist. Zur Ermittlung der Sollwerte COM wird mittels des Modells 6 für einen jeweiligen Satz von Sollwerten COM der jeweilige Konturverlauf ce ermittelt, der für diese Sollwerte COM erwartet wird.

[0062] Im Stand der Technik erfolgt die Ermittlung der Sollwerte COM derart, dass der erwartete Konturverlauf ce dem idealen Konturverlauf ci über die gesamte Bandbreite b (oder zumindest im Bereich von -b/2+a bis b/2-a) so weit wie möglich angenähert wird. Die Sollwerte COM werden also - selbstverständlich unter Berücksichtigung eines Abbruchkriteriums - variiert, bis Sollwerte COM ermittelt werden, mittels derer der erwartete Konturverlauf ce dem idealen Konturverlauf ci über die gesamte Bandbreite b (oder zumindest im Bereich von -b/2+a bis b/2-a) so weit wie möglich angenähert ist. Beispielsweise kann der sogenannte rms (root mean square) der Differenz zwischen dem erwarteten Konturverlauf ce und dem idealen Konturverlauf ci minimiert werden. FIG 6 zeigt zusätzlich zu dem idealen Konturverlauf ci in gestrichelten Linien und mit einem in Klammern gesetzten Bezugszeichen "ce" einen entsprechenden erwarteten Konturverlauf bei einer Ermittlung der Sollwerte COM gemäß der Vorgehensweise des Standes der Technik.

[0063] Bei der vorliegenden Erfindung hingegen erfolgt zwar eine ähnliche Vorgehensweise. Die Ermittlung der Sollwerte COM erfolgt also - ebenso wie im Stand der Technik - derart, dass der erwartete Konturverlauf ce dem idealen Konturverlauf ci so weit wie möglich angenähert wird. Im Gegensatz zum Stand der Technik wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung jedoch für die Optimierung der Sollwerte COM - beispielsweise die Minimierung des rms der Abweichung des erwarteten Konturverlaufs ce von dem idealen Konturverlauf ci - über die Bandbreite b gesehen ausschließlich ein anfänglicher mittlerer Bereich 11 des flachen Walzguts 2 betrachtet. Es wird also ausschließlich ein Bereich betrachtet, der sich zu den Rändern des flachen Walzguts 2 hin nur bis zu anfänglichen Bereichsgrenzen 12 erstreckt. Der Abstand a1 der anfänglichen Bereichsgrenzen 12 von den Rändern des flachen Walzguts 2 ist gemäß FIG 6 größer als der Abstand a, auf den der gewünschte Profilwert C bezogen ist. Wenn der Abstand a 40 mm beträgt,

kann der Abstand a1 beispielsweise 100 mm betragen. Es ist aber selbstverständlich auch ein anderer Wert möglich.

[0064] Der Teil des flachen Walzguts 2 von den anfänglichen Bereichsgrenzen 12 zu den Rändern hin wird im Rahmen der Optimierung der Sollwerte COM gemäß dem Schritt S4 nicht berücksichtigt. Die Sollwerte COM werden also nur mit dem Ziel variiert, dass der erwartete Konturverlauf ce dem idealen Konturverlauf ci im anfänglichen mittleren Bereich 11 so weit wie möglich angenähert wird. FIG 6 zeigt den erwarteten Konturverlauf ce, wie er sich gemäß der Vorgehensweise der vorliegenden Erfindung ergibt.

[0065] Es ist zwar möglich, dass sich durch die erfindungsgemäße Vorgehensweise auch von den anfänglichen Bereichsgrenzen 12 zu den Rändern hin eine möglichst gute Annäherung des erwarteten Konturverlaufs ce an den idealen Konturverlauf ci ergibt. Ein derartiges Ergebnis - sofern es sich einstellt - ist jedoch ein sich rein zufällig ergebender Nebeneffekt, der im Rahmen der Ermittlung der Sollwerte COM nicht berücksichtigt wird.

[0066] Für die Festlegung der anfänglichen Bereichsgrenzen 12 sind verschiedene Vorgehensweisen möglich.

[0067] Im einfachsten Fall kann die Steuereinrichtung 3 die anfänglichen Bereichsgrenzen 12 oder den Abstand a1 der anfänglichen Bereichsgrenzen 12 von den Rändern des flachen Walzguts 2 entgegennehmen. Beispielsweise kann entsprechend der Darstellung in FIG 1 eine Vorgabe durch eine Bedienperson 13 erfolgen. Alternativ ist es möglich, dass die Steuereinrichtung 3 die anfänglichen Bereichsgrenzen 12 oder den Abstand a1 der anfänglichen Bereichsgrenzen 12 von den Rändern des flachen Walzguts 2 eigenständig ermittelt. Möglichkeiten hierfür werden nachstehend in Verbindung mit den FIG 7 und 8 erläutert.

[0068] In der Ausgestaltung gemäß FIG 7 ist zusätzlich zu den Schritten S1 bis S5 ein Schritt S11 vorhanden. Im Schritt S11 ermittelt die Steuereinrichtung 3 den Abstand a1 unter Verwertung der Istgrößen I des flachen Walzguts 2 und/oder unter Verwertung des vorbestimmten Abstands a. Beispielsweise kann die Steuereinrichtung 3 im Schritt S11 einerseits das k-fache des Abstands a ermitteln, wobei k ein Wert größer als 1 ist, und andererseits einen vorbestimmten Prozentsatz der Breite b ermitteln, wobei der Prozentsatz deutlich kleiner als 50 % ist, in der Regel kleiner als 20 %, meist sogar kleiner als 10 %. Als Abstand a1 kann in diesem Fall als der größere der beiden ermittelten Werte verwertet werden. Der Prozentsatz kann der Steuereinrichtung 3 fest vorgegeben sein oder beispielsweise von der Bedienperson 13 festgelegt werden.

[0069] In der Ausgestaltung gemäß FIG 8 sind zusätzlich zu den Schritten S1 bis S5 Schritte S21 bis S24 vorhanden.

[0070] Im Schritt S21 prüft die Steuereinrichtung 3, ob ein Abbruchkriterium erfüllt ist. Möglichkeiten zur Festlegung eines sinnvollen Abbruchkriteriums sind Fachleuten allgemein bekannt. Ist das Abbruchkriterium erfüllt, werden die im Schritt S4 ermittelten Sollwerte COM übernommen und im Schritt S5 an die Walzstraße übermittelt.

[0071] Ist das Abbruchkriterium nicht erfüllt, prüft die Steuereinrichtung 3 im Schritt S22, ob die erwartete Kontur (also der erwartete Konturverlauf ce) konvex ist. Ist dies der Fall, vergrößert die Steuereinrichtung 3 im Schritt S23 den anfänglichen mittleren Bereich 11. Sie verkleinert also den Abstand a1. Ist umgekehrt die erwartete Kontur nicht konvex, so verkleinert die Steuereinrichtung 3 im Schritt S24 den anfänglichen mittleren Bereich 11. Sie vergrößert also den Abstand a1. Sodann geht die Steuereinrichtung 3 zum Schritt S4 zurück.

[0072] Die Ausgestaltung von FIG 8 führt somit dazu, dass in einer iterativen Vorgehensweise der Abstand a1 so klein wie technisch sinnvoll bestimmt wird.

[0073] Aus der Natur der Schritte S1 bis S5 und gegebenenfalls auch der Schritte S11 sowie S21 bis S24 ist ersichtlich, dass sie von der Steuereinrichtung 3 vor dem Walzen des flachen Walzguts 2 in der Walzstraße ausgeführt werden. Dies gilt auch für die weitere Ausgestaltung, die nachstehend in Verbindung mit FIG 9 erläutert wird. Die zusätzlichen Schritte von FIG 9 8 werden jedoch nach dem Walzen des flachen Walzguts 2 in der Walzstraße ausgeführt.

[0074] Gemäß FIG 9 nimmt die Steuereinrichtung 3 nach dem Walzen des flachen Walzguts 2 in der Walzstraße in einem Schritt S31 Messgrößen M entgegen. Die Messgrößen M sind für einen tatsächlichen Konturverlauf ct des flachen Walzguts 2 charakteristisch, der durch das Walzen des flachen Walzguts 2 in der Walzstraße erreicht wurde. Beispielsweise kann mittels einer Röntgenmessung die Dicke d als Funktion über die Breite b des flachen Walzguts 2 erfasst und der Steuereinrichtung 3 zugeführt werden. Der tatsächliche Konturverlauf ct ist in FIG 10 dargestellt.

[0075] In einem Schritt S32 ermittelt die Steuereinrichtung 3 eine zugehörige Konturfunktion cf'. FIG 10 zeigt eine mögliche Konturfunktion cf'.

[0076] Der Begriff "Konturfunktion" ist umfassend zu verstehen. Er umfasst insbesondere auch den Fall, dass die Konturfunktion cf' 1:1 mit dem tatsächlichen Konturverlauf ct übereinstimmt. Er umfasst aber auch den Fall, dass nur eine Annäherung an den tatsächlichen Konturverlauf ct vorgenommen wird. Beispielsweise kann die Steuereinrichtung 3 zur Ermittlung der Konturfunktion cf' Koeffizienten eines Polynoms ermitteln, das die Konturfunktion cf' definiert.

[0077] Der Schritt S32 ist vom Ansatz her aus Stand der Technik bekannt. Beim Stand der Technik wird jedoch eine Konturfunktion cf" derart ermittelt, dass die Konturfunktion cf" über die gesamte Breite b des flachen Walzguts 2 (oder zumindest im Bereich von -b/2+a bis b/2-a) so weit wie möglich an den tatsächlichen Konturverlauf ct angenähert wird. Im Gegensatz zum Stand der Technik wird bei der vorliegenden Erfindung zur Ermittlung der Konturfunktion cf' nur ein finaler mittlerer Bereich 11' betrachtet. Es ist möglich, dass bereits die Konturfunktion cf' nur im finalen mittleren Bereich 11' ermittelt wird. Ebenso ist es möglich, dass zwar eine Ermittlung der Konturfunktion cf' über die gesamte Breite b des flachen Walzguts 2 (oder zumindest im Bereich von -b/2+a bis b/2-a) erfolgt, für die Annäherung an den tatsächlichen

Konturverlauf ct, also beispielsweise die Bestimmung der Koeffizienten, aber nur der finale mittlere Bereich 11' betrachtet wird.

[0078] In einem Schritt S33 ermittelt die Steuereinrichtung 3 schließlich anhand der Konturfunktion cf' rechnerisch einen Profilwert C' des flachen Walzguts 2. Dieser Profilwert C' wird nachstehend als modellierter Profilwert C' bezeichnet. Der modellierte Profilwert C' ist entsprechend der Darstellung in FIG 10 nicht der tatsächliche Profilwert C", der sich durch den tatsächlichen Konturverlauf ct ergibt bzw. der sich durch Ermittlung einer Konturfunktion cf" ergibt, sofern diese (wie im Stand der Technik) über die gesamte Breite b des flachen Walzguts 2 (oder zumindest im Bereich von -b/2+a bis b/2-a) an den tatsächlichen Konturverlauf ct angenähert ist. Vielmehr ist die Konturfunktion cf' aufgrund der Anpassung an den tatsächlichen Konturverlauf ct nur im finalen mittleren Bereich 11' anders, meist flacher, als die Konturfunktion cf". Durch Auswertung der erfindungsgemäß ermittelten Konturfunktion cf' in dem Abstand a ergibt sich somit als modellierter Profilwert C' ein Wert, der kleiner als der tatsächliche Profilwert C" im Abstand a von den Rändern des flachen Walzguts 2 ist. Alternativ zu einer Auswertung der erfindungsgemäß ermittelten Konturfunktion cf' in dem Abstand a kann auch eine Auswertung in einem größeren Abstand a1' als dem Abstand a vorgenommen werden. Beispielsweise kann die Konturfunktion cf' in dem Abstand a1' ausgewertet werden und dieser Wert als modellierter Profilwert C' verwertet werden.

[0079] In einem Schritt S34 verwertet die Steuereinrichtung 3 den modellierten Profilwert C' im Rahmen einer Modelladaption, mittels derer die Steuereinrichtung 3 das Modell 6 der Walzstraße anpasst, als Profilwert. Die Steuereinrichtung 3 tut also so, als ob sich in dem vorbestimmten Abstand a als tatsächlicher Profilwert der Wert C' ergeben hätte, nicht aber der Wert C". Das entsprechend angepasste Modell 6 wird bei einer erneuten Ausführung der Vorgehensweise von FIG 3 (bzw. FIG 9) im Rahmen der Ermittlung der Sollwerte COM für das nächste flache Walzgut 2 bzw. das nächste gleichartige flache Walzgut 2 verwertet.

[0080] Der finale mittlere Bereich 11' kann mit anfänglichen dem mittleren Bereich 11 übereinstimmen, der im Rahmen der Ermittlung der Sollwerte COM verwendet wurde. Ebenso kann auch der Abstand a1' mit dem Abstand a1 übereinstimmen. Dies stellt den einfachsten Fall dar. Es ist aber ebenso möglich, die Vorgehensweise von FIG 9 entsprechend der Darstellung in FIG 11 zu modifizieren.

[0081] In der Ausgestaltung gemäß FIG 11 prüft die Steuereinrichtung 3 in einem Schritt S41, ob ein Abbruchkriterium erfüllt ist. Möglichkeiten zur Festlegung eines sinnvollen Abbruchkriteriums sind Fachleuten allgemein bekannt. Ist das Abbruchkriterium erfüllt, geht die Steuereinrichtung 3 zum Schritt S33 von dort aus zum Schritt S34 über.

[0082] Ist das Abbruchkriterium nicht erfüllt, prüft die Steuereinrichtung 3 in einem Schritt S42, ob die ermittelte Konturfunktion cf' in dem finalen mittleren Bereich 11' konvex ist.

[0083] Ist dies der Fall, vergrößert die Steuereinrichtung 3 in einem Schritt S43 den finalen mittleren Bereich 11'. Sie verkleinert also den Abstand a1'. Ist umgekehrt die ermittelte Konturfunktion cf' in dem finalen mittleren Bereich 11' nicht konvex, so verkleinert die Steuereinrichtung 3 in einem Schritt S44 den finalen mittleren Bereich 11'. Sie vergrößert also den Abstand a1'. Sodann geht die Steuereinrichtung 3 zum Schritt S32 zurück.

[0084] Die Ausgestaltung von FIG 11 führt somit dazu, dass in einer iterativen Vorgehensweise der Abstand a1' so klein wie technisch sinnvoll bestimmt wird.

[0085] Alternativ oder zusätzlich zu den Ausgestaltungen der FIG 9 bis 11 ist es möglich, die Vorgehensweise der FIG 3 (beziehungsweise gegebenenfalls auch von FIG 7 oder FIG 8) entsprechend FIG 12 auszugestalten. Auch im Rahmen von FIG 12 werden die Schritte S1 bis S5 und gegebenenfalls auch die Schritte S11 sowie S21 bis S24 von der Steuereinrichtung 3 vor dem Walzen des flachen Walzguts 2 in der Walzstraße ausgeführt. Die zusätzlichen Schritte von FIG 11 werden jedoch während des Walzens des flachen Walzguts 2 in der Walzstraße ausgeführt.

[0086] Gemäß FIG 12 nimmt die Steuereinrichtung 3 in einem Schritt S51 die Messgrößen M entgegen. Der Schritt S51 korrespondiert inhaltlich mit dem Schritt S31 der FIG 9 und 11. Der Unterschied besteht im wesentlichen im Zeitpunkt, zu dem der Schritt S51 ausgeführt wird, nämlich bereits während des Walzens des flachen Walzguts 2 in der Walzstraße. Die Messgrößen M sind auf einen Abschnitt des flachen Walzguts 2 bezogen, der bereits gewalzt wurde, während momentan ein anderer Abschnitt des flachen Walzguts 2 gewalzt wird.

[0087] In einem Schritt S52 ermittelt die Steuereinrichtung 3 eine zugehörige Konturfunktion cf'. Der Schritt S52 ist inhaltlich gleichartig zum Schritt S32 der FIG 9 und 11. In einem Schritt S53 führt die Steuereinrichtung 3 anhand der Abweichung der Konturfunktion cf' von dem idealen Konturverlauf ci die Sollwerte COM für die Stellgrößen nach. Sodann geht die Steuereinrichtung 3 zum Schritt S5 zurück.

[0088] Die aus den Schritten S5 sowie S51 bis S53 bestehende Schleife wird iterativ immer wieder ausgeführt, bis das Walzen des flachen Walzguts 2 abgeschlossen ist.

[0089] Analog zur Vorgehensweise gemäß den FIG 9 kann der finale mittlere Bereich 11' mit dem anfänglichen mittleren Bereich 11 übereinstimmen, der im Rahmen der Ermittlung der Sollwerte COM verwendet wurde. Ebenso kann auch der Abstand a1' mit dem Abstand a1 übereinstimmen. Dies stellt den einfachsten Fall dar. Es ist aber ebenso möglich, die Vorgehensweise von FIG 12 entsprechend der Darstellung in FIG 13 zu modifizieren.

[0090] FIG 13 modifiziert die Vorgehensweise von FIG 12 auf die gleiche Art und Weise, auf welche die Vorgehensweise von FIG 9 in FIG 11 modifiziert wurde.

[0091] In der Ausgestaltung gemäß FIG 13 prüft die Steuereinrichtung 3 in einem Schritt S61, ob ein Abbruchkriterium erfüllt ist. Möglichkeiten zur Festlegung eines sinnvollen Abbruchkriteriums sind Fachleuten allgemein bekannt. Ist das Abbruchkriterium erfüllt, geht die Steuereinrichtung 3 zum Schritt S5 über.

[0092] Ist das Abbruchkriterium nicht erfüllt, prüft die Steuereinrichtung 3 in einem Schritt S62, ob die ermittelte Konturfunktion cf' in dem finalen mittleren Bereich 11' konvex ist. Ist dies der Fall, vergrößert die Steuereinrichtung 3 in einem Schritt S63 den finalen mittleren Bereich 11'. Sie verkleinert also den Abstand a1'. Ist umgekehrt die ermittelte Konturfunktion cf' in dem finalen mittleren Bereich 11' nicht konvex, so verkleinert die Steuereinrichtung 3 in einem Schritt S64 den finalen mittleren Bereich 11'. Sie vergrößert also den Abstand a1'. Sodann geht die Steuereinrichtung 3 zum Schritt S52 zurück.

[0093] Die Ausgestaltung von FIG 13 führt somit dazu, dass in einer iterativen Vorgehensweise der Abstand a1' so klein wie technisch sinnvoll bestimmt wird.

[0094] Wie bereits erwähnt, können die Stellgrößen auf Stellglieder 7,8 wirken, welche die Kontur c des flachen Walzguts 2 über die gesamte Breite b des flachen Walzguts 2 beeinflussen. Es ist aber, wie bereits in Verbindung mit FIG 5 erläutert, ebenso möglich, dass eine Kühleinrichtung 9 vorhanden ist, mittels derer die Arbeitswalzen 10 mindestens eines der Walzgerüste 1 über die Walzgutbreite b gesehen ortsaufgelöst gekühlt werden können. In diesem Fall ist es möglich, die Vorgehensweise von FIG 3 (oder gegebenenfalls eine der darauf aufbauenden Ausgestaltungen der FIG 6 bis 13) so zu modifizieren, wie dies nachstehend in Verbindung mit FIG 14 erläutert wird.

[0095] Gemäß FIG 14 sind zusätzlich zu den Schritten S1 bis S5 Schritte S71 bis S73 vorhanden. In der Regel werden die Schritte S71 und S72 vor dem Schritt S5 ausgeführt. Der Schritt S73 wird in der Regel zusammen mit dem Schritt S5 ausgeführt.

[0096] Im Schritt S71 ermittelt die Steuereinrichtung 3 in den Randbereichen des flachen Walzguts 2 - also zwischen den anfänglichen Bereichsgrenzen 12 und den Rändern des flachen Walzguts 2 - die Abweichung des erwarteten Konturverlaufs ce vom idealen Konturverlauf ci. Aufbauend hierauf ermittelt die Steuereinrichtung 3 im Schritt S72 für diejenigen Elemente der Kühleinrichtung 9, welche auf die Randbereiche des flachen Walzguts 2 wirken, Ansteuerwerte. Die Ermittlung der Ansteuerwerte erfolgt derart, dass einerseits zwar der erwartete Konturverlauf ce in den Randbereichen des flachen Walzguts 2 so weit wie möglich an den idealen Konturverlauf ci angenähert wird, andererseits aber der erwartete Konturverlauf in dem anfänglichen mittleren Bereich 11 nicht geändert wird. Im Schritt S73 werden die Sollwerte COM und zusätzlich die ermittelten Ansteuerwerte an die Kühleinrichtung 9 ausgegeben und die Kühleinrichtung 9 somit entsprechend angesteuert. Im Ergebnis wird somit der erwartete Konturverlauf ce auch in den Bereichen von den Bereichsgrenzen 12 zu den Rändern des flachen Walzguts 2 hin so weit wie möglich an den idealen Konturverlauf ci angenähert.

[0097] Im Rahmen der Schritte S71 bis S73 werden insbesondere die Sollwerte COM für Stellglieder 7, 8, bei denen die zugehörige Stellgröße die Kontur c des flachen Walzguts 2 global über die gesamte Breite b des flachen Walzguts 2 beeinflusst, nicht geändert. Aber auch die Sollwerte COM für Stellglieder 9, bei denen einzelne Stellgrößen die Kontur c des flachen Walzguts 2 nur lokal beeinflussen, werden nur insoweit geändert, als dies ohne Änderung des erwarteten Konturverlaufs ce im anfänglichen mittleren Bereich 11 möglich ist.

[0098] In der Regel ist die Ansteuerung der entsprechenden Elemente der Kühleinrichtung 9 mit einer Maximierung des Kühlmittelflusses verbunden. In manchen Fällen kann jedoch auch eine Minimierung oder zumindest eine Reduzierung des Kühlmittelflusses erforderlich sein.

[0099] Die vorliegende Erfindung weist viele Vorteile auf. Insbesondere ist gegenüber den Vorgehensweisen des Standes der Technik eine Vergrößerung des anfänglichen mittleren Bereichs 11 möglich, über den ein sogenanntes Kastenprofil erzielt werden kann. Dennoch kann der Walzprozess zuverlässig stabil gehalten werden.

[0100] 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 Varianten können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzumfang der Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

[0101]

1	Walzgerüst
2	Walzgut
3	Steuereinrichtung
4	Computerprogramm
5	Maschinencode
6	Modell
7	Biegeeinrichtung
8	Schiebeeinrichtung

9	Kühleinrichtung
10	Arbeitswalzen
11, 11’	mittlere Bereiche
12	Bereichsgrenzen
13	Bedienperson

a, a1, a1’	Abstände
b	Breite
C, C’, C"	Profilwerte
c	Kontur
ce, ci, ct	Konturverläufe
cf’, cf"	Konturfunktionen
COM	Sollwerte
d	Dicke
d0	Mittendicke
I	Istgrößen
M	Messgrößen
S1 bis S73	Schritte
x	Koordinate
Z	Zielgrößen

Patentansprüche

1. Betriebsverfahren für eine eine Anzahl von Walzgerüsten (1) umfassende Walzstraße zum Walzen eines flachen Walzguts (2), wobei eine Steuereinrichtung (3) der Walzstraße

- Istgrößen (I) des flachen Walzguts (2) vor dem Walzen des flachen Walzguts (2) in der Walzstraße und Zielgrößen (Z) des flachen Walzguts (2) nach dem Walzen des flachen Walzguts (2) in der Walzstraße entgegennimmt, wobei die Zielgrößen (Z) zumindest einen gewünschten Profilwert (C) des flachen Walzguts (2) umfassen, der die Abweichung der Dicke (d) des flachen Walzguts (2) in einem vorbestimmten Abstand (a) von den Rändern des flachen Walzguts (2) von einer Mittendicke (d0) charakterisiert, die das flache Walzgut (2) in der Mitte zwischen den Rändern aufweist,
- anhand der Zielgrößen (Z) einen idealen Konturverlauf (ci) des flachen Walzguts (2) über die Walzgutbreite (b) ermittelt,
- anhand der Istgrößen (I) des flachen Walzguts und des idealen Konturverlaufs (ci) unter Verwendung eines Modells (6) der Walzstraße Sollwerte (COM) für Stellgrößen für die Walzgerüste (1) der Walzstraße ermittelt und
- die ermittelten Sollwerte (COM) an die Walzgerüste (1) der Walzstraße übermittelt, so dass das flache Walzgut (2) in der Walzstraße unter Berücksichtigung der übermittelten Sollwerte (COM) gewalzt wird,

dadurch gekennzeichnet,
dass die Steuereinrichtung (3) die Sollwerte (COM) für die Stellgrößen mittels des Modells (6) derart ermittelt, dass ein für das flache Walzgut (2) nach dem Walzen des flachen Walzguts (2) in der Walzstraße erwarteter Konturverlauf (ce) ausschließlich oder zumindest vorrangig in einem über die Walzgutbreite (b) gesehen anfänglichen mittleren Bereich (11), der sich zu den Rändern des flachen Walzgutes (2) hin bis zu anfänglichen Bereichsgrenzen (12) erstreckt, die von den Rändern des flachen Walzguts (2) einen größeren als den vorbestimmten Abstand (a) aufweisen, dem idealen Konturverlauf (ci) so weit wie möglich angenähert wird.

2. Betriebsverfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Steuereinrichtung (3) die anfänglichen Bereichsgrenzen (12) oder den Abstand (a1) der anfänglichen Bereichsgrenzen (12) von den Rändern des flachen Walzguts (2) entgegennimmt.

3. Betriebsverfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Steuereinrichtung die anfänglichen Bereichsgrenzen (12) oder den Abstand (a1) der anfänglichen Bereichsgrenzen (12) von den Rändern des flachen Walzguts (2) unter Verwertung der Istgrößen (I) des flachen Walzguts (2) vor dem Walzen des flachen Walzguts (2) in der Walzstraße und/oder des vorbestimmten Abstands

(a) ermittelt.

4. Betriebsverfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Steuereinrichtung (3) prüft, ob die erwartete Kontur (ce) konvex ist oder nicht, dass die Steuereinrichtung (3) im Falle einer konvexen Kontur den anfänglichen mittleren Bereich (11) vergrößert oder die Abstände (a1) der anfänglichen Bereichsgrenzen (12) von den Rändern des flachen Walzguts (2) verkleinert und dass die Steuereinrichtung (3) im Falle einer nicht konvexen Kontur den anfänglichen mittleren Bereich (11) verkleinert oder die Abstände (a1) der anfänglichen Bereichsgrenzen (12) von den Rändern des flachen Walzguts (2) vergrößert.

5. Betriebsverfahren nach einem der obigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**
dass die Steuereinrichtung (3) den idealen Konturverlauf (ci) dadurch ermittelt, dass sie die Koeffizienten eines den idealen Konturverlauf (ci) beschreibenden Polynoms, insbesondere eines Monoms, derart bestimmt, dass der ideale Konturverlauf (ci) so gut wie möglich mit den Zielgrößen (Z) übereinstimmt.

6. Betriebsverfahren nach einem der obigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**
dass die Steuereinrichtung (3)

- nach dem Walzen des flachen Walzguts (2) in der Walzstraße für einen tatsächlichen Konturverlauf (ct) des flachen Walzguts (2) charakteristische Messgrößen (M) entgegennimmt,
- eine sich zumindest über einen finalen mittleren Bereich (11') erstreckende Konturfunktion (cf') derart ermittelt, dass die Konturfunktion (cf') dem tatsächlichen Konturverlauf (ct) in dem finalen mittleren Bereich (11') so weit wie möglich angenähert ist, und
- anhand der Konturfunktion (cf') rechnerisch einen modellierten Profilwert (C') des flachen Walzguts (2) ermittelt und den modellierten Profilwert (C') im Rahmen einer Modelladaption, mittels derer die Steuereinrichtung (3) das Modell (6) der Walzstraße anpasst, als Profilwert verwertet, der die Abweichung der Dicke (d) in dem vorbestimmten Abstand (a) von den Rändern des flachen Walzguts (2) von der Mittendicke (d0) des flachen Walzguts (2) charakterisiert.

7. Betriebsverfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Steuereinrichtung (3) zum Ermitteln der Konturfunktion (cf') Koeffizienten der Konturfunktion (cf') ermittelt und dass die Steuereinrichtung (3) den modellierten Profilwert (C') anhand der Koeffizienten der Konturfunktion (cf') ermittelt.

8. Betriebsverfahren nach Anspruch 6 oder 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Steuereinrichtung (3)

- prüft, ob die Konturfunktion (cf') in dem finalen mittleren Bereich (11') konvex ist oder nicht,
- im Falle einer konvexen Konturfunktion den finalen mittleren Bereich (11') vergrößert und
- im Falle einer nicht konvexen Konturfunktion den finalen mittleren Bereich (11') verkleinert.

9. Betriebsverfahren nach einem der obigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**
dass die Steuereinrichtung (3)

- während des Walzens des flachen Walzguts (2) in der Walzstraße für einen tatsächlichen Konturverlauf (ct) des flachen Walzguts (2) charakteristische Messgrößen (M) entgegennimmt,
- eine sich zumindest über einen finalen mittleren Bereich (11') erstreckende Konturfunktion (cf') derart ermittelt, dass die Konturfunktion (cf') dem tatsächlichen Konturverlauf (ct) in dem finalen mittleren Bereich (11') so weit wie möglich angenähert ist, und
- anhand der Abweichung der Konturfunktion (cf') von dem idealen Konturverlauf (ci) die Sollwerte (COM) für die Stellgrößen nachführt.

10. Betriebsverfahren nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Steuereinrichtung (3) zum Ermitteln der Konturfunktion (cf') Koeffizienten der Konturfunktion (cf') ermittelt.

11. Betriebsverfahren nach Anspruch 9 oder 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Steuereinrichtung (3)

- prüft, ob die Konturfunktion (cf') in dem finalen mittleren Bereich (11') konvex ist oder nicht,
- im Falle einer konvexen Konturfunktion den finalen mittleren Bereich (11') vergrößert und
- im Falle einer nicht konvexen Konturfunktion den finalen mittleren Bereich (11') verkleinert.

12. Betriebsverfahren nach einem der obigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**
dass die Steuereinrichtung (3) eine Kühleinrichtung (9), mittels derer die Arbeitswalzen (10) mindestens eines der Walzgerüste (1) als Funktion des Ortes (x) über die Walzgutbreite (b) gesehen gekühlt werden, derart ansteuert, dass der für das flache Walzgut (2) nach dem Walzen des flachen Walzguts (2) in der Walzstraße erwartete Konturverlauf (ce) von den anfänglichen Bereichsgrenzen (12) zu den Rändern des flachen Walzguts (2) hin so weit wie möglich an den idealen Konturverlauf (ci) angenähert wird, soweit es ohne Beeinträchtigung der Annäherung des erwarteten Konturverlaufs (ce) an den idealen Konturverlauf (ci) in dem anfänglichen mittleren Bereich (11) möglich ist.

13. Computerprogramm, das Maschinencode (5) umfasst, der von einer Steuereinrichtung (3) für eine Walzstraße zum Walzen eines flachen Walzguts (2) abarbeitbar ist, wobei die Abarbeitung des Maschinencodes (5) durch die Steuereinrichtung (3) bewirkt, dass die Steuereinrichtung (3) die Walzstraße gemäß einem Betriebsverfahren nach einem der obigen Ansprüche betreibt.

14. Steuereinrichtung für eine Walzstraße zum Walzen eines flachen Walzguts (2), wobei die Steuereinrichtung als softwareprogrammierbare Steuereinrichtung ausgebildet ist und mit einem Computerprogramm (4) nach Anspruch 13 programmiert ist, so dass sie die Walzstraße gemäß einem Betriebsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12 betreibt.

15. Walzstraße zum Walzen eines flachen Walzguts (2),

- wobei die Walzstraße eine Anzahl von Walzgerüsten (1) aufweist, mittels derer das flache Walzgut (2) gewalzt wird,
- wobei die Walzstraße eine Steuereinrichtung (3) nach Anspruch 14 aufweist.

FIG 1

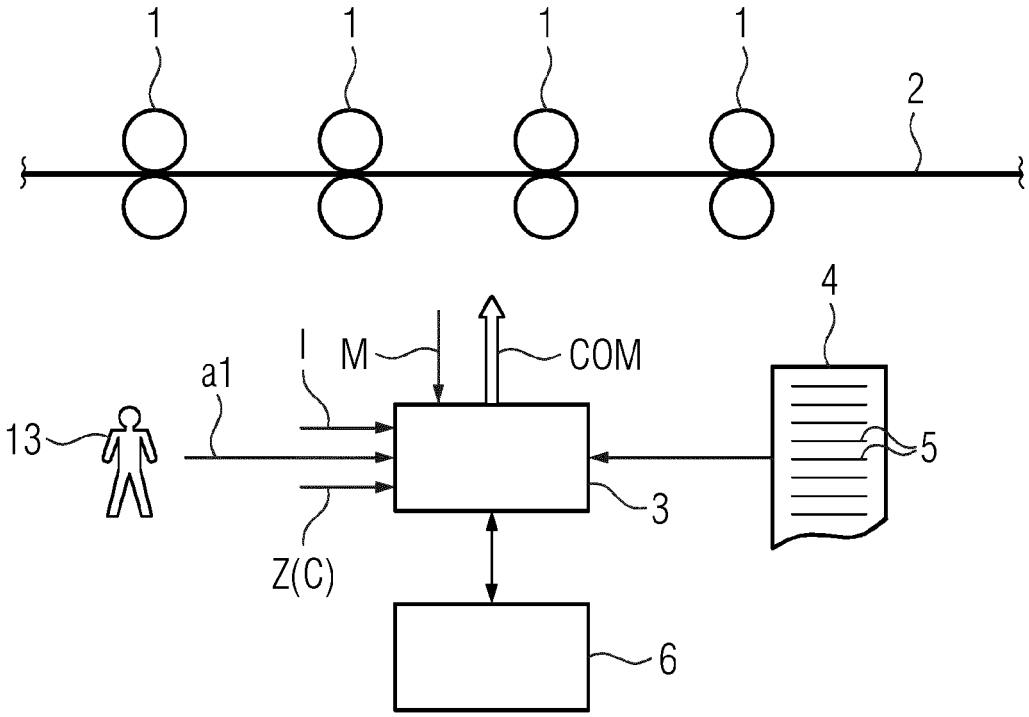


FIG 2

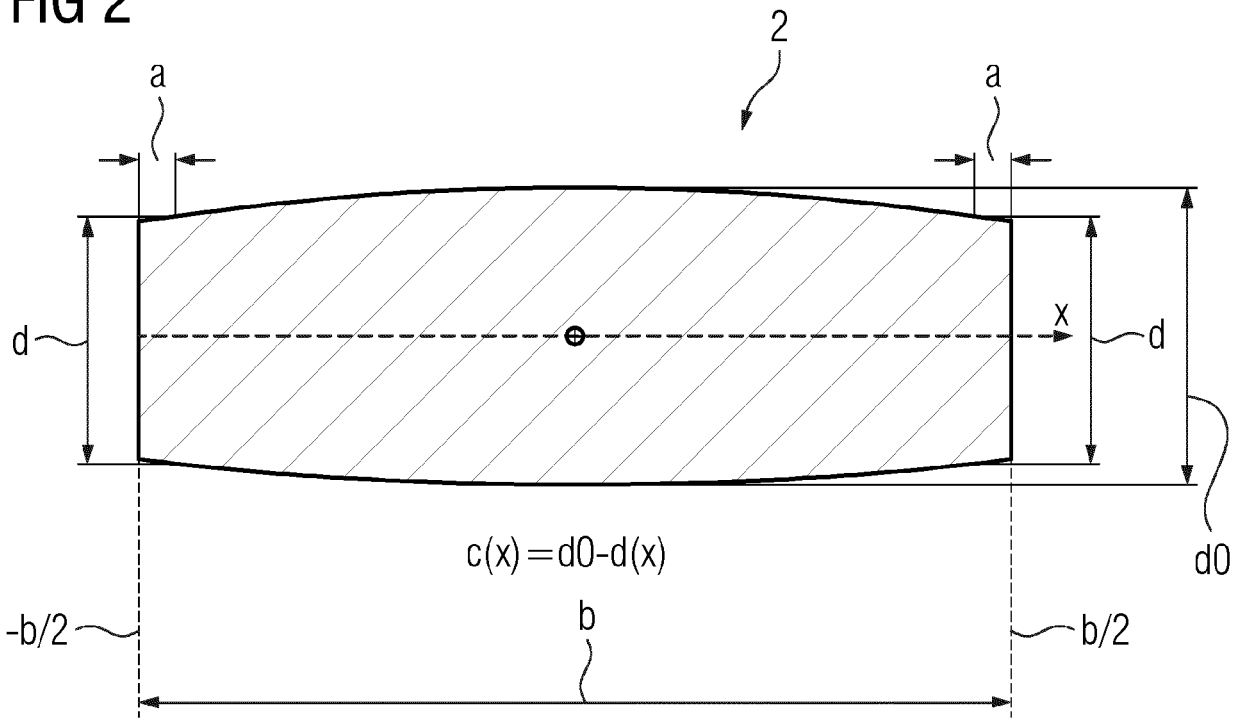


FIG 3

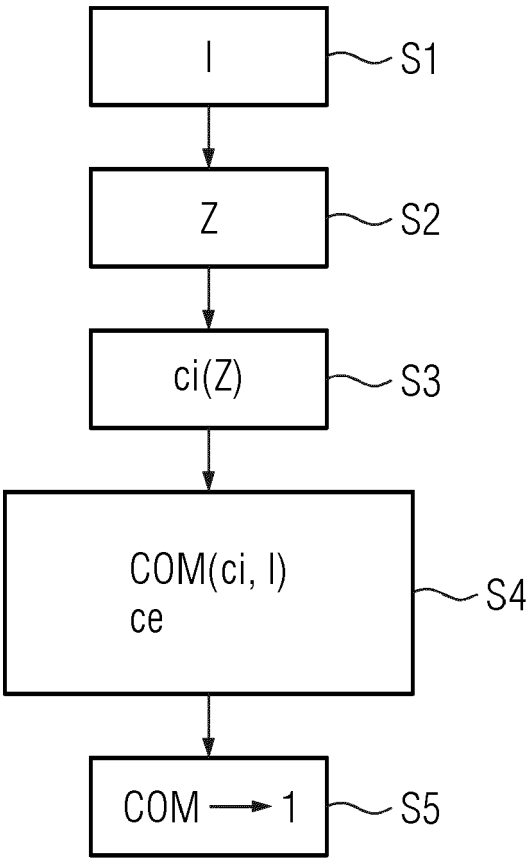


FIG 4

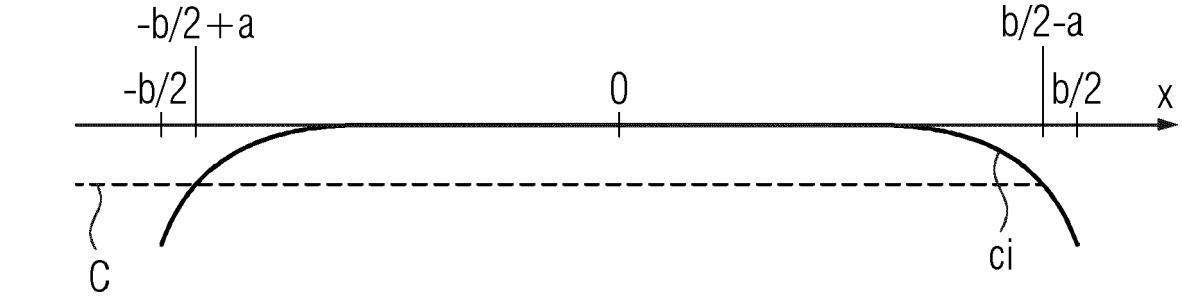


FIG 5

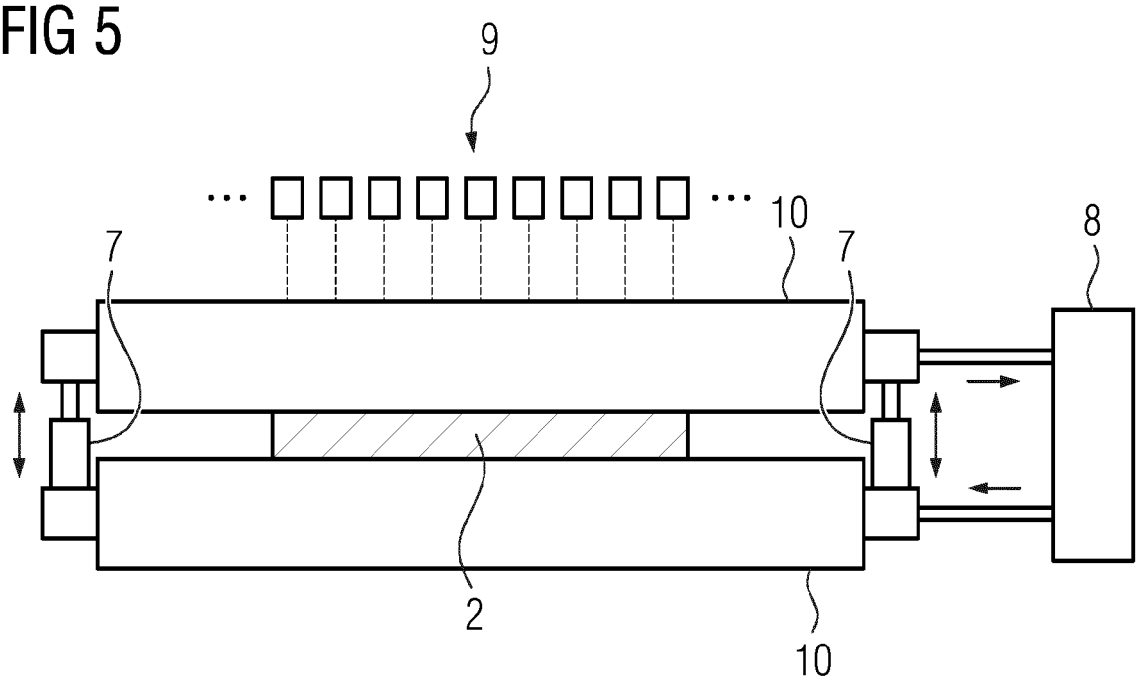


FIG 6

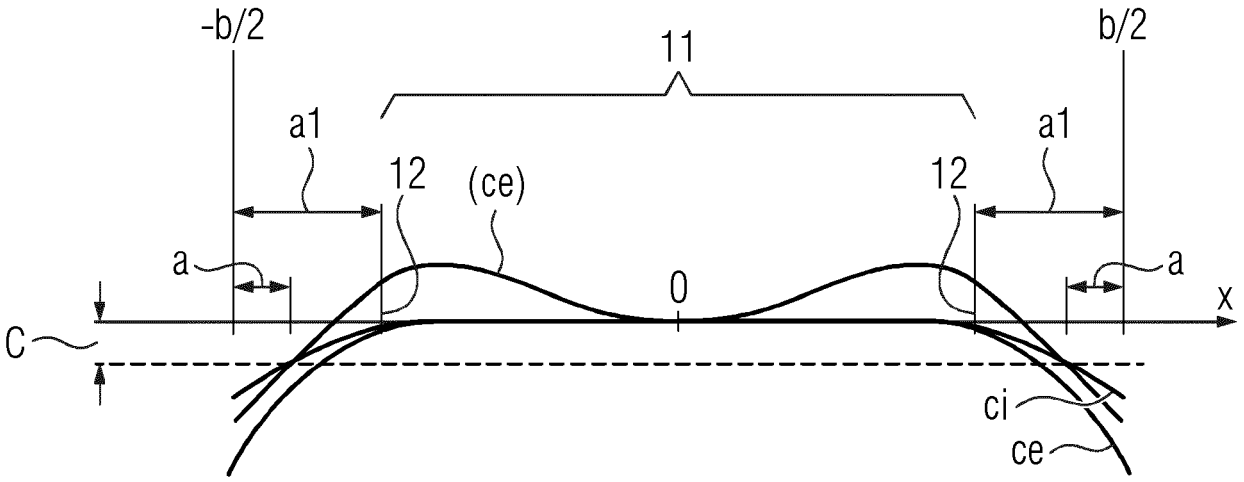


FIG 7

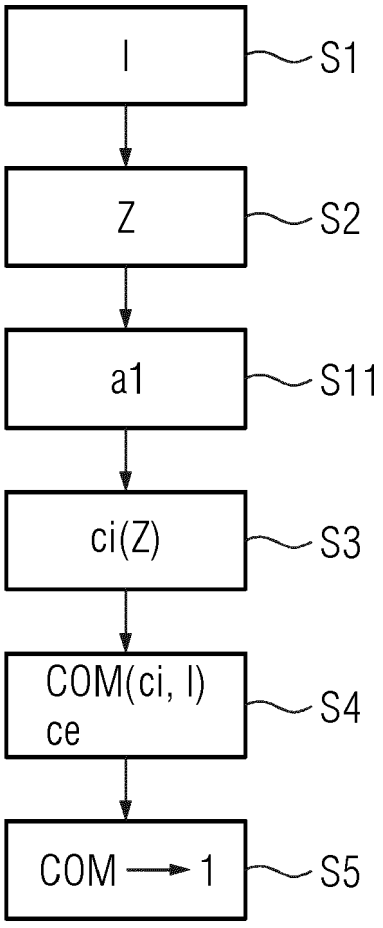


FIG 8

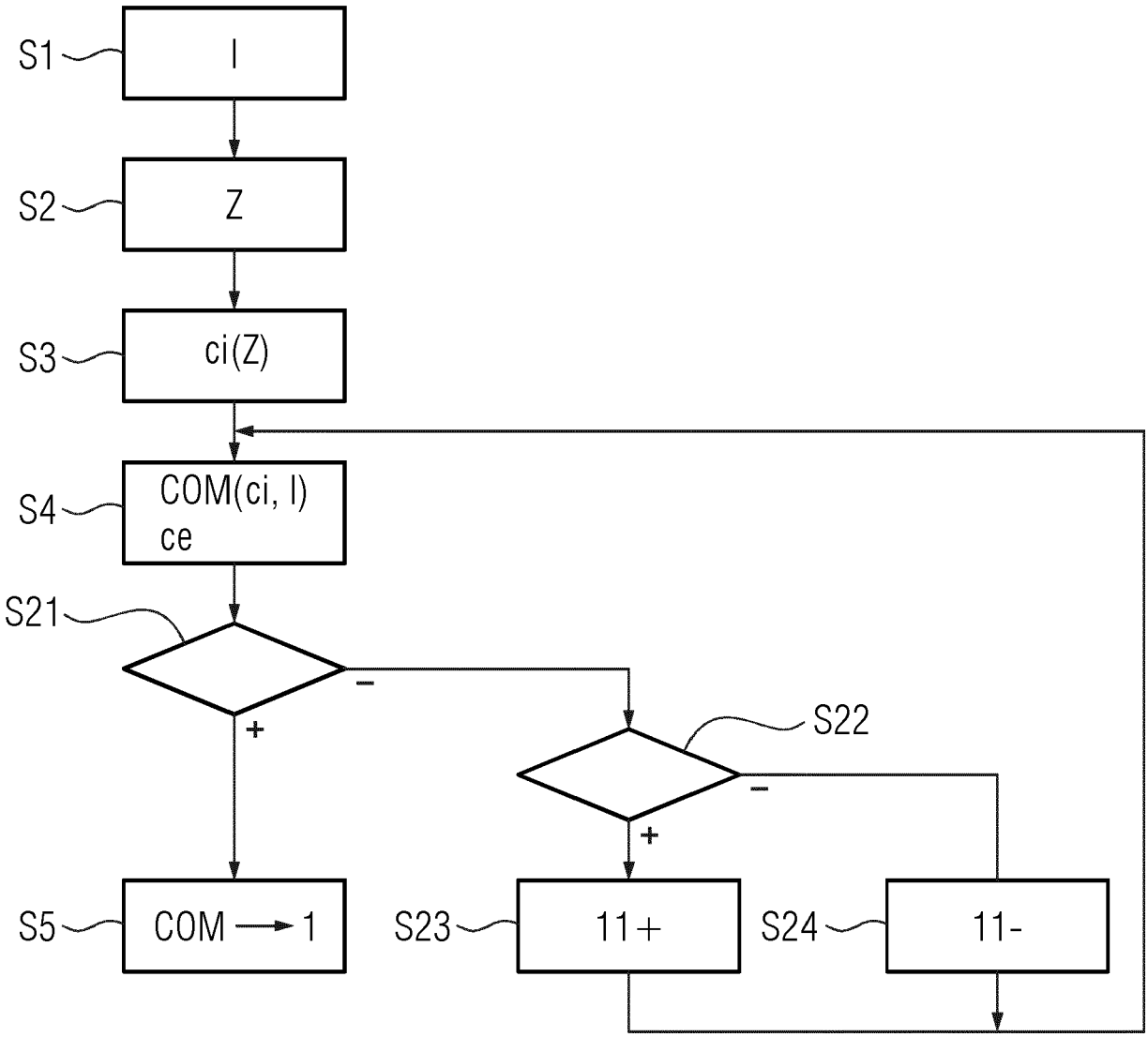


FIG 9

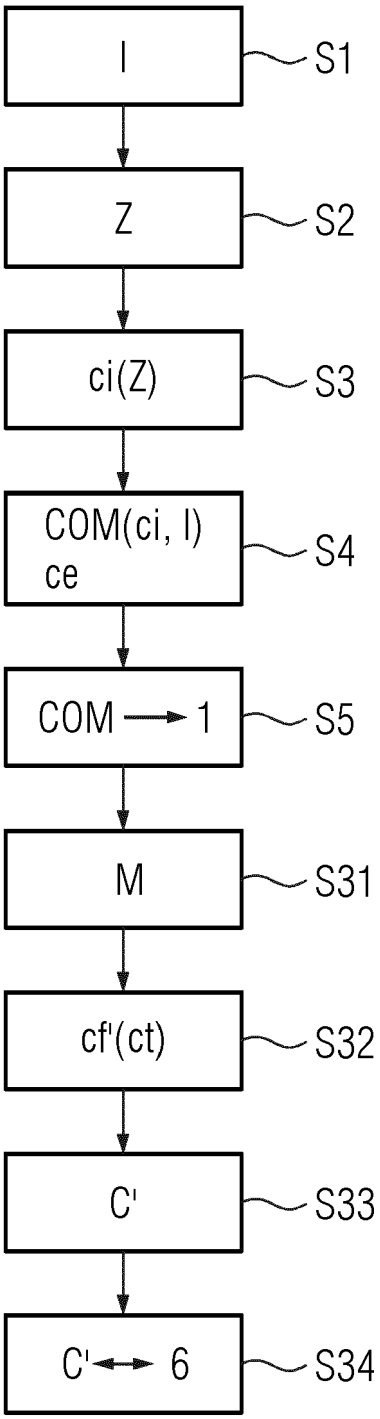


FIG 10

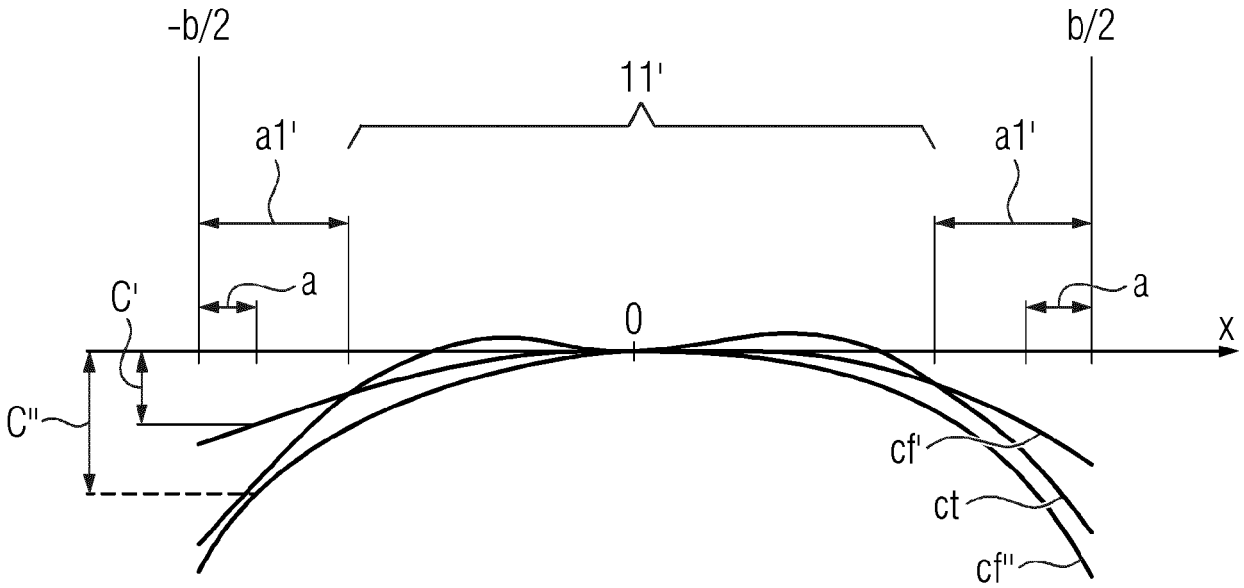


FIG 11

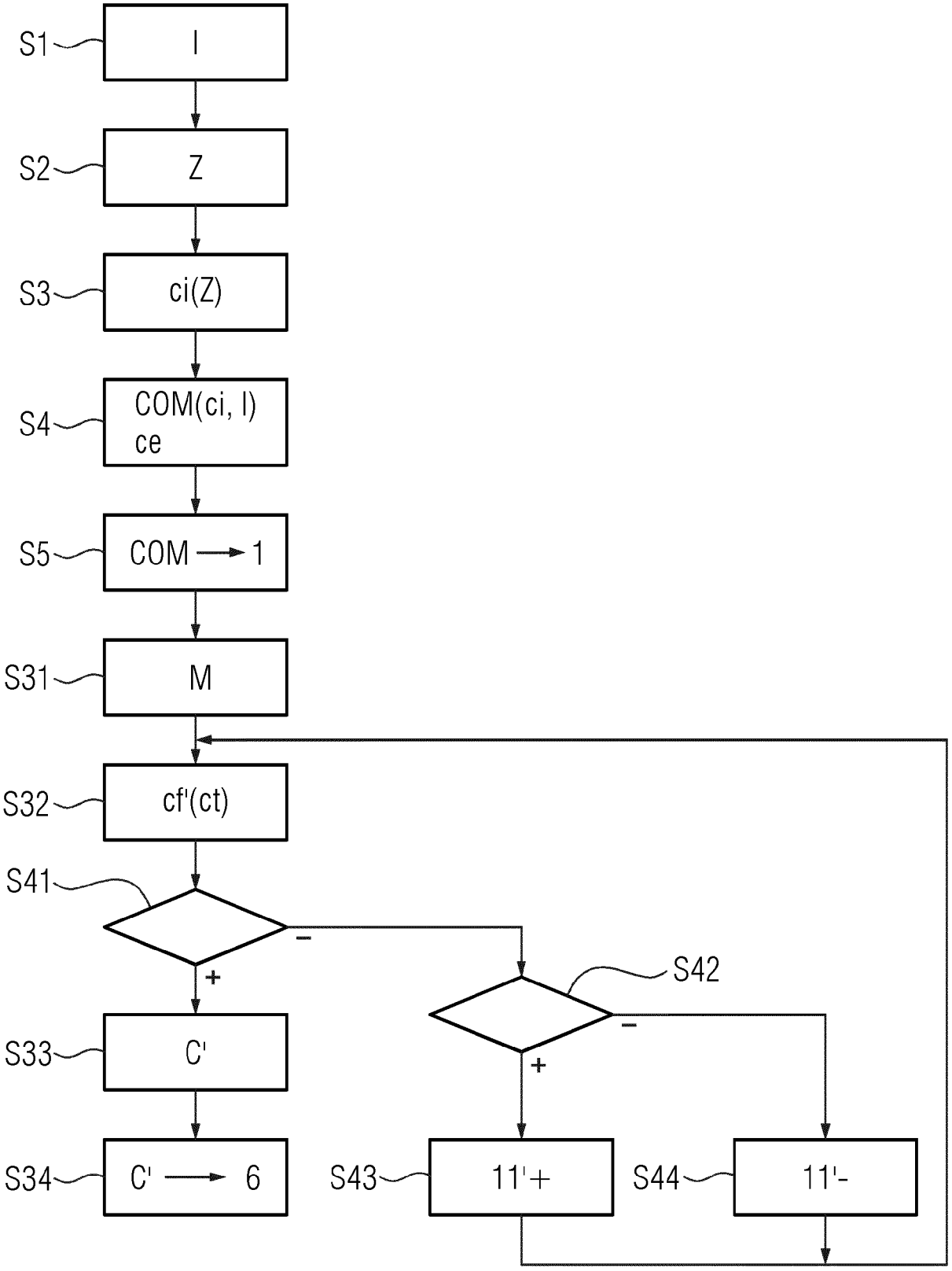

S1
I
S2
Z
S3
ci(Z)
S4
COM(ci, I)
ce
S5
COM → 1
S31
M
S32
cf'(ct)
S41
−
+
S42
−
+
S33
C'
S34
C' → 6
S43
11'+
S44
11'-

FIG 12

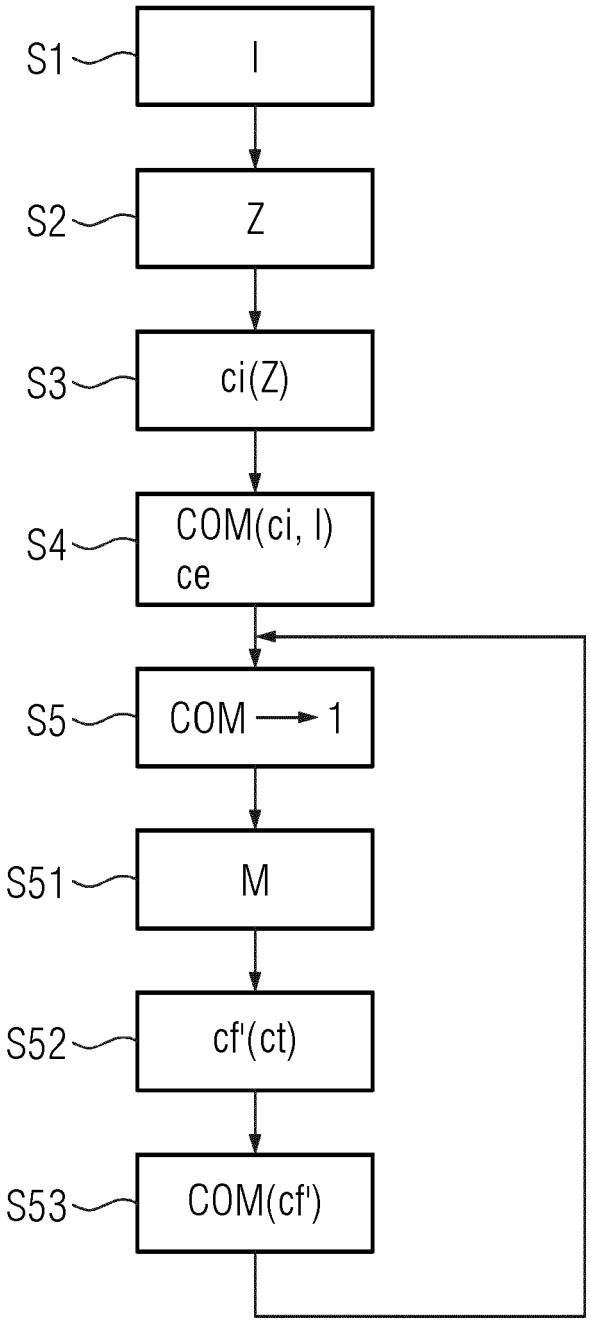


FIG 13

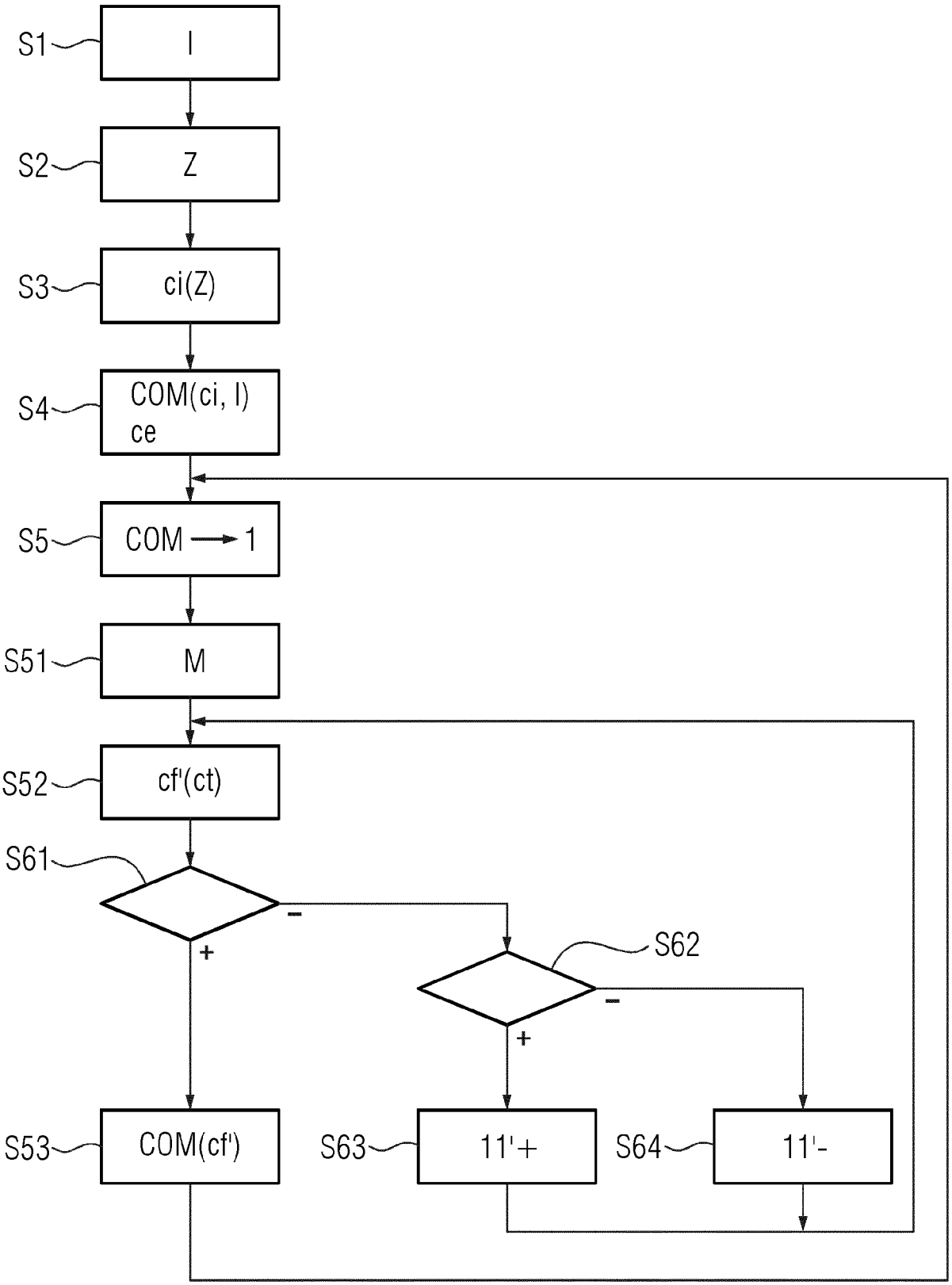
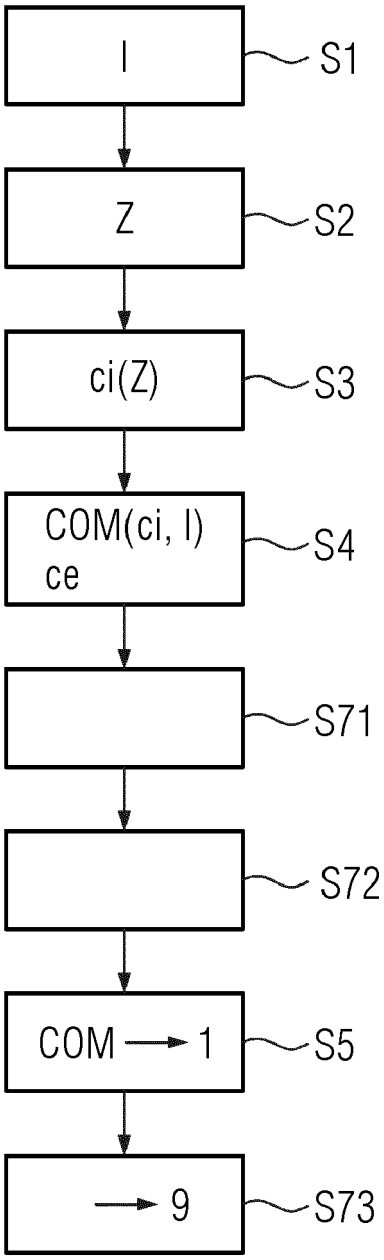

S1
I
S2
Z
S3
ci(Z)
S4
COM(ci, I)
ce
S5
COM → 1
S51
M
S52
cf'(ct)
S61
−
+
S62
−
+
S53
COM(cf')
S63
11'+
S64
11'-

FIG 14



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 21 17 9945

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2020/016387 A1 (SMS GROUP GMBH [DE]) 23. Januar 2020 (2020-01-23) * Seite 11, Zeile 4 - Seite 12, Zeile 26 * * Seite 17, Zeile 15 - Zeile 17; Abbildungen 2,5 *	1-15	INV. B21B37/28
Y	CN 110 479 770 B (WUHAN IRON & STEEL CO LTD) 6. April 2021 (2021-04-06) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 *	1-15	
Y	US 6 158 260 A (GINZBURG VLADIMIR B [US]) 12. Dezember 2000 (2000-12-12) * Spalte 7, Zeile 38 - Zeile 40 *	1-15	

RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)

B21B

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München	29. November 2021	Frisch, Ulrich

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

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

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

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR. EP 21 17 9945

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.

29-11-2021

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2020016387 A1	23-01-2020	CN 112469515 A	09-03-2021
		DE 102018212074 A1	23-01-2020
		EP 3823771 A1	26-05-2021
		JP 2021531172 A	18-11-2021
		US 2021308731 A1	07-10-2021
		WO 2020016387 A1	23-01-2020
CN 110479770 B	06-04-2021	KEINE	
US 6158260 A	12-12-2000	AU 5943400 A	28-06-2001
		CA 2319610 A1	15-03-2001
		EP 1084773 A2	21-03-2001
		US 6158260 A	12-12-2000

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

- WO 2019086172 A1 **[0005]**
- DE 10211623 A1 **[0056]**